

Prognóstico do percentual de ocupação da Área Azul utilizando dados da EDOM e ferramenta SIG.

Marcos Feder¹ (Coord.); Fabiane da Cruz Moscarelli¹; Fagner Sutel de Moura¹

¹ Empresa Pública de Transporte e Circulação de Porto Alegre.
Rua João Neves da Fontoura, nº 7 – Bairro Azenha – Porto Alegre
CEP 90050-030

mfeder@eptc.prefpoa.com.br; fmoscarelli@eptc.prefpoa.com.br; fsmoura@eptc.prefpoa.com.br

SINOPSE

Este trabalho apresenta uma metodologia para estimar a demanda para as vagas de estacionamento rotativo pago em via pública, baseada num índice de atratividade das regiões da cidade obtido através da pesquisa EDOM. Palavras chave: trânsito, estacionamento, Área Azul.

1. INTRODUÇÃO

O sistema de estacionamento rotativo pago consiste na fixação de período máximo de permanência do veículo na mesma vaga da via pública, além de cobrança de taxa de utilização da vaga, que varia conforme o tempo de permanência. A sinalização destas vagas deve ser diferenciada para esclarecer o usuário das restrições. Em Porto Alegre este sistema de estacionamentos é denominado de "Área Azul", e em outras regiões do país também é conhecido como "Zona Azul".

A Área Azul é uma forma conhecida de melhorar a acessibilidade nas áreas urbanas onde existe escassez de vagas de estacionamento. Este sistema permite aumentar a oferta dinâmica de vagas através de restrições de tempo de permanência e cobrança pela utilização do espaço.

No entanto, verifica-se que muitas vezes as áreas de estacionamento rotativo são implantadas baseadas em critérios subjetivos ou empíricos, ou seja, não são amparados por dados e critérios técnicos. Após estudar a questão, Pessoa (1991) concluiu que no Brasil não existe ainda um processo lógico, estruturado e sistematizado de análise do desempenho das áreas de estacionamento rotativo. Existem sim, abordagens isoladas, baseadas em fatores subjetivos. Como consequência observam-se áreas sub-dimensionadas ou ociosas, e também áreas saturadas, que não atendem mais aos objetivos para os quais foram criadas.

A determinação do número de vagas de Área Azul a serem implantadas em uma cidade ou em uma nova região, é um dado essencial para o processo decisório e para verificação da viabilidade econômica. Existem algumas abordagens para determinar a viabilidade de implantação de Área Azul em regiões específicas da cidade (CET-SP, 2011; MIRANDA et al, 2005), mas não são adequadas para realizar uma estimativa do percentual de ocupação para toda a cidade.

Assim, o objetivo deste estudo é estabelecer uma metodologia para prever o percentual de ocupação da Área Azul em Porto Alegre, utilizando as informações coletadas na pesquisa EDOM (Pesquisa origem-destino com entrevista domiciliar) e um sistema SIG. A partir daí é possível determinar os trechos de vias e a quantidade

de vagas a serem operadas, a partir de um percentual de ocupação mínimo pretendido.

2. A QUESTÃO DOS ESTACIONAMENTOS

A adequação da oferta de vagas na zona azul à demanda por estacionamento de curta duração deve ser alvo da atenção dos engenheiros de tráfego, pois influi diretamente na qualidade de vidas das cidades. A incerteza quanto à existência e localização de vagas provoca “circulação parasita”, em baixa velocidade que causa significativo prejuízo à fluidez do trânsito (IST, 2006). Não existem dados concretos sobre a proporção de veículos procurando vagas em áreas centrais, mas algumas pesquisas apontam que cerca de 30% a 50% dos veículos em circulação se encontram nesta situação (Bannert, 2003; Shoup 2005).

Calthrop (2002) destaca que a falta de atenção ao gerenciamento dos estacionamentos resulta em muitos motoristas perdendo muito tempo procurando por um número restrito de vagas disponíveis na via pública, pelo menos nas horas de pico. Em pesquisa realizada em Manhattan durante a tarde, 38% dos motoristas perderam mais de 10 minutos procurando vagas na zona azul (Falcocchio et al. 1995). Além disso, com o tráfego em baixas velocidades ou marcha lenta, a produção de gases CO₂ é muito maior, poluindo o ar com maior intensidade e gerando vários problemas de saúde. Notam-se, principalmente, doenças de causas respiratórias, alergias e conjuntivites (Trinta, 2003).

Para minimizar estes prejuízos é necessário que existam vagas disponíveis, facilitando o estacionamento. Nos locais onde já existe zona azul, as principais medidas adotadas são: elevação da tarifa, redução do tempo máximo de permanência ou, ainda, aumento do número de vagas, que é tema específico deste trabalho. Arnott e Inci (2005) recomendam que se busque o equilíbrio entre demanda e oferta através do aumento do número de vagas disponíveis até o ponto em que a circulação de automóveis em busca de vagas é eliminada, mas o estacionamento continue ocupado. No entanto, a decisão para expansão do número de vagas deve se basear em critérios técnicos, evitando questionamentos e tornando transparente o procedimento.

Assim, neste estudo é proposta uma metodologia para estimar a demanda para as vagas de estacionamento do sistema, baseada num índice de atratividade das regiões da cidade obtido através da pesquisa EDOM. A metodologia está dividida em 5 etapas, conforme ilustrado na Figura 1. Com isso, é possível implantar uma quantidade vagas compatível com a necessidade.

Inicialmente é determinado o percentual de utilização das vagas de Área Azul existentes. Em seguida é determinado o Índice de Atratividade dessas áreas, utilizando os dados da EDOM. Na sequência, é feita uma regressão linear para verificar a relação entre essas duas variáveis e definir um modelo para determinar o efeito. A partir do modelo, utilizando uma ferramenta SIG, é feito um prognóstico do percentual de ocupação da Área Azul para toda a cidade, identificando as áreas com maior potencial. Por fim, são identificados os trechos específicos das vias com potencial e o número de vagas correspondente.

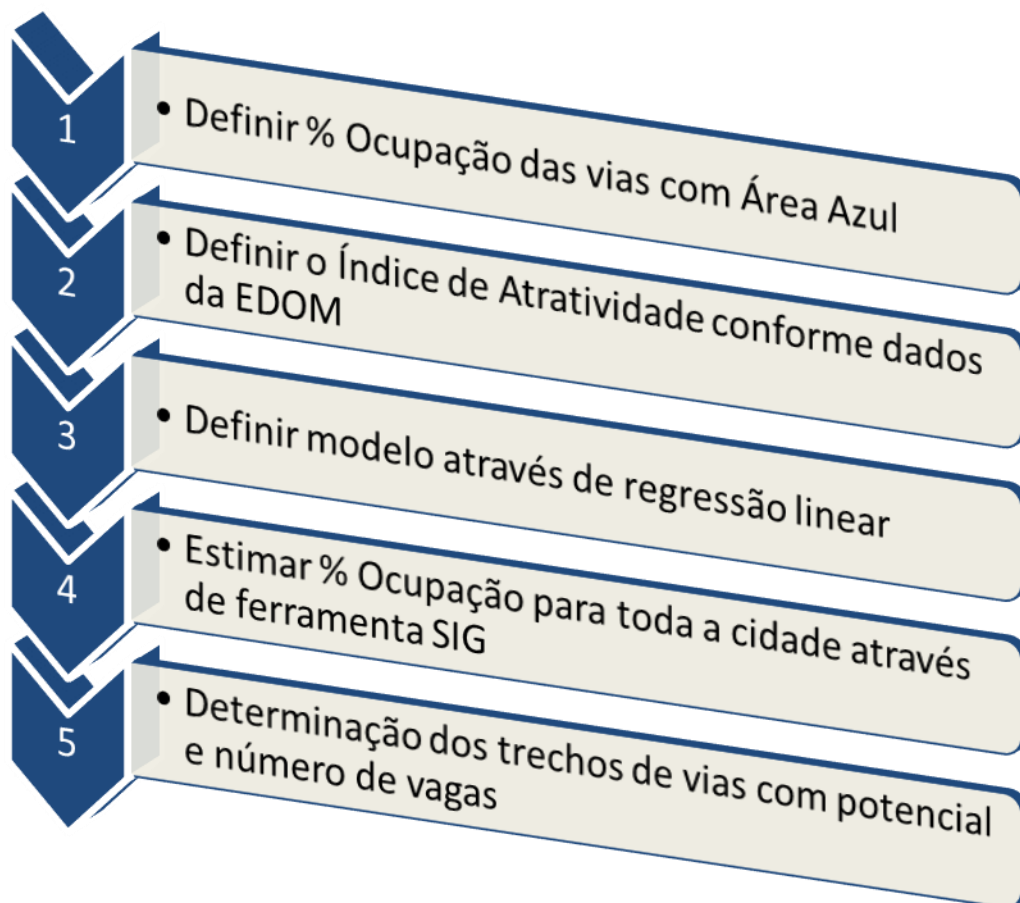


Figura 1: Metodologia proposta.

3. PERCENTUAL DE OCUPAÇÃO DA ÁREA AZUL

Os relatórios de controle da área azul informam apenas a arrecadação total de cada parquímetro, mas este dado isolado não fornece muitas informações pois é um valor absoluto. Para efeitos de comparação é possível relativizar este dado considerando o número de vagas, obtendo-se uma ordenação dos parquímetros com maior arrecadação/vaga. Este dado fornece uma ideia das áreas saturadas, mas mesmo assim, é possível que ocorram distorções, pois existem muitas diferenças na quantidade de vagas por parquímetro.

Portanto, conclui-se que o melhor indicador da saturação é o percentual de ocupação das vagas. A princípio este dado é fácil de obter, através da relação entre o total arrecadado no mês e o máximo possível de ser arrecadado no mesmo período, considerando ocupação máxima em todas as horas úteis.

$$\% \text{ Ocupação} = \frac{\text{Arrecadação mensal}}{\text{Arrecadação máxima possível}}$$

Assim, o percentual de ocupação médio mensal foi calculado a partir do total arrecadado em cada parquímetro e do número de horas de funcionamento do sistema. Estas informações constam no relatório mensal enviado pela empresa terceirizada que gerenciava o sistema em porto Alegre até 2010. Considerando o número de vagas disponíveis em cada parquímetro e a quantidade de horas de

funcionamento da zona azul no mês, foi calculado o percentual de ocupação, que estão mostrados no Quadro 1 agrupados por região.

O mês de agosto foi escolhido como padrão pelo fato de não ter feriados, não estar associado ao período de férias escolares e nem ter nenhum grande evento no calendário oficial de eventos da cidade. Foram considerados os dados de arrecadação referentes ao ano de 2010, por serem os dados mais recentes fornecidos pela empresa terceirizada. As informações referem-se a todos os parquímetros em funcionamento na cidade e abrangem a totalidade das vagas.

4. ÍNDICE DE ATRATIVIDADE

O Índice de Atratividade (IA) caracteriza o perfil de atração de viagens por automóvel particular nas zonas de tráfego. Ele foi determinado a partir dos dados da Pesquisa de Origem e Destino, realizada em Porto Alegre no ano de 2003 através da Entrevista Domiciliar (EDOM). Esta pesquisa fornece informações relevantes sobre o padrão de deslocamento das pessoas (hábitos de viagens, características de domicílio e características socioeconômicas) que são necessárias para o planejamento da rede de transporte, incluindo a infraestrutura e a especificação do serviço. A partir dos dados de origem e destino das viagens é possível calcular um parâmetro indicativo da demanda por estacionamento rotativo de cada região da cidade.

A primeira etapa da análise compreendeu a identificação dos destinos das viagens realizadas por automóvel particular com o motivo “compras”, “saúde”, “lazer”, “assuntos pessoais” e “outros”. Propositamente foram excluídas do estudo as viagens por motivo “trabalho”, “educação” e “volta para casa”, uma vez que nestes casos, o estacionamento necessário é de longa duração, ou seja, incompatível com o estacionamento rotativo pago. Os dados foram georeferenciados de acordo com o destino das viagens. Com isto foi possível determinar o volume de viagens, com o perfil preestabelecido, que utilizaram transporte individual. Finalizando, utilizou-se o software de georeferenciamento (Maptitude) para a geração de um mapa de calor com os pontos de concentração de viagens. Com base no mapa de calor foi calculado o Índice de Atratividade para cada célula, cobrindo a superfície da cidade com um grid de 20 x 20 metros, conforme representado na Figura 2.



Figura 2: Mapa da atração de viagens na cidade.

5. DEMANDA ESTIMADA

Considerando que seria muito trabalhoso realizar estudos individuais para estimar o percentual de ocupação em cada região da cidade, buscou-se um parâmetro relacionando este valor com o Índice de Atratividade de cada região. Como premissa, assumiu-se que existe uma relação entre estas duas variáveis, ou seja, quanto maior o Índice de Atratividade, tanto maior será o percentual de ocupação das vagas de estacionamento rotativo. Para modelar a relação entre as duas variáveis foi realizado estudo de regressão linear simples, que estima uma equação matemática que dado o valor da variável independente (o Índice de Atratividade), prevê o valor da variável dependente (o percentual de ocupação). A relação é dita linear simples, pois se supõem tendência linear entre as variáveis e simples por ser uma única variável independente.

O estudo foi desenvolvido considerando toda a cidade de Porto Alegre, que concentra inúmeros estabelecimentos comerciais, de saúde e de serviços, gerando várias áreas de atração de viagens por automóveis particulares.

Para verificar a intensidade da relação linear que existe entre as duas variáveis foi calculado o Coeficiente de Correlação (r). Apesar de que este coeficiente deveria ser usado somente para duas variáveis aleatórias, é prática comum calcular r nos estudos de regressão linear. Foi encontrado o valor de $r = 0,88$, o que indica forte correlação positiva entre as variáveis.

A hipótese da existência de uma relação entre as variáveis foi verificada diretamente a partir do valor amostral do Coeficiente de Correlação. Como sempre, a hipótese nula (da não existência de relação) seria rejeitada se o valor calculado fosse maior que o tabelado. Como t calculado = 5,722 e t tabelado = 2,262, para um nível de significância $\alpha = 0,05$, descarta-se a hipótese nula e conclui-se que existe correlação entre as variáveis estudadas.

Quadro 1: Dados de atratividade e percentual de ocupação de cada região da cidade.

Local	Qtde Parquímetros	Índice de Atratividade	% Ocupação
Região Centro 1	10	0,71	29,02
Região Centro 2	22	1,4	60,31
Região Centro 3	48	1,13	51,06
Bom Fim	28	0,78	40,50
Moinhos de Vento	53	1,24	42,29
Floresta	10	0,58	23,52
Azenha	7	0,9	43,95
Foro Central	7	1,01	42,22
Hospital Mãe de Deus	13	1,41	58,48
Auxiliadora	2	0,65	35,75
Av. Protásio Alves	2	0,80	44,00
Tristeza	8	0,33	41,68

A região do bairro Tristeza foi excluída da análise, tendo em vista que a pesquisa de atratividade conta com dados de 2003 e após este período a região teve grande expansão comercial não demonstrada na pesquisa.

De posse dos 11 pares de dados e utilizando os cálculos de regressão linear simples, obteve-se a seguinte equação de regressão:

$$\text{OCP} = 33,439 * \text{ATRV} + 10,574 \quad (1)$$

em que:

OCP: percentual de ocupação das vagas;
ATRV: índice de atratividade da região.

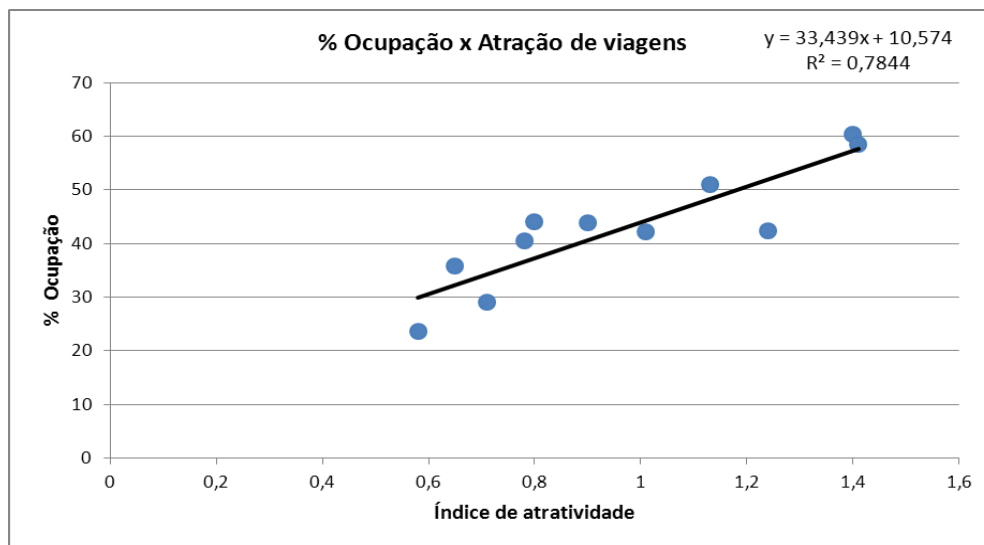


Figura 3: Relação entre o Índice de Atratividade e % Ocupação.

Calculando-se o Coeficiente de Determinação, encontrou-se o valor $r^2 = 0,78$, ou seja, 78% da variabilidade no percentual de ocupação pode ser avaliada a partir do índice de atratividade da região e 22% da variabilidade total é devida a outros fatores que não foram investigados. A Figura 3 apresenta a distribuição dos pares e a linha de tendência encontrada.

Pela análise dos resíduos verificou-se a adequação do ajuste e as suposições do modelo. A plotagem dos resíduos em função do Índice de Atratividade (Figura 4) mostra que os resíduos seguem um padrão aleatório e homogêneo, o que comprova que o ajuste ao modelo é adequado.

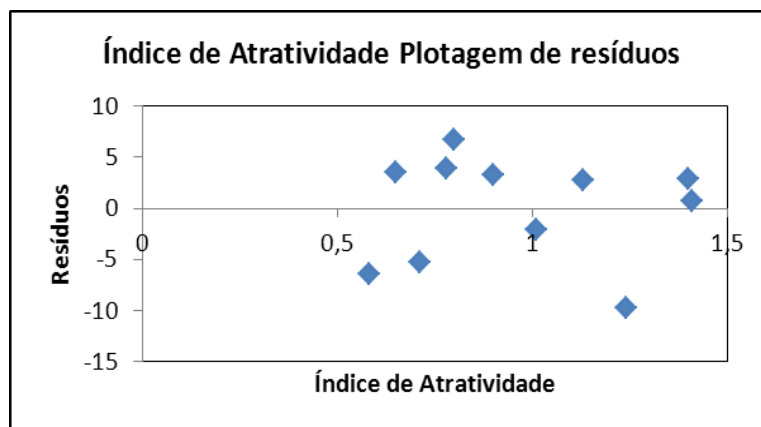


Figura 4: Plotagem dos resíduos.

Por fim, a significância do modelo foi confirmada pela análise da variância, conforme Tabela 1, apresentada a seguir.

Tabela 1: Tabela ANOVA para a análise de regressão.

Fonte de variação	SQ	GDL	MQ	F calculado	F tabelado
Regressão	9638,68	1	9638,68	155,27	4,35
Residual	1241,51	20	62,07		
Total	10880,19	21			

Como o valor de F calculado é muito maior que o tabelado, considerando um nível de significância $\alpha = 0,05$, confirma-se a validade do modelo. Cabe ressaltar, que o modelo obtido é válido para aplicação somente para valores de ocupação média mensal compreendidos na faixa de variação contemplada na amostra (entre 23% e 60%).

Assim, a partir da relação obtida foi possível estimar o percentual de ocupação do estacionamento rotativo pago em toda a cidade e, para facilitar a análise, foi elaborado um mapa dividindo as regiões conforme a atratividade. Este mapa está mostrado na Figura 5.

A região de alta atração, identificada no mapa pela cor vermelha, corresponde às áreas nas quais o percentual de ocupação estimado é superior a 40%. Este valor foi adotado por ser o valor médio de ocupação nas regiões em agosto de 2010, quando o serviço operava em alto padrão de qualidade e era considerado lucrativo.

A segunda região, identificada no mapa pela cor amarela, corresponde às áreas nas quais o percentual de ocupação estimado ficaria entre 20% e 40%. As áreas residenciais onde não existe atratividade suficiente para atingir 20% de ocupação das vagas de estacionamento rotativo pago, não foram identificadas, e corresponder a maior parte da cidade.

Cabe ressaltar que este mapa é o ponto inicial da análise das áreas a serem operadas. Antes da implantação é necessário fazer uma análise pontual, considerando outros fatores, como por exemplo, a quantidade de estacionamentos privados existentes, a concentração de vagas e o contexto social da região.

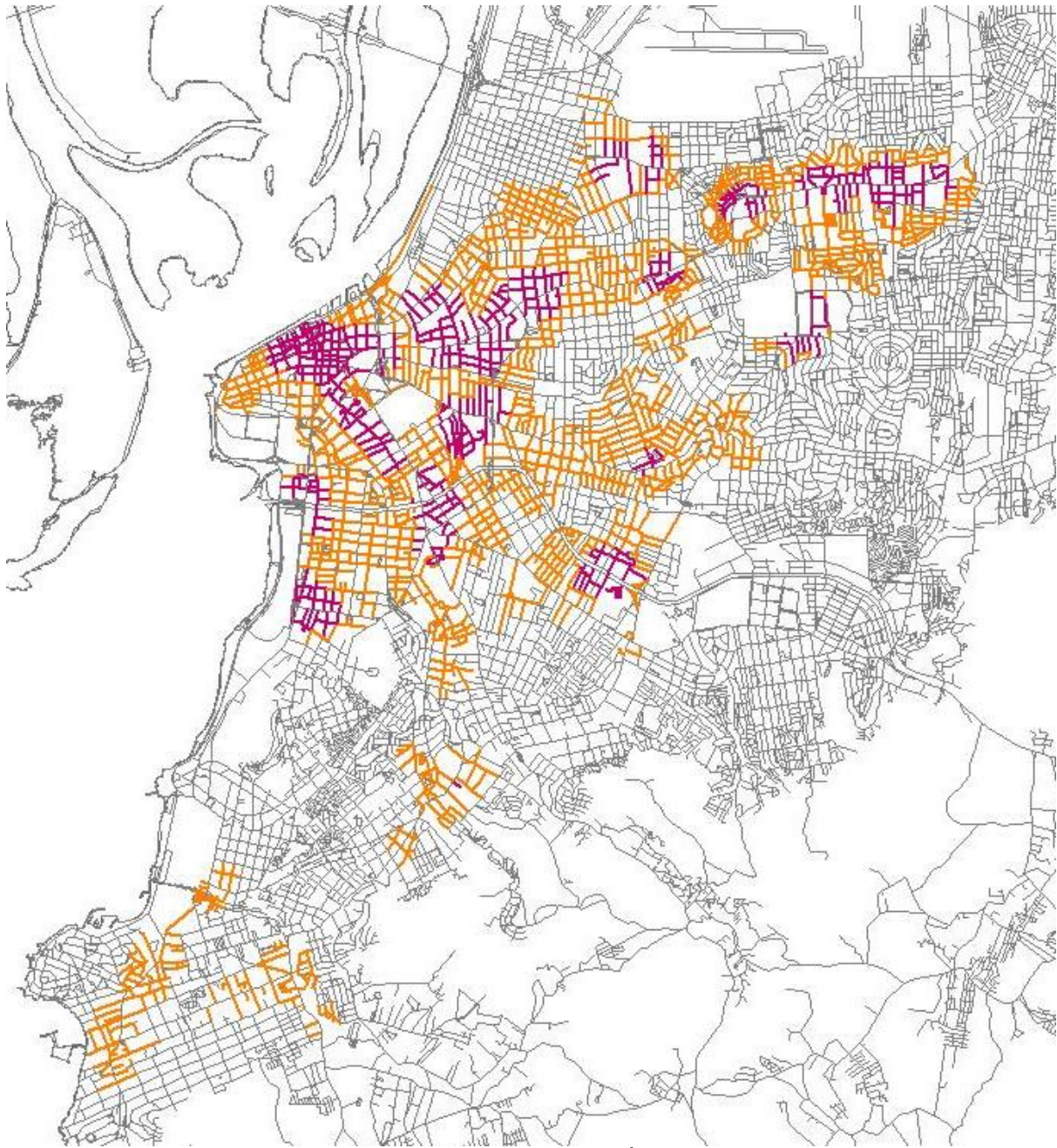


Figura 5: Mapa de Percentual de Ocupação de Área Azul estimado na cidade.

6. ESTIMATIVA DE VAGAS

A estimativa da quantidade de vagas foi feita em quatro etapas: análise crítica, medição da extensão das vias com potencial, definição de um valor padrão de vaga por metro de via e cálculo da quantidade de vagas com potencial.

Na fase de análise crítica foi realizada uma avaliação das áreas que, apesar de terem potencial teórico, seriam de difícil operação por serem pontuais, muito distantes ou em locais que já contam com estacionamento privativo.

Na segunda etapa foi calculada a extensão total de vias inseridas, excetuando-se as vias arteriais, pois neste tipo de via não é comum, nem recomendado, o

funcionamento de estacionamento rotativo pago. A medição foi feita diretamente pelo software SIG e foram encontrados os resultados mostrados na Tabela 2.

Tabela 2: Extensão das vias selecionadas.

% Ocupação	Extensão (Km)
Entre 20% e 40%	275,12
Acima de 40%	89,14

Na terceira etapa obteve-se um valor padrão de vagas por metro de via, levando-se em consideração as áreas de estacionamento rotativo pago já implantadas na cidade. Isto é importante para a precisão da estimativa, uma vez que existem inúmeras partes da via que não podem ser utilizadas para estacionamento (rebaixos de meio-fio, esquinas, hidrantes, etc) ou que já estão reservadas para outros fins (pontos de táxi, parada de ônibus, carga e descarga, etc). Foram obtidos os dados mostrados no Quadro 2, considerando-se os dois lados da via. Para maior exatidão, foram consideradas somente as vagas de estacionamento paralelo. Conclui-se que para a área ocupada pelo estacionamento rotativo pago corresponde a 92% do comprimento linear ou 46% do espaço disponível para estacionamento.

Quadro 2: Dados de extensão e quantidade de vagas atuais.

	Comprimento das vias (m)	Quantidade de vagas	Extensão das vagas (m)
Total	18166,3	3553	16.877

Por fim, foi estimada a quantidade total de vagas com potencial para operar, conforme mostrado na Tabela 3.

Tabela 3: Extensão das vias selecionadas.

% Ocupação	Quantidade estimada de vagas
Entre 20% e 40%	50.700
Acima de 40%	16.400

7. CONCLUSÕES

O estacionamento rotativo pago é uma ferramenta que permite aumentar o número dinâmico de vagas e a rotatividade, otimizando o uso do espaço de estacionamento nas vias públicas. No entanto, não pode ser utilizado de forma indiscriminada sob pena de tornar-se ineficaz. Tanto nas áreas onde as vagas estão permanentemente ocupadas, quanto áreas onde há ociosidade na ocupação, deixam de cumprir sua função e não asseguram benefícios para a sociedade.

O percentual de ocupação é um indicador adequado para monitorar se o estacionamento rotativo cumpre seus objetivos quanto à facilidade de estacionamento, bem como de retorno financeiro. Para se obter bons resultados é essencial implantar o sistema onde haja demanda. Neste trabalho foi proposto um método para identificar os locais com potencial para implantação de Área Azul, a partir da atratividade de cada região e do percentual previsto de ocupação mensal. O estudo demonstrou que existe uma correlação linear direta entre as duas variáveis. Com o resultado, é possível planejar a expansão da Área Azul para as regiões com maior potencial, otimizando os recursos. O método é simples, transparente e permite sistematizar o procedimento para todas as regiões da cidade.

A combinação dos dados da pesquisa EDOM com utilização do software de georeferenciamento Maptitude permitiu mapear as áreas com potencial em toda a cidade, de fácil identificação visual. Além disso, o estudo aponta que os dados da EDOM podem ser utilizados em questões relativas ao trânsito e a circulação das cidades, e não somente ao transporte.

O estudo apresentado não tem a pretensão de esgotar as discussões relativas à questão, muito antes pelo contrário, trata-se de uma abordagem inicial que pode ser melhorada com a incorporação de novos fatores e ajustes dos parâmetros. É importante destacar que a estimativa preliminar não prescinde de uma avaliação pontual, que inclua as particularidades de cada região. Fatores externos, como obras e eventos, também devem ser considerados na análise final. Não obstante, conclui-se que a ferramenta apresentada pode auxiliar no processo decisório de implantação ou expansão das vagas de Área Azul na cidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arnott, R.; Inci, E. (2005) *An integrated Model of Downtown Parking and Traffic Congestion*. Working paper 11118, National Bureau of Economic Research, Cambridge, MA, Feb.
- Bannert, P. (2003) Mobility Management: More Than Just Parking. *Traffic Technology International*, UK & International Kingdom, n.1, p. 51-53, feb/mar.
- Calthrop, E. (2002) *Evaluating On-Street parking Policy*. Centre for Economic Studies, Catholic University of Leuven, Leuven, Belgium, may.
- CET-SP (2011) *Estudo de Viabilidade de Zona Azul*. Companhia de Engenharia de Tráfego, Boletim Técnico da CET, n.51, São Paulo.
- Falocchio, J.; Darsin, J.; Prassas, E. (1995) *An Inquiry on Traffic Congestion Impacts of Parking and Pricing Policies in the Manhattan Central Business District*. Transportation Training and Research Center Polytechnic University, Brooklyn, NY.
- IST (2006). *Estacionamento: Bases para Estruturação da Oferta*. Instituto Superior Técnico, Mestrado em Transportes. Apresentação, Lisboa. Disponível em <https://dspace.ist.utl.pt/> . Acesso em 16/11/2006.
- Miranda, J; Maciel, L. B.; Feder, M. (2005) Estacionamento rotativo pago: critérios de implantação. *Anais do XIX Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes*, ANPET, Recife.
- Pessoa, F. O. (1991) *Metodologia para Tomada de Decisão sobre a Operação de Estacionamentos Rotativos em Vias Públicas*. Rio de Janeiro, 124 f., 1991. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) – UFRJ, Rio de Janeiro.
- PMPA (2004) *Pesquisa de Origem e Destino de Porto Alegre*. Relatório, Prefeitura Municipal de Porto Alegre, Secretaria Municipal dos Transportes, Ago.
- Shoup, D. (2005) *The High Cost of Free Parking*. American Planning Association. Apresentação. Disponível em <http://www.trb.org/Conferences/RoadPricing/Presentations/Shoup.ppt>. Acesso em 23/11/2006.
- Trinta, Z. A. (2003) Impactos ambientais provocados pelo trânsito urbano. *Revista Eletrônica de Administração – REA*. (3ª ed) Univercidade, Rio de Janeiro, mai/ago. Disponível em www.univercidade.edu. Acesso em 23/11/2006.