

## **VERIFICAÇÃO DA CAPACIDADE DE VAGAS DE ESTACIONAMENTO EM PRAÇA DO MUNICÍPIO DE CAXIAS/MA**

MIKHAEL FERREIRA DA SILVA SANTOS<sup>1\*</sup>, CLÁUDIO VIDRIH FERREIRA<sup>2</sup>  
MATEUS COELHO CARVALHO<sup>3</sup>; VALNEY MOURA DA SILVA<sup>4</sup>; JACKSON DOUGLAS DA CRUZ SILVA<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Acadêmico de Eng. Civil, FACEMA, Caxias-MA, mikhaelmk@hotmail.com;

<sup>2</sup>Dr. em Engenharia Civil, Prof. Adj. FACEMA, Caxias-MA, vidrih@vidrih.com;

<sup>3</sup>Acadêmico de Eng. Civil, FACEMA, Caxias – MA, mateuscoelho17@live.com;

<sup>4</sup>Esp. Professor Eng. Civil, FACEMA, Caxias – MA, valneymoura@yahoo.com.br;

<sup>5</sup>Acadêmico de Eng. Civil, FACEMA, Caxias - MA, jacksondouglasncr@hotmail.com.

Apresentado no  
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC'2017  
8 a 11 de agosto de 2017 – Belém-PA, Brasil

**RESUMO:** O crescimento desordenado das frotas de veículos e o aumento da necessidade de locomoção de pessoas e bens se constituem um enorme desafio para as sociedades atuais. Juntamente com esse panorama, surge a necessidade da implantação de estacionamentos em locais públicos e privados que venham a suprir a necessidade da população. Para que o estacionamento seja eficaz, são necessários estudos de demanda para os quais as vagas irão atender, permitindo estimar a quantidade de vagas necessárias para que o aludido estacionamento esteja adequado para os veículos demandantes. Este trabalho objetivou avaliar a demanda de estacionamento de carros em uma importante praça situada no centro do município de Caxias, estado do Maranhão. A metodologia é baseada em revisão bibliográfica e exploratória e pesquisa em campo, onde a coleta dos dados foi realizada em um dia útil no período matutino, no horário das 06h00min às 13h00min. Utilizou-se como ferramenta de análise o software Arena, um dos mais conhecidos no mundo, juntamente com o cálculo analítico baseado na teoria das filas. O sistema apresentou uma taxa de utilização de 2,4, sendo mais do que o dobro do valor ideal para um sistema estável. Considerando a quantidade de vagas atuais, o tempo médio de espera é de 75,40 minutos, se colocado a quantidade de vagas ideais, o tempo médio de espera será de 5,4 segundos. É necessário, portanto, que as vagas sejam aumentadas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Mobilidade Urbana, Estacionamento, Teoria das Filas.

## **VERIFICATION OF THE CAPACITY OF PARKING VACANCIES IN AN SQUARE OF THE MUNICIPALITY OF CAXIAS/MA**

**ABSTRACT:** The disorderly growth of vehicle fleets and the increasing need for locomotion of people and goods present a huge challenge for today's societies. Along with this scenario, there is a need to install parking lots in public and private places that will meet the needs of the population. For it to be effectively useful, demand studies for which allowances for emission allowances are required. This work aimed at finding car parking in an important square located in the center of the municipality of Caxias, state of Maranhão. The methodology of bibliographic research and research and field research, where a data collection was performed on a business day in the morning, not time from 06:00 to 13:00. It was used as an analysis tool of the Arena software, one of the most well-known in the world, along with the analytical calculation based on the queuing theory. The system is presented for a utilization rate of 2.4, being more than twice the ideal value for a stable system. Considering that the number of current positions, the average waiting time is 75.40 minutes, the average waiting time is 5.4 seconds. It is therefore necessary that as vacancies are increased.

**KEYWORDS:** Urban mobility, Parking lot, Theory of the Rows.

## **INTRODUÇÃO**

Ao longo dos séculos, com o desenvolvimento urbano, principalmente logo após a revolução industrial, a mobilidade urbana vem se tornando cada vez mais importante, pois com o crescimento exponencial da frota de veículos, as cidades estão ficando cada vez mais densas e difíceis de se transitar, sejam pessoas ou bens em geral. É justamente a mobilidade que permite o deslocamento de pessoas e bens para realizar suas atividades costumeiras (PLANMOB, 2007). É importante ressaltar que a mobilidade urbana vai bem mais além do que um simples deslocamento de um ponto para outro, na realidade ela é uma realização do desejo de cada cidadão, isto é, devem ser capazes de realizar os objetivos almejados em um tempo eficiente e sem empecilhos (LÓRA, 2012).

Nos dias atuais, a mobilidade se tornou um grande desafio, principalmente para cidades não planejadas, pois o crescimento acelerado dos centros urbanos, cada vez mais veloz, vem desconfigurando a possibilidade de deslocamento de pessoas e bens. Enfatiza-se que de acordo com a Organização das Nações Unidas – ONU (2011), no ano de 2030, a projeção da população urbana chegará a 60% de toda população mundial.

As novas abordagens de estudos na área de mobilidade urbana excedem o aspecto quantitativo (relação entre espaços, veículos, pedestres, tempo, entre outros), que até então era o principal foco da análise, e engloba as características qualitativas, como a qualidade de vida, melhoria na economia e inclusão social (SILVA; ROMERO, 2011). Em outras palavras, a mobilidade urbana se faz necessária para que a população seja capaz de realizar seus desejos, que são os acessos a bens e serviços, com eficiência de maneira a contribuir positivamente no desempenho da cidade.

Juntamente com o crescimento desordenado das frotas de veículos e o aumento da necessidade de locomoção de pessoas e bens, surge a necessidade da implantação de estacionamentos em locais públicos e privados. Os estacionamentos, no que lhe concerne, são locais dispostos para que os usuários possam estacionar seus veículos de forma tranquila e segura, o que facilita seu acesso ao destino almejado (MELO, 2012). Para que o estacionamento seja eficaz, são necessários estudos de demanda para os quais as vagas irão atender, permitindo estimar a quantidade de vagas necessárias para que o estacionamento esteja adequado para os veículos demandantes (CISCAR; BARBOSA; CAMPOS, 2015).

Em vista disso, a análise da demanda de estacionamento pode ser realizada utilizando como ferramenta a teoria das filas (CISCAR; BARBOSA; CAMPOS, 2015). Qualquer cidadão, vivendo nas sociedades atuais, já passou pela experiência de estar em uma fila, seja para comprar um produto em um supermercado, esperar o atendimento em um banco, esperar a vez de entrar em um determinado evento, entre outros, o acesso às filas é inevitável. Conforme Cajado (2004), as filas ocorrem quando a procura pelo serviço é maior do que a capacidade do sistema, gerando assim perda de tempo para os usuários, que poderiam estar realizando outras atividades.

Os elementos básicos para análise de uma fila, segundo Prado (2014), são: clientes e tamanho da população, padrão de chegada dos clientes, padrão de serviço ou atendimento dos clientes, disciplina da fila, capacidade do sistema, número de canais de serviço e estágio de serviço. A partir desses elementos, é possível verificar o estado atual do sistema e verificar o estado ideal para que seja realizado de maneira mais fluída possível. Nesse sentido, o escopo desse trabalho foi avaliar a demanda de estacionamento de carros em uma importante praça situada no centro do município de Caxias, estado do Maranhão.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

Conhecida como “princesinha” do sertão, o município de Caxias, situado no estado do Maranhão, é uma cidade envolvida em história, cultura e memória, numa relação com grandes marcos que contribuíram para a construção da história do Brasil. Em um passeio pela cidade, por exemplo, é possível observar, entre outros, espaços onde lutas entre piauienses, maranhenses e cearenses ocorreram, ou se deparar com as ruínas da Revolta da Balaiada, sucedida no Período Regencial. O município possui extensão de, aproximadamente, 5.200 km<sup>2</sup>, localizando-se na mesorregião leste maranhense com coordenadas de 4°51'32" S e 43°21'2" O, a 360 km da capital São Luís, sendo a 6° maior economia e o quinto mais populoso município do estado, com uma população de, sensivelmente, 160.000 habitantes e densidade demográfica de 30,99 hab./km<sup>2</sup> (IBGE, 2010). O local de estudo, ilustrado na figura 01, situa-se no centro de Caxias/MA, onde encontra-se dois pontos de estacionamentos, denominados de “Pa” e “Pb”.

Figura 01. Localização da área de estudo em Caxias/MA.



Fonte: Google Earth (2017).

O desenvolvimento desse trabalho iniciou-se com a constatação do problema por parte dos autores, pois estes inúmeras vezes tiveram dificuldades de estacionar no local de estudo, principalmente em horas de pico, no qual a demanda é máxima. O problema abordado, portanto, foi justamente a análise da quantidade de vagas existente no local para determinar o estado atual e o estado ideal do sistema. Em seguida, fez-se uma revisão de literatura em livros, dissertações, teses e revistas especializadas. Com a revisão bibliográfica, foi possível determinar a melhor metodologia de coleta em campo, o que permitiu aproximar o máximo possível da realidade local.

A coleta em campo foi realizada em um dia útil no período matutino, no horário das 06h00min às 13h00min. As figuras 02 a 03 ilustram, na devida ordem, o local do ponto “Pa” e o ponto “Pb”. Foram coletados os dados de chegada dos veículos no estacionamento, sendo o tempo entre a chegada de dois veículos consecutivos, e o tempo de permanência dos veículos nos estacionamentos. Salienta-se que todos os dados coletados foram expressos em minutos.

Figura 02. Local de coleta, ponto “Pa”.



Figura 03. Local de coleta, ponto “Pb”.



Utilizou-se como ferramenta de análise o software Arena, sendo um sistema de simulação de eventos discretos, um dos mais conhecidos no mundo. Esse software permitiu analisar a aleatoriedade dos dados obtidos, tanto o tempo de chegada quanto o tempo de permanência dos veículos no estacionamento.

Analisando os dados coletados no campo através da ferramenta “*Input Analyzer*”, no próprio software Arena, foi possível determinar qual o modelo de fila ideal para abordar o estudo. Dentre os modelos, o mais adequado foi o M/M/c, pois o padrão de chegada e o padrão de atendimento seguem a distribuição exponencial negativa. Salienta-se que a bibliografia ratifica o modelo adequado de análise dos estacionamentos ser o M/M/c, como pode ser constatado nas obras de Ciscar, Barbosa e Campos (2015), Lóra (2012) e Campos (2012).

Posteriormente, realizou-se cálculos analíticos, baseados na teoria das filas, para determinar a taxa de utilização do sistema e o número ideal de vagas necessárias para que o sistema seja considerado estável. Com os resultados definidos, realizou-se duas simulações, a primeira para verificar o comportamento atual do sistema com a quantidade de vagas presentes, e a segunda para verificar o comportamento do sistema com a quantidade de vagas ideal.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As figuras 04 e 05 ilustram, respectivamente, a variação do tempo de chegada dos veículos e a variação do tempo de permanência dos veículos no estacionamento.

Figura 04. Variação do tempo de chegada.

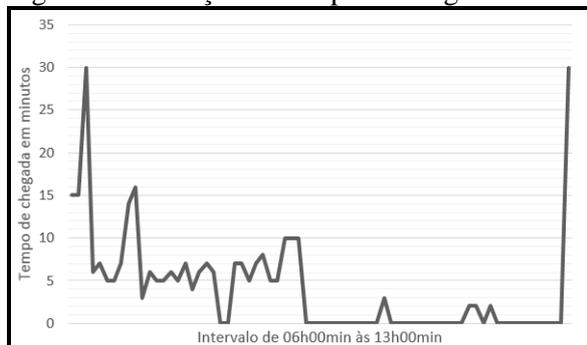
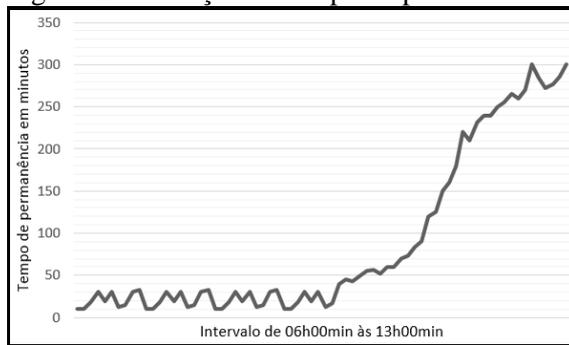


Figura 05. Variação do tempo de permanência.



Ambos os dados apresentados nas figuras supracitadas estão em conformidade com o esperado. A figura 04 mostra que próximo do horário de pico, tempo de maior demanda, o tempo entre a chegada de dois veículos consecutivos é pequena. Já a figura 05, por sua vez, destaca que próximo do horário de pico o tempo de permanência aumenta ainda mais. Através da análise no “*Input Analyzer*”, o padrão de chegada segue uma distribuição exponencial, com  $R^2 = 0,029272$  e média de 5,94 minutos e o padrão de atendimento apresentou, também, uma distribuição exponencial, com  $R^2 = 0,086762$  e média de 89,5 minutos. Os ajustes das curvas são considerados adequados, o que ratifica estudos das obras aqui tidas como referências.

Após a análise dos dados coletados em campo, utilizou-se a teoria das filas para realizar um diagnóstico analítico da quantidade de vagas atuais e estimar a quantidade de vagas necessárias. A tabela 01 retrata os valores obtidos.

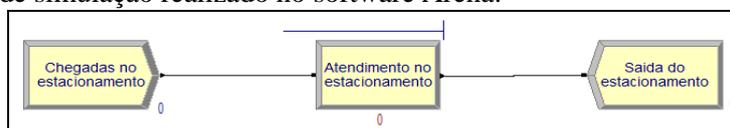
Tabela 01. Valores obtidos analiticamente através da teoria das filas.

Parâmetro	Fórmula	Valor
Padrão de chegada (carros/min)	$\lambda = (\text{total de carros})/(\text{intervalo máximo de atendimento})$	0,24
Padrão de atendimento ( $\text{min}^{-1}$ )	$\mu = 1/(\text{tempo médio de atendimento})$	0,01
Número ideal de vagas	$NA = \lambda/\mu$	24
Taxa de utilização	$\rho = \lambda/(\text{vagas atuais} * \mu)$	2,4

Dessa forma, analisando os dados da tabela 01, a taxa de utilização do sistema atual é de 2,4. Consoante Prado (2014), para que um sistema seja considerado estável, sua taxa de utilização deve ser próxima de 1 ( $\mu$ ), pois neste caso o número de vagas é suficiente, o que não é o caso do sistema analisado. Para que o sistema seja considerado estável, deveria ter, no mínimo, 24 vagas no local, representando mais do que o dobro das vagas existentes quando dos levantamentos.

Realizou-se, a título de ratificação, duas simulações, uma considerando o número de vagas existentes, sabendo que os pontos “Pa” e “Pb” apresentam um total de 10 vagas, e outra simulação considerando o número ideal de 24 vagas. Em ambas as simulações considerou-se que não há formação de fila no sistema, pois os carros que não encontram local para estacionar, imediatamente retira-se do sistema. É importante ressaltar que foi escolhido o período de simulação com base no horário dos dados coletados, assim definiu o tempo de processo de 7 horas (ou 420 minutos). A figura 06 ilustra o modelo de simulação adotado no Arena.

Figura 06. Modelo de simulação realizado no software Arena.



Os resultados das simulações estão ilustrados na tabela 02, na qual é possível observar, para cada simulação, a quantidade de carros que chegaram no sistema durante o período de simulação, o número de veículos que foram atendidos, isto é, conseguiram efetivamente estacionar, e a quantidade de tempo, em média, no qual os veículos tiveram que esperar para conseguir estacionar.

Tabela 02. Dados obtidos das simulações realizadas.

	<b>Simulação com 10 vagas</b>	<b>Simulação com 24 vagas</b>
Quantidade de carros que chegaram no sistema	75	72
Número de carros que conseguiram estacionar	39	59
Tempo médio de espera (minutos)	75,40	0,09

Destarte, observa-se que quando acrescentado o número ideal de 24 vagas, o tempo médio de espera para estacionar é de apenas 5,4 segundos, enquanto a condição atual apresenta um tempo de espera de 75,40 minutos, isto é, quase 1h30min de espera. Vale salientar que ainda a situação pode piorar, pois com o crescimento econômico da cidade suscitará em aumento na frota de veículos.

## **CONCLUSÕES**

Com base nos fatos apresentados, o número de vagas no estacionamento situado na praça em estudo é insuficiente para atender a demanda de carros no local. Como ilustrado na simulação, é necessário esperar, em média, 1h30min para encontrar estacionamento no local, pois a taxa de utilização do sistema é de 2,4, mais do dobro da taxa de utilização ideal. É necessário a criação de novas áreas de estacionamentos no local ou no seu entorno, sendo necessária a criação de 12 novas vagas para evitar congestionamento e estresse. Recomenda-se um minudente estudo dos possíveis locais para estacionar os veículos, levando-se em conta os aspectos custo/benefício e a tendência de crescimento da cidade.

## **AGRADECIMENTOS**

À Coordenação do Curso de Engenharia Civil e aos professores do curso de Engenharia Civil da Faculdade de Ciências e Tecnologia do Maranhão - FACEMA pelo inexorável incentivo na área de pesquisa que propicia uma visão científica necessária ao aluno.

## **REFERÊNCIAS**

- CAMPOS, G. L. O uso da teoria das filas no acesso rodoviário aos terminais de contêiner. Dissertação (mestrado em Engenharia de Produção). Programa de pós-graduação. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2010. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 21 de março de 2017.
- LÓRA, R. M. Por uma construção da mobilidade urbana: metodologia e indicadores na cidade de vitória - ES. 149f. Dissertação (Mestre em Arquitetura e Urbanismo). Centro de Artes. Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória, 2012.
- MELO, J. E. Estacionamento privado ou público: Como diferenciar? Disponível em: <[www.transitoweb.com.br](http://www.transitoweb.com.br)> Acesso em: 20 de março de 2017.
- MINISTÉRIO DAS CIDADES. PlanMob: Caderno de Referência para Elaboração de Plano de Mobilidade Urbana – Ministério das Cidades, Brasília, 2007. 184p.
- ONU. Organização das Nações Unidas. World Urbanization Prospects: the 2011 revision. Disponível em: < <http://esa.un.org/unpd/wup/CD-ROM/Urban-Rural-Population.htm>>. Acesso em: 20 de março de 2017.
- PRADO, D. S. Teoria das filas e da simulação. 5ª edição. Editora FALCONI, 2014.
- RIBEIRO, F. R. Modelo de simulação para análise operacional de pátio de aeroportos. 198f. Dissertação (mestrado em Engenharia). Departamento de Engenharia Naval e Oceânica. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.
- SILVA, G. J. A.; ROMERO, M. A. B. O urbanismo sustentável no Brasil: A revisão de conceitos urbanos para o século XXI (Parte 02). São Paulo: Vitruvius, 2011.