

Aplicação de Modelos de Filas para Dimensionamento de Área de Estacionamento: um Estudo de caso no Campus Santa Mônica da Universidade Federal de Uberlândia

Letícia Maria Soares Ribeiro – leticiamsr@live.com

Universidade Federal de Uberlândia

Aira Elisama Almeida dos Anjos – airaelisama@gmail.com

Universidade Federal de Uberlândia

Valeriana Cunha – valeriana@ufu.br

Universidade Federal de Uberlândia

Paulo Henrique Nascimento Nunes – paulohenrique.nasc.nunes@gmail.com

Universidade Federal de Uberlândia

Área Temática: Operações e Gestão da Cadeia de Suprimentos

RESUMO

O aumento no número de veículos nos campi tem feito com que muitas universidades apresentem problemas relacionados à procura por vagas em seus estacionamentos. A Teoria das Filas é uma abordagem que pode auxiliar no estudo desta questão. Esse trabalho consiste em uma pesquisa quantitativa aplicada no campus Santa Mônica da Universidade Federal de Uberlândia. Foi realizada uma revisão bibliográfica, aplicação de questionários e coleta de dados, realizada entre os dias 07 de novembro de 2017 a 15 de dezembro de 2017. Nesse período, em cada portaria, havia uma pessoa entregando um ticket e outra recolhendo, para reunir os dados necessários para análise por meio da teoria das filas. Após a realização da pesquisa de campo e de realizar os cálculos, concluiu-se que são necessárias 939 vagas para suprir a demanda atual em dias de maior movimento e 854 em dias de menor movimento. Destaca-se que a pesquisa foi realizada ao longo do período de 7:00 as 23:00 horas, o que pode levar a uma subestimação da quantidade necessária em momentos de pico de demanda no campus.

Palavras-chaves: Pesquisa Operacional, Teoria das Filas, Vagas de estacionamento.

ABSTRACT

The increase in the number of vehicles on the campuses has led many universities to present problems related with the demand for parking spaces. The Queuing Theory could be useful in this study. This research has a quantitative approach and was applied in the Santa Monica

Campus of the Federal University of Uberlândia. A bibliographical review, application of questionnaires and data collection was carried out, from November 7th until December 15th, 2017. During this period, at each entrance of the Campus, there was one person delivering the ticket and another collecting. After conducting the field survey and performing the calculations, it was concluded that 939 parking spaces are required to meet the current demand on days of greater movement and 854 on days with less movement. It should be noted that the research was carried out over the period from 7am to 11pm, which may lead to an underestimation of the quantity required at demand peak times on campus.

Keywords: Operational Research, Queuing Theory, Parking lots.

1. Introdução

A aglomeração nos centros urbanos é influenciada pela necessidade de uma locomoção mais rápida das pessoas, devido ao afastamento dos locais em relação a esses centros. O aumento da renda, à medida que pode levar a um crescimento do número de veículos nas cidades, também impacta esta aglomeração (FALCÃO *et al.*, 2013). Segundo o portal do Departamento Nacional de Trânsito - DENATRAN (2017), a frota de veículos registrados no Brasil aumentou 203,58% em dez anos, passando de 46.572.168 veículos em abril de 2007 para 94.812.640 veículos em abril de 2017.

Assim, devido a mudanças sociais e o crescimento significativo do número de veículos automotores, a dificuldade de encontrar vagas para estacionar tem sido cada vez mais constante, principalmente nos Polos Geradores de Viagem (FALCÃO *et al.*, 2013). Manica (2013) aborda o conceito de Polos Gerados de Viagem (PGV) como sendo empreendimentos que atraem para si uma grande concentração de veículos que afeta negativamente a movimentação dos carros e motos ao redor dele. Esses empreendimentos podem ser shopping centers, supermercados, universidades, condomínios de grande porte, dentre outros. De acordo com Falcão *et al.* (2013) ainda não se encontrou um resultado para resolver este problema de demanda nos locais que possuem uma maior concentração de veículos.

Pesquisas mostram que esses empreendimentos são responsáveis pela maior parte dos congestionamentos que acontecem nas cidades, devido à procura dos motoristas por vagas para estacionarem seus veículos. Além do congestionamento, motoristas também provocam infrações, como parada em filas duplas e estacionar em cima dos passeios (FALCÃO *et al.*, 2013). Bertini (2005, tradução nossa) afirma que poucas pessoas conseguem conviver

tranquilamente com esse transtorno social, mas que muitas não gostam da percepção de tempo perdido no congestionamento, e isto é alarmante.

Mas este problema não atingiu somente os centros urbanos, as universidades também foram afetadas pelo crescimento da mobilização de veículos. Sanches e Ferreira (2013) relatam que os alunos das universidades reclamam constantemente da falta de vagas de estacionamento nos campi. Silva e Morais (2014) afirmam que as universidades são um dos Polos Gerados de Viagem que mais crescem no Brasil, atraindo um grande número de viagens provenientes da locomoção dos alunos, professores e funcionários, e estes possuem um tempo elevado de permanência dentro da universidade, criando assim a necessidade de uma ampliação de vagas para estacionamentos.

Nos últimos anos, a universidade pública teve um aumento significativo devido à expansão científico-tecnológica, afetando o número de ingressantes, que tem sido cada vez maior em cursos distintos (CISCAR; BARBOSA; CAMPOS, 2015). Devido ao aumento dos ingressantes e, conseqüentemente, do número de veículos automotores nos campi, muitas universidades possuem problemas em relação à falta de vagas nos estacionamentos. A Teoria das Filas é uma técnica que pode ser útil para auxiliar o dimensionamento de estacionamentos. Desta forma, o objetivo deste trabalho é utilizar a Teoria das Filas para avaliar o dimensionamento do estacionamento do campus Santa Mônica da Universidade Federal de Uberlândia.

2. Referencial Teórico

Ao realizar estudos sobre planejamento, é habitual encontrar problemas relacionados ao dimensionamento ou fluxo para os quais a solução é supostamente complexa. Consegue-se citar como exemplos a linha de produção de uma fábrica, o trânsito e movimento de veículos de uma cidade, entre outros. Dessa maneira, para obter um sistema que tenha um funcionamento eficiente, o estudo deve determinar a quantidade apropriada de atendentes (equipamentos, veículos, pessoas, etc.) a ser alocada em cada estação de trabalho, o melhor *layout* e o melhor fluxo (PRADO, 2009).

O ponto inicial de uma pesquisa, muitas vezes, é a precisa escolha da qualidade esperada do atendimento. Conseqüentemente, um sistema ou processo satisfatoriamente dimensionado está balanceado, porém vale destacar, que o sistema balanceado assegura,

exclusivamente, o fornecimento de uma certa qualidade de atendimento, e não um atendimento ótimo (PRADO, 2009).

De acordo com a opinião do cliente, dimensionar para a não existência de filas seria a solução perfeita. Já da perspectiva da gerência, as medidas de interesse são as que compreendem o volume de serviço realizado. Entretanto, o modelo de excelência seria alcançar um balanceamento apropriado que permita um atendimento admissível pelo melhor custo e benefício para ambos (PRADO, 2009).

Diante desses questionamentos, surge a Teoria das Filas, que faz parte do campo da Pesquisa Operacional, empregando conceitos de processos estocásticos e modelos matemáticos ao estudo das filas. Essa teoria tem como objetivo pesquisar e explorar o sistema, antevendo o comportamento das filas e moldando as mesmas de modo a dimensionar adequadamente os equipamentos, instalações e infraestruturas (CHIN *et al.* 2014).

Para Andrade (2009), a Teoria das Filas é responsável por resolver problemas de engarrafamento e obstrução de sistemas, tendo como característica principal a presença de “clientes” procurando e requerendo “serviços” de alguma maneira. Fogliatti e Mattos (2007) definem um sistema de fila como qualquer metodologia onde usuários, provenientes de determinada população, recebem um serviço pelo qual aguardam e, se for possível, deixam o sistema assim que recebem o atendimento e serviço requisitado.

No seu conceito mais comum, um sistema de filas constitui-se de clientes que desejam ser atendidos em um posto de serviço e que, possivelmente, terão necessidade de aguardar até que o posto esteja disponível. Destaca-se que cliente diz respeito a algum elemento que necessita de atendimento, podendo ser pessoa, peça, máquina, processo, matéria prima, etc. (ANDRADE, 2009). É admissível declarar que a Teoria das Filas estuda os atrasos experimentados pelos usuários de um sistema e suas relações com as demandas, visto que fila é o ambiente onde os clientes esperam antes de receber seu atendimento (HILLIER e LIEBERMAN, 2010). Portanto, um sistema de filas pode ser caracterizado como um conjunto de usuários e de atendentes que possuem uma ordem de chegada e de atendimento.

Segundo Camelo *et al.* (2010) a Teoria das Filas é um método analítico que estuda a formação de filas e as suas características, por meio de cálculos. Há seis características básicas do modelo de filas: Processo de chegada dos clientes; Padrões de serviço dos atendentes; Disciplina da Fila; Número de canais de serviços; Capacidade de Armazenamento do Sistema; e Etapas do Serviço.

Bronson (1985) explica que o modelo de chegada dos usuários pode ser representado pelo tempo entre chegadas, ou seja, o intervalo de tempo contínuo entre as chegadas dos usuários no estabelecimento. Estas chegadas podem ser determinísticas ou aleatórias, podendo depender ou não do número de usuários presentes no sistema. Outra informação válida é como estes usuários chegam ao estabelecimento, podendo chegar individualmente ou em grupos, cujos tamanhos podem ser constantes ou aleatórios.

Prado (2009) frisa que quando a população é muito grande, pode ser definida como infinita e a chegada de um novo cliente à fila não afeta a taxa de chegada. No entanto, quando a população é pequena, o efeito existe e pode ser considerável.

Já o modelo de serviço, conforme Bronson (1985), pode ser explicado pelo tempo de serviço, ou seja, tempo que o atendente fica à disposição do usuário. Este tempo pode ser determinístico ou aleatório, além de depender, ou não, do número de usuários presentes no sistema. Também é interessante saber se o usuário será totalmente atendido por um atendente ou necessitará de outros atendentes. Quanto aos postos de atendimento, estes são formados por pessoas, instalações e equipamentos que devem operar em sintonia para prestar um bom serviço (ANDRADE, 2009).

Segundo Bronson (1985), a capacidade do sistema é número máximo de usuários permitidos no estabelecimento ao mesmo tempo, para serem atendidos ou para esperarem na fila. Caso o usuário chegue ao estabelecimento e este esteja lotado, ele não pode adentrar, pois a capacidade do sistema já está lotada e este usuário não será atendido. Com isso, podemos denominar dois tipos de capacidade, a capacidade finita (tem um limite máximo permitido de usuários) e a capacidade infinita (não tem limite de usuários). Segundo o autor, a ordem de atendimento dos usuários, também conhecida como disciplina das filas, também é um fator importante a ser considerado. Quatro formas se destacam, são elas: FIFO (*first in first out*): primeiro a chegar é o primeiro a ser atendido – a mais comum a ser observada; LIFO (*last in first out*): último a chegar é o primeiro a ser atendido; PRI: atendimento por prioridade; SIRO: atendimento aleatório, o atendimento aos clientes não segue nenhuma regra.

Prado (2009) afirma que, ao dimensionar um sistema, pode-se optar dentre várias possibilidades para o atendimento, seja uma fila única e um único servidor, uma única fila e diversos servidores, diversas filas e diversos servidores, filas especiais ou alteração dinâmica no sistema de atendimento. A escolha entre as possibilidades citadas anteriormente dependerá das características do sistema em estudo, pois o ideal para uma situação, pode não se adequar a outra. No Quadro 1, tem-se algumas variáveis fundamentais em um sistema de filas,

considerando uma situação estável na qual clientes chegam e entram na fila, existindo ‘c’ servidores para atendê-los. O ritmo médio de chegadas é definido por λ , enquanto que o ritmo médio de atendimento é definido por μ .

Quadro 1 – Variáveis de um sistema de filas.

Variáveis referentes ao sistema	TS = Tempo Médio de permanência do Sistema
	NS = Número Médio de Clientes no Sistema
Variáveis referentes ao processo de chegada	λ = Ritmo Médio de Chegada
	IC = Intervalo Médio entre Chegadas
	Por definição: $IC = 1/\lambda$
Variáveis referentes à fila	TF = Tempo Médio de Permanência na Fila
	NF = Número médio de clientes na fila
Variáveis referentes ao atendimento	TA = Tempo médio de Atendimento ou Serviço
	c = Capacidade de atendimento ou número de atendentes
	NA = Número médio de clientes que estão sendo atendidos
	μ = Ritmo médio de Atendimento por atendente

Fonte: Prado (2009).

O modelo M/M/c é um dos modelos mais comuns de filas. Conforme destaca Andrade (2009), as características deste modelo são:

- a) As chegadas se processam segundo a distribuição de Poisson, com média de λ chegadas por unidade de tempo;
- b) Os tempos de atendimento, por canal, seguem a distribuição exponencial negativa, com média de $1/\mu$;
- c) O atendimento é feito por ordem de chegada;
- d) O número de canais de serviço no sistema é S;

- e) O número de clientes é suficientemente grande para que a população possa ser considerada infinita;
- f) O ritmo de serviço é $\mu \times S$;
- g) A condição de estabilidade do sistema é $\lambda < \mu \times S$.

As equações que constituem este modelo são apresentadas no Quadro 2:

Quadro 2 – Equações do Modelo M/M/c.

Probabilidade de haver 0 clientes no sistema		$P = 1 / (\sum_{j=0}^{S-1} \frac{p^j}{j!}) + (\frac{p^S}{(S-1)! \cdot (S-p)})$
Probabilidade de haver n clientes no sistema	n < S	$P_n = p^n \cdot \frac{1}{n!} \cdot P_0$
	n ≥ S	$P_n = p^n \cdot \frac{1}{S! \cdot S^{(n-S)}} \cdot P_0$
Probabilidade que todos os canais estejam ocupados		$P_{\text{ocup.total}} = P(n \geq S) = \frac{p^S}{(S-1)! \cdot (S-p)} \cdot P_0$
Número médio de clientes na fila		$NF = \frac{p}{S-p} \cdot P_{\text{ocup.total}}$
Tempo médio de espera na fila		$TF = NF \cdot \left(\frac{1}{\lambda}\right)$
Número médio de clientes no sistema		$NS = NF + p$
Tempo médio gasto no sistema		$TS = NS \cdot \left(\frac{1}{\lambda}\right)$

Fonte: Andrade (2009).

3. Metodologia

Para realização da pesquisa em questão foi adotada uma abordagem quantitativa, que é definida por Gerhardt e Silveira (2009) como uma pesquisa que utiliza recursos e técnicas estatísticas, ou seja, os dados podem ser apresentados em números, classificados e analisados. Segundo Schuck (2014) o processo se dá de forma sequencial, comprobatório e dedutivo, analisando a realidade objetiva.

A pesquisa é classificada como aplicada, pois emprega conhecimentos técnicos acadêmicos, como a Teoria das Filas, aos dados que obtiver em campo. Segundo Gil (2008), a pesquisa aplicada gera conhecimentos para aplicação prática, dirigidos a soluções potenciais para problemas humanos.

A pesquisa por estudo de caso é um estudo de natureza empírica que investiga um determinado fenômeno, geralmente contemporâneo, dentro de um contexto real de vida, quando as fronteiras entre o fenômeno e o contexto em que ele se insere não são claramente definidas. Trata-se de uma análise aprofundada de um ou mais objetos (casos), para que permita o seu amplo e detalhado conhecimento. Seu objetivo é aprofundar o conhecimento acerca de um problema não suficientemente definido (MATTAR, 1996), visando estimular a compreensão, sugerir hipóteses e questões ou desenvolver a teoria.

O conceito de pesquisa descritiva também se aplica ao caso, pois Gil (2008) afirma que esta tem como objetivo descrever as características do problema em questão, além de ter o propósito de obter informações sobre determinada população.

Quanto aos meios, em um primeiro momento, foi realizada uma revisão bibliográfica, pois este trabalho trata de um assunto para o qual já há materiais documentados que contribuem para o desenvolvimento desta pesquisa.

Posteriormente, foi aplicado um questionário, que auxiliou na obtenção dos dados relacionados à demanda de vagas no campus. O questionário foi aplicado a uma amostra de 377 indivíduos. O propósito da amostragem foi construir um subconjunto da população que seja representativo nesta pesquisa.

Importante também apresentar as técnicas de coleta e análise de dados que foram utilizadas neste trabalho. As técnicas de coleta de dados utilizadas:

- a) Observações diretas no estacionamento do Campus Santa Mônica da Universidade Federal de Uberlândia visando a avaliar o fluxo de veículos e a estrutura do estacionamento;
- b) Controle dos horários de entrada de saída dos veículos em cada portaria, por meio de entregas e recolhimentos de tickets, entre os dias 7 de novembro a 15 de dezembro de 2017;
- c) Consulta a documentos fornecidos pela Universidade e legislações pertinentes ao objeto de estudo do trabalho.

A técnica utilizada para analisar os dados foi a Teoria das Filas, modelo probabilístico da área de Pesquisa Operacional. O objeto de estudo deste trabalho foi o estacionamento do Campus Santa Mônica da Universidade Federal de Uberlândia.

4. Apresentação e Discussão dos Resultados

Para realização deste trabalho foram considerados os discentes, técnicos e docentes que utilizam o estacionamento do Campus Santa Mônica. A Tabela 1 traz o histórico do número de alunos, técnicos e professores, de 2008 a 2017.

Tabela 1 – Histórico da quantidade de Discentes, Técnicos e Docentes na UFU.

Ano	Discentes	Técnicos	Docentes
2008	10.445	592	686
2009	11.347	748	777
2010	12.291	823	847
2011	13.332	883	890
2012	14.069	892	900
2013	14.491	949	971
2014	15.192	969	1.002
2015	15.891	997	1.016
2016	15.912	1.007	1.030
2017	16.918	993	1.029

Fonte: Diretoria de Administração e Controle Acadêmico (DIRAC/UFU), 2018. Adaptado pelos autores.

Conforme dados da Diretoria de Infraestrutura da UFU (DIRIE/UFU, 2017), o estacionamento do Campus Santa Mônica possui 1.473 vagas para carros e 220 vagas para motos. Além disso, há 82 vagas destinadas a idosos, 43 a deficientes, 9 vagas de carga e descarga e 1 vaga para ambulância, totalizando 1.828 vagas.

No ano de 2017, o total de discentes, docentes e técnicos do Campus Santa Mônica era de 18.940 indivíduos. Para aplicação do questionário, o Campus foi dividido em 6 setores e, a amostra de 377 indivíduos foi distribuída nos setores da seguinte forma: Setor 1: 10 indivíduos; Setor 2: 125 indivíduos; Setor 3: 35 indivíduos; Setor 4: 54 indivíduos; Setor 5: 83 indivíduos e Setor 6: 70 indivíduos. Esta setorização foi realizada devido à diversidade de cursos, horários de aula e números de usuários para que a amostra recolhida fosse representativa da realidade.

Com o número de alunos, técnicos e professores definido pelo cálculo amostral, foi realizada a pesquisa em salas de aula, coordenações de curso, secretarias, laboratórios e afins, definindo os resultados necessários para a aplicação da teoria. Por meio da aplicação do questionário, foi possível verificar quais eram os horários mais críticos de utilização do estacionamento. Verificou-se que os horários das 7:00 às 9:00 horas, das 13:00 às 15:00 horas e das 19:00 às 20:00 horas foram horários críticos de entrada. E os horários de 11:00 às 12:00 horas, 16:00 às 18:00 horas e 22:00 às 23:00 horas foram os horários mais críticos de saída de veículos do campus.

Os períodos de pico distintos detectados são justificados pela variedade de cursos, alguns em período integral, outros matutinos e outros noturnos, com grades horárias bastante distintas. De posse dos horários de pico, foi realizado a entrega e recolhimento de tickets durante três dias consecutivos. A Universidade possui três portarias e todas foram avaliadas ao longo do período entre 7:00 e 23:00. Nos tickets foi marcado o horário de entrada e saída dos veículos. De acordo com os dados coletados, houve intervalo de 60, 120, 180, 240, 300, 360, 420, 480, 540, 600, 660, 720, 780, 840, 900 e 960 minutos de permanência no estacionamento. Foram utilizados os dados de dois dias de coleta.

Primeiramente, foram feitos os cálculos considerando os tickets coletados no primeiro dia. O tempo médio de atendimento (TA), de aproximadamente 193 minutos, foi calculado conforme apresentado na Equação 1. Este valor representa, em média, o tempo que um veículo ocupa uma vaga. Em seguida, foi calculado o ritmo médio de chegada (λ) dos usuários do estacionamento (alunos, técnicos e professores), apresentado na Equação 2. O valor obtido foi de aproximadamente 4,88 carros por minuto. A Equação 3 traz o ritmo médio de atendimento (μ) de cada atendente (vaga), cujo valor foi de 0,0052 minutos. Por sua vez, por meio da Equação 4, calcula-se o número de vagas (NA), que no nosso caso é o número de vagas necessárias (aproximadamente 939 vagas). E, por fim, na Equação 5, tem-se a taxa de utilização do estacionamento, que é de aproximadamente 51%.

$$\text{Média Ponderada} = \frac{(2764 \times 60) + (146 \times 120) + (111 \times 180) + \dots + (10 \times 960)}{4681} = \frac{905.066}{4681} = \mathbf{193,35}$$

Equação 1

$$\lambda = \frac{\text{número total de carros}}{\text{intervalo máximo de atendimento}} = \frac{4681}{960} = \mathbf{4,88}$$

Equação 2

$$\mu = \frac{1}{TA} = \frac{1}{193,35} = \mathbf{0,0052}$$

Equação 3

$$NA = \frac{\lambda}{\mu} = \frac{4,88}{0,0052} = \mathbf{938,46}$$

Equação 4

$$\rho T = \frac{\lambda}{ctx\mu} = \frac{4,88}{1828 \times 0,0052} = \mathbf{0,51}$$

Equação 5

Os mesmos cálculos foram efetuados para os dados coletados no segundo dia de pesquisa. A média ponderada para encontrar o tempo médio de atendimento (TA) é apresentada na Equação 6 e resultou no valor de aproximadamente 179 minutos; o ritmo médio de chegadas (λ) dos alunos na Equação 7 (4,78 carros por unidade de tempo); o ritmo médio de atendimento (μ) na Equação 8 (0,0056 minutos); o número de vagas necessárias para atender a demanda na Equação 9 (aproximadamente 854 vagas) e, por fim, a taxa de utilização na Equação 10 (aproximadamente 47%).

$$\text{Média Ponderada} = \frac{(2297 \times 60) + (317 \times 120) + (238 \times 180) + \dots + (4 \times 960)}{4588} = \frac{820.620}{4588} = \mathbf{178,86}$$

Equação 6

$$\lambda = \frac{\text{número total de carros}}{\text{intervalo máximo de atendimento}} = \frac{4588}{960} = \mathbf{4,78}$$

Equação 7

$$\mu = \frac{1}{TA} = \frac{1}{178,86} = \mathbf{0,0056}$$

Equação 8

$$NA = \frac{\lambda}{\mu} = \frac{4,78}{0,0053} = \mathbf{853,57}$$

Equação 9

$$\rho T = \frac{\lambda}{ctx\mu} = \frac{4,78}{1828 \times 0,0056} = 0,47$$

Equação 10

Pelo resultado obtido no primeiro dia de pesquisa, percebe-se que são necessárias 939 vagas para suprir a demanda da faculdade. Já no segundo dia de pesquisa o resultado foi de 854 vagas para atender a demanda. Considerando o dia de maior demanda, por meio deste estudo, conclui-se que cerca de 939 vagas seriam suficientes para atender a demanda de veículos automotores (mais especificamente, carros e motos) no Campus Santa Mônica da Universidade Federal de Uberlândia.

5. Considerações Finais

Com os dados em mãos, aplicou-se a teoria das filas para obter os resultados e descobrir se o estacionamento da Universidade Federal de Uberlândia está bem dimensionado. A teoria das filas é um ótimo método para se aplicar em diversas situações onde necessita-se determinar um número de atendentes suficientes capazes de atender a demanda.

Neste trabalho, foram considerados veículos automotores como um todo, e os dados obtidos nos mostram que seriam necessárias cerca de 939 vagas, considerando o dia de maior demanda. Atualmente, o estacionamento conta com 1.473 vagas para carros e 220 vagas para motos, ou seja, por meio desta teoria, o dimensionamento atual parece ser suficiente para a demanda atual. No entanto, percebe-se uma grande reclamação dos usuários em relação a quantidade de vagas disponíveis no estacionamento. Isto pode ser explicado pela utilização frequente das vagas, ou seja, uma vaga fica apenas cerca de 0,0052 minutos sem um veículo estacionado, ou seja, apenas 0,3 segundos sem atendimento. O fato de, em média, as vagas não ficarem nem 1 segundo vazias, ou seja, de haver grande rotatividade de usuários, pode levar a essa suficiência apresentada pelos cálculos realizados neste trabalho.

Outro ponto a ser destacado, é que a coleta de dados foi realizada ao longo de todo o dia (das 7:00 as 23:00 horas). Sendo assim, a quantidade necessária de vagas foi dissipada durante todo o horário de funcionamento da universidade. Caso apenas os períodos de pico

tivessem sido considerados, os resultados encontrados seriam diferentes. No entanto, para efeitos de dimensionamento do estacionamento, não se deve considerar apenas os períodos de pico, pois isso pode levar a um dimensionamento exagerado da área gerando uma grande subutilização da mesma em horários que não são de pico.

Algumas limitações foram observadas na pesquisa e devem ser destacadas. A primeira são as faixas de tempo utilizadas para a coleta dos dados. Foram consideradas faixas de 60 minutos e por isso, pode haver algum viés por estar comparando veículos que ficaram 5 minutos estacionados com veículos que ficaram 60 minutos.

Outra limitação identificada foi no processo de identificação das vagas, pois existem 1828 vagas regulares, mas não foi possível estimar quantas vagas irregulares existem no Campus. Mais uma limitação relacionada a vagas é a não separação dos dados para carros, motos e vagas preferenciais, pois a separação destes nos daria um resultado mais preciso sobre a capacidade de atendimento de cada posto.

Por meio da realização deste trabalho, algumas sugestões podem ser feitas para pesquisas futuras. A primeira sugestão seria a marcação de todas as vagas (incluindo as que atualmente foram consideradas como irregulares) para que estas pudessem ser consideradas no modelo. Além disso, pode-se fazer uma projeção futura de quantas vagas serão necessárias para atender a demanda, considerando as vagas irregulares. Essa proposta deve ser também uma preocupação futura para os gestores da Universidade.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, E. L. (2009). *Introdução à pesquisa operacional: métodos e modelos para análise de decisões*. 4ª ed. Rio de Janeiro: LTC.

BERTINI, R. L. (2005). *You are the traffic Jam: an examination of congestion measures*. In: ANNUAL MEETING OF THE TRANSPORTATION RESEARCH BOARD, 85th, 2015, Washington D.C., **Anais...** Washington, D.C. November. Disponível em <https://www.researchgate.net/profile/Robert_Bertini/publication/228390161_You_are_the_traffic_jam_an_examination_of_congestion_measures/links/546f68790cf24af340c08ab7.pdf>.

Acesso em: 13 set. 2016.

BRONSON, Richard. (1985). *Pesquisa Operacional: 200 Problemas Resolvidos, 180 Problemas Propostos*. São Paulo: Mcgraw-hill. 318 p.

- CAMELO, G. R. et al. (2010). *Teoria das filas e da simulação aplicada ao embarque de minério de ferro e manganês no terminal marítimo de Ponta da Madeira*. In: ENCONTRO NACIONAL DA ENGENHARIA DE PRODUÇÃO 30, 2010, São Carlos, Anais... São Carlos: ABEPRO. Disponível em: <http://www.administradores.com.br/_resources/files/_modules/academics/academics_3549_201011111348015b95.pdf>. Acesso em: 14 set. 2016
- CHIN, S. Y. et al. (2014). *Aplicação da Teoria das Filas em um Centro de Atendimento de Saúde em Ponta Grossa – PR*. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 34., 2014, Curitiba. Anais... Curitiba: ABEPRO.
- CISCAR, L. F. C.; BARBOSA, P. H. C.; CAMPOS, R. S. T. S. (2015). *Análise da capacidade de vagas no estacionamento para alunos da escola de engenharia civil da Universidade Federal de Goiás*. 2015. 54 f. TCC (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE TRÂNSITO. (2017). *Relatórios estatísticos*. Disponível em: <<http://www.denatran.gov.br/frota.htm>>. Acesso em: 10 abr. 2017.
- DIRETORIA DE ADMINISTRAÇÃO E CONTROLE ACADÊMICO. (2018). *Relatório [mensagem pessoal]*. Mensagem recebida pro <leticiamsr@live.com> em 12 jun.
- DIRETORIA DE INFRAESTRUTURA DA UFU. (2017). *Relatório [mensagem pessoal]*. Mensagem recebida pro <leticiamsr@live.com> em 12 jun.
- FALCÃO, H. S. et al. (2013). *Classificação de Vagas de Estacionamento com Utilização de Rede Perceptron Multicamadas*. Revista de Sistemas de Informação da FSMA, Jequié, n. 12, p.41-48. Disponível em: <http://www.fsma.edu.br/si/edicao12/FSMA_SI_2013_2_Estudantil_1.pdf>. Acesso em: 13 set. 2016.
- FOGLIATTI, C, M. MATTOS, C, M, N. (2007). *Teoria das filas*. Rio de Janeiro: Interciência. 290 p.
- GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. (2009). *Métodos de pesquisa*. Porto Alegre: Ed. da UFRGS. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/cursopgdr/downloadsSerie/derad005.pdf>>. Acesso em: 17 set. 2016.
- GIL, A. C. (2008). *Como elaborar projetos de pesquisa*. 5. ed. São Paulo: Atlas.
- HILLIER, F.; LIEBERMAN, G. (2010). *Introdução à pesquisa operacional*. São Paulo: Bookman. 8. ed.

MANICA, F. (2013). *Polos Geradores de Viagens: Caracterização dos Percentuais das Categorias de Viagens Geradas por um Empreendimento Comercial na Cidade de Porto Alegre*. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/78229/000896717.pdf?sequence=1>>.

Acesso em: 17 set. 2016.

MATTAR, F. N. (1996). *Pesquisa de Marketing: Metodologia e Planejamento*. São Paulo: Atlas.

PRADO, D. (2009). *Teoria das filas e da simulação*. 4. ed. Nova Lima, MG: INDG. 127p.

SANCHES, S. P; FERREIRA, M. A. G. (2013). *Mobilidade em um campus universitário*. In: *Congresso Brasileiro de Transporte e Trânsito*, 19., 2013, Brasília. Anais... Brasília: Antp. p.

1 - 8. Disponível em: <http://files-server.antp.org.br/_5dotSystem/download/dcmDocument/2013/10/07/1DDA3417-0DB0-4581-B633-2FF914CB0602.pdf>. Acesso em: 15 set. 2016.

SCHUCK, S. O. P. (2014). *Implicações biológicas e psicossociais de velhice para a mulher: uma revisão integrativa*. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Enfermagem) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/112145/000953691.pdf?sequence=1>>.

Acesso em: 17 set. 2016.

SILVA, A. F.; MORAIS, S. C. (2014). *Análise do padrão de polo gerador de viagens em uma instituição pública de ensino superior no interior do nordeste*. In: congresso Nacional de Pesquisa Ensino em Transporte, 28., Curitiba. Anais... Curitiba: Anpet, 2014. p. 1 - 5.

Disponível em: <<http://www.anpet.org.br/xxviii/anpet/anais/documents/CT363.pdf>>. Acesso em: 18 set. 2016.