

Análise da Capacidade do Estacionamento da UTFPR – Ponta Grossa

Samantha Marconato (UTFPR -Ponta Grossa) samantha_ma.tha@hotmail.com

Shih Yung Chin (UTFPR - Ponta Grossa) chin@utfpr.edu.br

William Nicholas Betiol Bippes (UTFPR - Ponta Grossa) williamnicholasbb@hotmail.com

Resumo

O presente artigo tem por objetivo realizar uma análise da capacidade de atendimento da área destinada a estacionamento de discentes da UTFPR Campus Ponta Grossa por meio da teoria de filas, cujas durações de atendimentos são caracterizadas como sendo não determinísticas. Como uma ausência de vagas na área destinada ocasiona o estacionamento em locais adversos e dificulta o trânsito das imediações, dentre outros problemas, essa situação fornece uma boa análise de caso para aplicação prática e de diversos conceitos abordados no curso de Engenharia de Produção. Através do modelo de filas FIFO e dos dados relacionados aos números de usuários e vagas disponíveis coletados, foi estipulada a quantidade necessária de vagas e, como esta é superior, foram propostos cenários de melhoria dentro das limitações tanto de espaço físico quanto de orçamento para realização de obras. Foram propostos quatro cenários, dos quais os dois primeiros envolvem apenas delimitações de vagas, o terceiro uma mudança na estrutura física do local e o quarto a união de todos os demais e levando a reduções de 14,53%, 17,09%, 20,51% e 52,14%, respectivamente, dos usuários não atendidos, não solucionando o problema, mas mitigando parte de suas externalidades.

Palavras-chave: teoria das filas, estacionamento, capacidade.

Parking Capacity Analysis of UTFPR - Ponta Grossa

Abstract:

This paper intends to analyze the capacity of the area assigned to students' parking lot of UTFPR campus Ponta Grossa through the queuing theory with non-deterministic rates of client service time. As the result of the shortage of parking spots may cause users to park in inadequate spots and influence the traffic in the area, among other problems, this situation provides an interesting practical case of study for a practical and theoretical background acquired throughout our Industrial Engineering graduation. Using a FIFO discipline model to the users and physical data collected, the number of exceeding parking spots was determined, and since it's superior than the available spots, scenarios were proposed to enhance the number within the physical and monetary limitations to modifications involving constructions. Four scenarios were suggested, of which the two first ones involved only the delimitation of the parking spots, the third a physical change of the place and the fourth is the union of all other cases which lead to reductions of 14,53%, 17,09%, 20,51% and 52,14%, respectively, of the users without service, not solving the problem, but diminishing some of it.

Key-words: queuing theory, parking, capacity.

1. Introdução

O trânsito é parte integrante do cotidiano de diversas pessoas, podendo essa participação se dar pela inserção direta nesse, por suas aparições em fatos e histórias ou por suas consequências no cotidiano e sociedade que as envolvem.

Segundo os dados dos últimos anos e meses obtidos no sítio do DETRAN do Estado do Paraná (2017) houve um avanço no número de veículos registrados no município de Ponta Grossa, aumento este que pode gerar novos desafios em diversas áreas. Dentre esses, figura o de local para estacionar o veículo, desde a sua disponibilidade, condições e modos e meios como são usufruídos pelos usuários.

Ponderando os preceitos propostos por Cruz (2014), pode-se concluir que tanto a existência quanto às condições dos espaços destinados aos veículos parados podem influir não somente nos domínios do estacionamento, mas nos modos e características da circulação viária local como um todo.

Os autores deste artigo notaram que por vezes é a falta de espaço, de sinalização ou inclusive por manobras inadequadas de outros condutores. O caso parece ainda mais intrigante por se referir a um local que apesar de relativamente isolado não apresenta perspectivas de aumento da área destinada ao estacionamento.

A respeito da importância intrínseca da vaga de estacionamento, bons argumentos são fornecidos por Silva (2015), que salienta tanto que o fim de uma jornada com automóvel próprio requer um local de parada quanto sobre sua especificidade de atendimento, servindo a apenas um usuário por vez.

Pode-se pensar ainda sob a perspectiva da sustentabilidade das ações e suas consequências, como Klappenecker, Lee e Welsh (2014) salientam que enquanto vagamos à procura de uma vaga, estamos mais que gastando diversos recursos, dentre os quais paciência é apenas secundária se pensarmos nas quantias de combustível utilizado e de gases emitidos pelo veículo.

Por se tratar de algo do cotidiano dos autores, foram observadas também muitas oportunidades de melhoria em aspectos diversos, tais como na pavimentação, demarcação de vias e locais para estacionamento, remoção de canteiros, sinalização, além de uma modelagem e análise através de técnicas e ferramentas acadêmicas.

Neste sentido, o presente trabalho visa realizar a análise da capacidade de vagas do estacionamento da UTFPR Campus Ponta Grossa, por meio do auxílio da teoria de filas, e propor uma equação que indica o número de vagas necessárias para o local.

2. Referencial Teórico

Dentre as abordagens possíveis para encontrar princípios de solução, escolheu-se analisar sob o olhar dos Métodos Estocásticos, pois quando os autores cursaram a disciplina homônima durante sua graduação foi estudada a Teoria das Filas, que pode ser adaptada e aplicada para modelar o problema em questão e fornecer parâmetros e possíveis respostas.

A Teoria das Filas pode ser considerada um ferramental derivado da Teoria da Probabilidade Aplicada, com aplicabilidade em diversos ramos, devido a sua característica de envolver um tipo de serviço e um público alvo, bem como os modos, tempos e capacidades associadas. Ao se utilizar de indicadores chave, visa fornecer um panorama sobre as condições em que o sistema opera. (WILLING, A., 1999)

A teoria apresenta diferentes modelos de priorização no atendimento dos usuários, sendo os mais banais: FIFO (First In, First Out), LIFO (Last In, First Out), Serviço Aleatório (atendimentos em ordem aleatória), Round Robin (onde há um tempo de atendimento, caso não se solucione, pega-se a fila novamente) e Prioridade de Atendimento. (WILLING, A., 1999)

Ao analisar o estudo de caso no qual este artigo aborda, optou-se por utilizar a disciplina FIFO por esta melhor caracterizar o problema, pois os carros que chegam primeiro tendem a ser atendidos com uma vaga e, no caso de existirem múltiplas, a serem atendidos primeiro.

Ao apresentar diferentes modelos que servem a diversos propósitos, pode-se conceber que a aplicabilidade da teoria das filas é alta. De Lima *et al* (2015) faz sua aplicação em uma agência bancária e através de seus preceitos obteve princípios de solução que trariam melhorias para o tempo de espera dos clientes até o atendimento.

Já Koyama *et al* (2016) faz uso da teoria para tratar de um cruzamento de vias com um semáforo, variando os tempos entre aberto e fechado e vendo seu impacto nas filas e tempos de espera, sendo interessante sob o ponto de vista de ser uma situação que tende a acontecer no cotidiano.

Outro estudo que salienta ainda mais a abrangência da teoria é feito por Praia e Gomes (2013) que propõem a otimização através da teoria das filas na logística de recebimento dos uniformes da Marinha do Brasil, envolvendo ainda conceitos correlatos de Engenharia de Produção como Pesquisa Operacional, Logística e Cadeia de Suprimentos.

Como o caso em estudo envolve chegadas e tempos de atendimentos variáveis, optou-se pela utilização da Cadeia de Markov com Simulação de Monte Carlo para determinação destas variáveis pautada nos resultados obtidos através das observações realizadas no caso analisado por este artigo.

Como expõem Beheshti e Sukthankar (2015) a união entre esses dois métodos é amplamente utilizada para extrapolações de parâmetros de interesse de um processo a partir de dados adquiridos através de uma observação e apresenta diversos casos de sucesso em sua aplicação.

Baseando-se na teoria das filas e sabendo que cada veículo ocupa uma vaga no tempo em que fica estacionado, a quantidade de vagas necessárias em um estacionamento é definida pela quantidade de veículos que chegam (taxa de chegada) e a duração que os mesmos permanecem no local, descrita na equação a seguir.

$$\text{Número de Vagas Necessárias} = \lambda [\text{carros/min}] \times \text{Duração [min]}$$

Equação 1 - Número de Vagas Necessárias

Os autores deste notaram uma lacuna no que se refere à aplicação da teoria das filas para a análise de casos de estacionamentos e, dentro do escopo de pesquisa deste trabalho, não encontrou nenhum caso aplicado a um local destinado a parada de veículos cujas vagas não são delimitadas, sendo no caso analisado apenas uma área vazia com a presença de dois canteiros centrais.

3. Estudo do Caso:

Com o aumento de veículos no município comentado previamente e também o aumento no número de cursos e discentes da UTFPR campus Ponta Grossa notou-se também um aumento na circulação de veículos nas imediações do campus.

Tal situação de crescimento percebida no campus onde o espaço disponível para estacionamento dos discentes que antes era suficiente, atualmente além da insuficiência apresentada, episódios crescentes de manobras e escolhas impróprias de local se tornaram bastante comuns.

Quando o primeiro veículo entra e ocupa uma determinada vaga, temos a diminuição de uma vaga no total de vagas disponíveis, e assim sucessivamente até que não sobrem mais vagas. Quando isso acontece, os demais veículos adentram o local e saem em seguida em busca de uma vaga em algum local externo ao estacionamento.

Entretanto, como o espaço para circulação permite apenas um veículo e em horários de pico as taxas de chegada são altas, mesmo quando a capacidade do sistema é ultrapassada, existe a formação de fila para entrar e engarrafamentos internos entre as vias, piorados pelas ocasionais saídas e entradas das vagas.

Pelo fato do estacionamento dos discentes se tratar de um local que não apresenta a possibilidade de extensão do espaço destinado além de possuir chegadas, saídas e permanências variáveis, notou-se um case de estudo com apelo tanto prático, quanto acadêmico e social aos estudantes do referido campus e um possível estopim de outros trabalhos relacionados esperam os autores deste.

Percebeu-se ainda no local um comportamento análogo ao proposto por Da Silva (2015), pois medidas próprias foram tomadas por meio dos discentes, que iniciaram a se utilizar da via de acesso ao campus como um meio de mitigar os efeitos da falta de vagas no local designado ao estacionamento dos veículos dos estudantes. Fato este que vem piorando a qualidade do trânsito e do fluxo de veículos nos arredores.

Uma abordagem para encontrar uma solução pode ser elaborando um modelo matemático pautado na análise de capacidade por meio da Teoria das Filas e através dele propor uma solução que atenda a aparentemente simples necessidade: obter um maior número de vagas possíveis na área determinada.

Através dos dados de metragem, da planta baixa do local para estacionamento (Anexo 1) e dos dados coletados com relação à chegadas e saídas de veículos, projetou-se as variáveis do problema e chegou-se aos resultados apresentados a seguir.

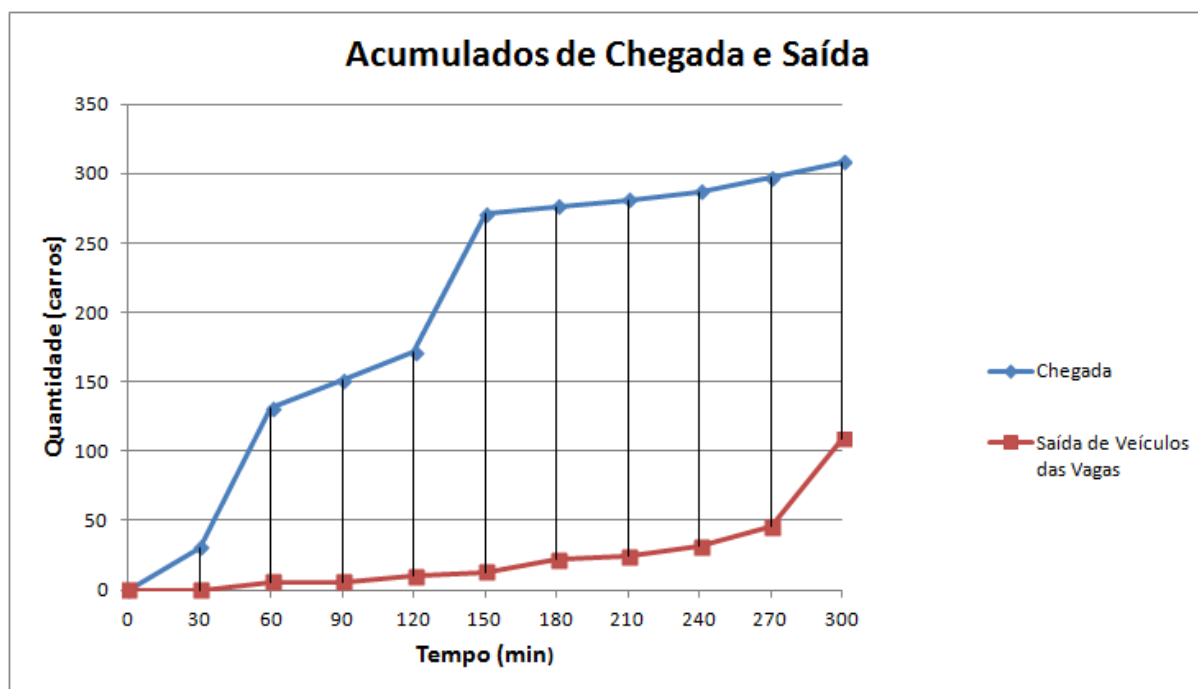
4. Resultados e Discussões:

Aplicando o método ao caso real da área reservada ao estacionamento de veículos dos discentes no campus Ponta Grossa da UTFPR, temos que os dados de chegada e saída de carros no estacionamento foram recolhidos a partir de observações no portão de acesso ao mesmo.

Os dados foram contabilizados através das médias de anotações que foram feitas nos locais de entrada e saída de veículos durante três dias, sendo dois deles dias comuns de atividade e um véspera de feriado, com um intervalo de medida adotado de trinta minutos, entre os períodos de 07:30 e 12:30.

Escolheu-se este intervalo de tempo por haver um aumento significativo nas chegadas de veículos nos minutos que antecedem as aulas com sua subsequente queda após meia hora do fim das aulas.

A partir das observações realizadas, o Gráfico 1 demonstra as chegadas e saídas acumuladas médias dos veículos no estacionamento dos discentes.



Fonte: Autoria Própria (2017)

Gráfico 1 - Acumulados de Chegada e Saída de Veículos no Estacionamento

Optou-se por utilizar os dados do Gráfico 1 para aplicação dos conceitos da teoria das filas, ou seja, sobre veículos que já estacionaram e deixam o estacionamento, disponibilizando vagas para próximos usuários. Calculou-se então a fila dos desistentes (L_q) para se determinar a quantidade de veículos que desejam estacionar mas não conseguem por falta de vagas. Os resultados são apresentados a seguir no Quadro 1.

Tempo (min)	Chegada (carros)	Chegada Acumulada (carros)	Saída das Vagas (carros)	Saída das Vagas Acumulada (carros)	L_q (carros)	Nº de Vagas Restantes
0	0	0	0	0	0	141
30	31	31	0	0	0	110
60	100	131	6	6	0	16
90	20	151	0	6	4	0
120	20	171	4	10	20	0
150	100	271	3	13	117	0
180	5	276	5	22	113	0
210	5	281	2	24	116	0
240	6	287	7	31	115	0
270	10	297	15	46	110	0
300	11	308	63	109	58	0

Fonte: Autoria Própria (2017)

Quadro 1 - Fila de Veículos que não Conseguem Estacionar

Percebe-se que o número de vagas no estacionamento não está sendo suficiente para atender a demanda de veículos. Através da Equação 1, referente a quantidade de vagas, irá se utilizar a

taxa de chegada dos veículos por unidade de tempo (λ). Ao observar o Quadro 1, percebe-se que as chegadas não são constantes, tornando as taxas variáveis a cada intervalo de tempo. Desse modo, para o estudo foi obtida uma taxa de chegada média de 1,0274, a qual é equivalente à quantidade total de veículos que chegaram divididas pelo período de tempo completo.

Como os alunos podem permanecer na faculdade o dia todo ou podem assistir a uma aula e ir embora, para obtermos a quantidade de alunos que permanecem na faculdade durante os intervalos de tempo foi observado todas as oportunidades de estarem presentes, por Cadeias de Markov, podendo ser vistas no Quadro 2.

Oportunidades dos alunos estarem em aula				Tempo de Duração (min)	Real	Probabilidade	Tempo X Probabilidade
8:20-10:00	10:20-12:00	13:50-15:30	15:50-17:30				
X				140	4	0,4	56
	X						
		X					
			X				
X				260	3	0,3	78
		X					
	X						
		X		470	2	0,2	94
	X						
		X		590	1	0,1	59
		X		Somatoria dos tempos das probabilidades			287

Fonte: Autoria Própria (2017)

Quadro 2 - Fila de Veículos que não Conseguem Estacionar

Para determinar a duração dos veículos no estacionamento foi utilizada a simulação de Monte Carlo. Observando o Quadro 1, os valores de duração a serem escolhidos poderiam ser 140, 260, 740 e 590, porém sabendo que somente se utiliza 40% de 140 minutos, e respectivamente, o valor mais adequado para ser utilizado seria 287, isto é, uma estimativa para o tempo médio de permanência de um usuário.

Com a Equação 1, podemos notar que no cenário atual, com uma taxa de chegada de 1,0274 e com uma duração de 287 minutos por carro estacionado, a quantidade de vagas necessárias para o estacionamento seria de 295 vagas.

Tendo essa quantidade, todos os carros que procurarem um local para estacionar iriam encontrar e, para isso, nota-se que praticamente é necessário dobrar a capacidade do estacionamento para satisfazer a demanda de carros atual.

Como há um amplo problema para estacionar diariamente na UTFPR, era esperado um resultado que demandasse muitas vagas, pois há um número muito grande de veículos que param no lado de fora da faculdade.

5. Sugestões de Melhorias

Observando a planta do estacionamento (ANEXO 1), nota-se que os carros nas laterais do local começam a parar 90°, após um determinado momento, começam a estacionar 180°, se delinear as vagas nas laterais todas em 90°, teríamos como Cenário 1 um acréscimo de 17 vagas no total do estacionamento.

Se ao invés de estacionar 90° ao redor dos canteiros, fossem estacionados à 45°, necessitaria de um espaço menor para a saída do veículo e com isso poderia acrescentar mais uma fileira ao meio dos canteiros, sendo o Cenário 2 um acréscimo de 24 vagas.

Ao fundo do local e levando em consideração a mesma lógica descrita acima, poderíamos acrescentar mais duas fileiras ao centro, totalizando em 6 fileiras entre o ultimo canteiro e o fundo, obtendo o Cenário 3 de um acréscimo de 20 vagas.

O Cenário 4 seria aplicar todas as melhorias escritas acima, e com isso, teríamos um aumento de 61 vagas e sendo o melhor cenário dentre os propostos. A seguir é colocado um quadro comparativo entre todas as sugestões de cenário e suas respectivas reduções na fila de veículos que não conseguiram vaga.

Sugestão	Acréscimo (Carros)	Lq _{máx} Formada (Carros)	Redução na Fila (%)
Atual	0	117	
1	17	100	14,53
2	20	97	17,09
3	24	93	20,51
4	61	56	52,14

Fonte: Autoria Própria (2017)

Quadro 3 - Redução das filas nos Cenários Propostos

Caso a melhor proposta seja aceita, isto é, se o Cenário 4 for implementado o problema será reduzido em 52,14%, um número relativamente bom se compararmos com a primeira sugestão que haveria uma redução de 14,53%, porém insatisfatório se analisado sob a perspectiva dos alunos que tem de recorrer a locais externos e potencialmente perigosos para estacionar seus veículos.

Como o espaço é delimitado e não é possível o aumento do mesmo, as medidas cabíveis a serem tomadas considerando um menor gasto de recursos seriam essas, o que como se observou não irá solucionar o problema, apenas fornecer um alívio da situação.

6. Considerações Finais

Considera-se que a abordagem da Teoria das Filas para a análise do caso em questão foi positiva, fornecendo tanto uma perspectiva valiosa tanto para um melhor entendimento da situação atual quanto uma base para a prospecção de possíveis cenários futuros de expansão de capacidade.

Analisando os casos propostos sob o ponto de vista dos discentes a melhor resolução seria através do Cenário 4, pois iria fornecer o maior número de vagas extras aos usuários. Entretanto, compreende-se que tal ampliação seria também a mais custosa e talvez inviável perante o momento atual.

Uma solução avaliada como aplicável é a união das proposta do Cenário 1 e Cenário 2, pois podem auxiliar a mitigar o problema de capacidade e serem alcançadas com um menor investimento de recursos financeiros.

Houve uma surpresa dos autores com relação à proporção de aumento de vagas que seria necessária, pois dobrar a quantidade de vagas a oferecer ultrapassou as estimativas iniciais, bem como o número de veículos que circulam pelo local, maior também que o esperado.

Propõe-se para novos trabalhos uma coleta de dados em um período maior e com intervalos de tempo menores entre as medições, de modo a compreender melhor o comportamento das variáveis e captar melhor sazonalidades mais sutis que os dados possam apresentar, assim refinando o modelo utilizado e permitindo uma aproximação maior com a realidade.

Instiga-se também um estudo para determinar uma projeção da necessidade futura de vagas relacionando os percentuais de alunos com veículos próprios à variação no número de alunos da instituição, com base nas novas turmas abertas e os alunos concluintes e desistentes. Entende-se que este deveria ser um dos valores norteadores no planejamento de ampliação das vagas.

Por fim e baseado tanto nos valores quanto nas experiências vividas e relatadas aos autores, acredita-se que um meio acentuadamente barato, simples e rápido de mitigar grande parte dos problemas seria a demarcação de vagas no estacionamento. Além de aumentar a capacidade ao padronizar os tamanhos, facilita a identificação da vaga pelo motorista e evita partes dos transtornos decorrentes de locais que impedem ou reduzem o número de vagas.

Referências

BEHESHTI, Rahmatollah; SUKTHANKAR, Gita. “A hybrid modeling approach for parking and traffic prediction in urban simulations”. *AI & society*, v. 30, n. 3, p. 333-344, 2015.

COSTA, L. C. “Teoria das Filas”. Apostila utilizada na UFMA, na disciplina Teoria das filas e simulação em 2015.

CRUZ, F. C. “Caracterização da satisfação dos usuários do sistema municipal de estacionamento rotativo através da aplicação do modelo ECSI.”, artigo publicado em 2014.

DE LIMA, Vitor Costa et al. “Aplicação da teoria das filas em serviços bancários/Application of queuing theory in banking”. *Revista Produção Online*, v. 16, n. 1, p. 210, 2016.

DETRAN. “Frota de veículos por Tipo e Município.” Disponível em: <<http://www.detran.pr.gov.br/modules/catasg/servicos-detalhes.php?tema=detran&id=469>>. Acesso em: 12 ago. 2017

KLAPPENECKER, A.; LEE H.; Welch, J. L. “Finding available parking spaces made easy”. *Ad Hoc Networks* 12 (2014): 243-249.

KOYAMA, Eduardo Shigueru; GONÇALVES, Ieda Barreto; CHIN, Shih Yung. “Aplicação de teoria das filas em uma interseção de ruas e proposta de implantação semafórica”, artigo publicado em 2016.

PRAIA, Carlos Ribeiro; GOMES, Carlos Francisco Simões. “Modelagem do processo de recebimento de uniformes da Marinha do Brasil: um estudo de caso através de simulação computacional”. Rio de Janeiro. XVI SPOLM, 2013.

SILVA, D. M. M. “A oferta de estacionamento e a escolha modal. Caso de estudo: Pólo da Asprela.”, artigo publicado em 2015.

WILLIG, A. “A short introduction to queueing theory.” Technical University Berlin, Telecommunication Networks Group 21 (1999).

