

## A DEMANDA DE ESTACIONAMENTO PARA CARGA E DESCARGA EM CIDADES HISTÓRICAS: O CASO DE SÃO JOÃO DEL REI-MG

**Kaique Osório**

**Roberta Alves**

**Renato da Silva Lima**

Universidade Federal de Itajubá

Instituto de Engenharia de Produção e Gestão

**Wilfredo Yushimito**

**Jose Holguín-Veras**

Rensselaer Polytechnic Institute (RPI)

Center for Infrastructure, Transportation, and the Environment

### RESUMO

O objetivo deste estudo é quantificar a demanda de estacionamento para carga e descarga na região central de São João Del Rei, uma cidade histórica do estado de Minas Gerais, utilizando modelos de geração de viagens. Para gerar os modelos, o número de funcionários é utilizado como a variável independente dos modelos. Como resultado, é demonstrado que a região recebe aproximadamente 710 viagens por dia, o que exigiria pelo menos 43 espaços para carga e descarga de mercadorias. Como a região tem apenas oito desses espaços disponíveis (apenas 18% da demanda total), este estudo propõe novos locais e sugere medidas de gestão de demanda que poderiam ser utilizadas em conjunto com a implantação de novas vagas de estacionamento.

### ABSTRACT

The objective of this study is to quantify the demand for parking for loading and unloading in the central region of São João Del Rei, a historical city of Minas Gerais state, using travel generation models. To generate the models, the number of employees is used as the independent variable of the models. As a result, it is shown that the region receives approximately 710 trips per day, which would require at least 43 spaces for loading and unloading goods. As the region has only eight of these spaces available (only 18% of total demand), this study proposes new locations and suggests demand management measures that could be used in conjunction with the deployment of new parking spaces.

### 1. INTRODUÇÃO

Jokiletho, (2002) define cidade histórica como aquela portadora de um núcleo central ou centro histórico, compreendido como um espaço vivo, em constante transformação, no qual as marcas da passagem do tempo se fazem presentes em construções que expressam valores históricos e estéticos. As edificações, as tradições, monumentos históricos e formas de vida ali presentes tornam-na singular. Essa singularidade, por sua vez converte-se em um atrativo para a visitação turística, por isso, são lugares sujeitos a políticas especiais, destinadas a mitigar os resultados negativos que a atividade turística pode acarretar (Alves *et al.*, 2019).

Os centros históricos apresentam problemas específicos de mobilidade e acessibilidade devido a fatores como: (i) o crescimento radial das ruas da cidade que saem do centro histórico, o que contribui para o tráfego local que atravessa o centro histórico; (ii) características especiais do traçado urbano que o diferenciam do resto da cidade por ser estreito e tortuoso; (iii) grande concentração de atividades administrativas e comerciais (Alves *et al.*, 2019). Muitas dessas características surgiram no contexto de uma cidade cujos deslocamentos eram a pé ou tração animal e geralmente não adequada para o transporte motorizado. A qual não consegue acompanhar o grande crescimento de circulação de pessoas e veículos.

A soma da visitação turística mais as características peculiares e o número crescente de circulação de pessoas e veículos dos centros históricos dificultam a entrega de mercadorias

nesses locais. Os motoristas de veículos de carga ao tentarem realizar suas entregas, são particularmente afetados pelas restrições locais, pela falta de vagas de estacionamento e, com frequência, pela falta de políticas públicas de estacionamento que reconheçam suas necessidades específicas (Navarro *et al.*, 2016). Assim, é importante a realização de pesquisas que proponham medidas para mitigar os problemas decorrentes da atividade de carga e descarga e auxiliem os planejadores urbanos na implantação de políticas públicas de transporte urbano de mercadorias, respeitando as características históricas do local.

Nesse contexto, o objetivo deste trabalho é quantificar a demanda de vagas de carga e descarga da região central de São João Del Rei, cidade histórica de Minas Gerais, através da utilização de modelos de geração viagens. De posse dos modelos, pretende-se verificar a carência de vagas para carga e descarga na região central da cidade e, com isso, analisar possíveis soluções que possam mitigar o problema, auxiliando os gestores públicos na melhoria mobilidade urbana em cidades históricas.

## 2. TRANSPORTE URBANO DE MERCADORIAS EM CIDADE HISTÓRICAS

À medida que as cidades crescem, problemas como a falta de estacionamento se tornam mais evidentes. Diante desse cenário, alguns dos principais governos locais e regionais de cidades históricas de todo o mundo começaram a fazer mudanças significativas em suas políticas de estacionamento, que afetaram o crescimento econômico das cidades, ao mesmo tempo em que beneficiaram o meio ambiente e a qualidade de vida das suas comunidades. Essas políticas de estacionamento variam desde a aplicação da lei de estacionamento (áreas restritas, restrições de tempo e número limitado de vagas disponíveis) a ações mais inovadoras (sistemas de orientação de estacionamento, entregas noturnas, centros de distribuição urbanos, entre outros). No Brasil, estudos sobre o transporte urbano de cargas em cidades históricas são recentes enquanto na Europa já foram propostas medidas para reduzir os problemas de transporte urbano de cargas em cidades históricas por algum tempo (Dezi *et al.* 2010; Duin *et al.*, 2016; Navarro *et al.*, 2016). Um resumo das medidas estudadas para cidades históricas é apresentado na Tabela 1.

**Tabela 1:** Resumos das principais medidas estudadas para cidades históricas

Medidas	Autores
Centros de Consolidação Urbanos (CCU)	(SWAMY e BAINBUR, 2014); (ROS-MCDONNELL <i>et al.</i> , 2018); (NOCERA e CAVALLARO, 2017); (ANTÚN <i>et al.</i> 2016); (MORGANTI e GONZALEZ-FELIU, 2015); (DUIN <i>et al.</i> , 2016); (SCHILWA <i>et al.</i> , 2015)
Implantação de vagas de carga e descarga	(SWAMY e BAINBUR, 2014); (DEZI <i>et al.</i> 2010); (ROS-MCDONNELL <i>et al.</i> , 2018); (ANTÚN <i>et al.</i> , 2010); (ANTÚN <i>et al.</i> 2016)
Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS)	(SWAMY e BAINBUR, 2014); (MARCIONI <i>et al.</i> , 2016); (MAŁECKI <i>et al.</i> , 2014). (MARCIONI E COSSU, 2014); (PINO <i>et al.</i> , 2014)
Entregas Noturnas (OHD)	(MARCUCCI e GATTA, 2017)
Uso de Veículos Elétricos	(SWAMY e BAINBUR, 2014); (Navarro <i>et al.</i> , 2016); ( ; (ANTÚN <i>et al.</i> 2016); (Schliwa <i>et al.</i> , 2015); (Foltyński, 2014)
Corredores de Carga para acesso à áreas centrais	(SWAMY e BAINBUR, 2014); (ROS-MCDONNELL <i>et al.</i> , 2018); (ANTÚN <i>et al.</i> 2016);
Cross-docking	(PINO <i>et al.</i> , 2014)

A maior parte dos trabalhos demonstrados na Tabela 1 utiliza medidas como CCU, ITS e veículos elétricos para tentar mitigar os problemas de transporte urbano de mercadorias em cidades históricas. Entretanto, a dependência de incentivos fiscais para implantação e manutenção de um CCU e de investimentos financeiros para a criação e atualização de novas tecnologias para ITS e motores elétricos podem fazer com que essas medidas cessem seu funcionamento ao longo do tempo.

Aumentar a capacidade de estacionamento para cargas e descarga pode ser uma alternativa eficiente para reduzir os problemas de transporte urbano de cargas em cidades históricas. Ros-Mcdonnell *et al.*, (2018) afirmam que a implantação de vagas de estacionamento pelas autoridades públicas pode reduzir o tempo de procura de locais para estacionar e descarregar mercadorias, bem como o congestionamento em áreas urbanas. No entanto, segundo Alho *et al.*, (2016), a falta de técnicas e estudos para o planejamento e implantação dessas vagas de estacionamento tem levado os planejadores urbanos a implantar vagas de carga e descarga de forma empírica, sem nenhum estudo, ou ainda através da experiência de outras cidades. Pino *et al.*, (2014) relata que em cidades históricas somente 10 % do total de vagas de estacionamento disponíveis chegam a ser reservadas para carga e descarga de mercadorias. Aliado a esse fator, cerca de 80 % dessas vagas são frequentemente utilizados por veículos particulares, criando grandes problemas de tráfego local e aumentando o risco de acidentes.

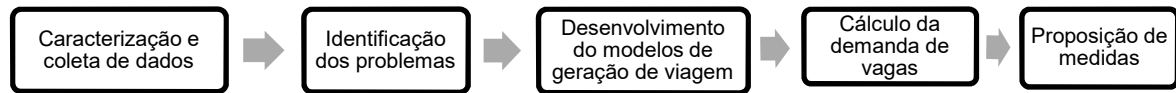
Ainda de acordo com Alves *et al.*, (2019), outro fator agravante é a falta de dados que retratem a demanda de estacionamento produzida pela atividade de transporte urbano de mercadorias. Isso, por sua vez, impede que os planejadores municipais tenham uma ideia clara e precisa sobre a magnitude do problema. Sem esse conhecimento, não é possível definir soluções adequadas para o problema da falta de vagas de estacionamento. Isso pode ser feito por meio dos modelos de geração de viagens (*Freight Trip Generation-FTG*). Para Alho *et al.*, (2016), esses modelos têm o potencial de caracterizar os fluxos de carga em um ambiente urbano e podem auxiliar no dimensionamento de sua infraestrutura contribuindo para redução dos impactos negativos das operações de transporte urbano de mercadorias. Nesse contexto, esta pesquisa desenvolve modelos FTG para calcular a demanda de estacionamento para e carga e descarga de mercadorias na cidade histórica de São João Del Rei-MG. Fornecendo por fim, uma sugestão para alocação da nova demanda de vagas na região central da cidade. Juntamente a medidas que possam diminuir a demanda por vagas de carga e descarga.

### 3. METODOLOGIA

Os dados utilizados nesta pesquisa foram coletados por meio de entrevistas na região central de São João Del Rei- MG, devido principalmente à aglomeração de empresas que provêm empregos, produtos e serviços para a população da cidade e a característica histórica das ruas da área central. Esses fatores fazem do fornecimento nesta região, um desafio particular para o bom funcionamento de todo o organismo urbano.

A metodologia desenvolvida durante a pesquisa teve como referência o guia publicado pela National Cooperative Freight Research Program (NCFRP 033) (Holguín-Veras *et al.*, 2015), o qual orienta estudos no âmbito de transporte urbano de mercadorias. Este guia ressalta a importância de se realizar estudos para obter informações detalhadas do transporte de mercadorias, pois, segundo os autores, somente assim é possível avaliar com precisão os problemas do transporte urbano de mercadorias e propor soluções para estes. As etapas da pesquisa são apresentadas na Figura 1.

Inicialmente, foram coletados dados de 152 empresas e para realizar a análise dos dados classificou-se as empresas em setores econômicos, de acordo com os produtos que elas comercializam (Tabela 2).



**Figura 1:** Etapas da metodologia

**Tabela 2:** Classificação das empresas

Classificação	Grupo	Quantidade	%
A	Alimentício (supermercado, restaurantes, lanchonetes e Bares)	47	31%
B	Eletrônicos e Informática	6	4%
C	Farmácia e Perfumarias	9	6%
D	Produtos agropecuários e Construção Civil	10	7%
E	Moveleiro/decoração/eletrodomésticos	13	9%
F	Vestuário, calçados, cama mesa e banho	54	36%
G	Diversos (Óticas, embalagens, presentes, Papelaria, bijuterias)	13	9%
Total		152	100%

Com essas entrevistas, foram levantados os dados sobre os fluxos de abastecimento dos estabelecimentos e os principais problemas enfrentados no recebimento de mercadorias (Alves *et al.*, 2019). O principal problema evidenciado foi à falta de vagas de estacionamento para a carga e descarga de mercadorias. Para investigar esse problema foram desenvolvidos modelos FTG para definir qual o número de viagens que a região estudada recebe diariamente.

#### 4. MODELAGEM

Em termos gerais, modelos lineares e não lineares foram estimados, pois segundo a revisão de literatura, são os que apresentam os melhores resultados de modelagem (Alho *et al.*, 2016; Campbell *et al.*, 2018; Holguín-Veras *et al.*, 2015; Marciano *et al.*, 2016). Como resultado, embora as atividades de frete sejam influenciadas por inúmeros fatores econômicos e decisões logísticas, após análises estatísticas de correlação e comparação entre as variáveis emprego, área e edificação de cada empresa, optou-se por desenvolver os modelos tendo a variável emprego como variável independente. As formas funcionais desses modelos são apresentadas nas Eqs. (1) e (2). A técnica estatística utilizada para desenvolvimento dos modelos foi a regressão linear simples, bem como de Mínimos Quadrados Ordinários (OLS) e MQO ponderados (WLS) para ajuste dos mesmos. Dependendo da significância estatística dos parâmetros, o modelo final poderia ter uma forma reduzida dos originais.

$$FTG = \alpha + \beta x \quad (1)$$

Onde  $\alpha$  é o parâmetro estimado, que representa a taxa constante de viagens e  $x$  representa a variável usada no modelo. Para o caso deste projeto, essa variável é o número total de funcionários equivalentes em tempo integral.

$$FTG = \alpha + \beta \ln(x) \quad (2)$$

Onde  $\alpha$  é o parâmetro estimado que representa a taxa constante de viagem e  $x$  representa o número total de empregados equivalentes em tempo integral.

Os melhores modelos lineares e logarítmicos obtidos são apresentados nas Tabelas 3 e 4, respectivamente.

Para cada modelo são apresentados os testes estatísticos ( $R^2$ , teste-t e p-valor), o nível de confiança estatístico utilizado foi de 95 % para todos os modelos, exceto para os modelos desenvolvidos para os Grupos B e D (Eletrônicos e Produtos agropecuários e Construção Civil). Nesses Grupos, os dados utilizados para o desenvolvimento dos modelos se mostraram melhores para validação quando analisados em conjunto e para um nível de significância estatística de 90%.

**Tabela 3: Modelos de geração de viagens lineares (#viagens por dia).**

Grupo	$\alpha$	t-stat	$\beta$	t-stat	R <sup>2</sup>	Adj R <sup>2</sup>	F-stat	# Obs
A	-	-	0,232	8,58	0,63	0,62	73,63	44
B	-	-	0,227	5,27	0,87	0,84	27,78	5
C	-	-	0,714	2,76	0,49	0,42	7,6	9
D	-	-	0,043	1,61**	0,18	0,11	2,59	13
E	-	-	0,184	3,29	0,55	0,50	10,83	10
F	-	-	0,109	7,87	0,55	0,54	61,68	51
G	-	-	0,285	2,62	0,46	0,40	6,89	9

\*Significância estatística a 10%, \*\*significância estatística a 20%, todos os restantes são significantes a 5% ou menos

**Tabela 4: Modelos de geração de viagens logarítmicos (#viagens por dia).**

Grupo	$\alpha$	t-stat	$\beta$	t-stat	R <sup>2</sup>	Adj R <sup>2</sup>	F-stat	# Obs
A	-	-	1,059	7,81	0,59	0,58	61,01	44
B	-	-	0,577	1,97**	0,49	0,37	3,88	5
C	-	-	2,194	2,71	0,48	0,41	7,33	9
D	-	-	0,356	2,73	0,38	0,33	7,46	13
E	-	-	0,647	2,9	0,48	0,43	8,4	10
F	-	-	0,353	7,56	0,53	0,52	57,16	51
G	-	-	1,050	2,33	0,40	0,33	5,43	9

\*Significância estatística a 10%, \*\*significância estatística a 20%, todos os restantes são significantes a 5% ou menos

Pode-se notar que os melhores modelos não possuem um parâmetro de taxa constante e, com exceção do Grupo D, o modelo linear possui altos valores de R<sup>2</sup>, que representa o ajustamento de um modelo estatístico linear generalizado, variando entre 0,40 e 0,63, valores similares ao obtidos em outros estudos semelhantes. Como pode ser observado na tabela 04, os modelos logarítmicos não são melhores que os modelos lineares, exceto para o Grupo D, onde o R<sup>2</sup> melhora e observa-se que o valor é o dobro do obtido por modelos lineares (0,38). Através da análise do coeficiente de determinação R<sup>2</sup>, constata-se que os modelos desenvolvidos apresentaram uma correlação moderada (até 0,7).

## 5. CÁLCULO DA DEMANDA POR VAGAS DE ESTACIONAMENTO

Para avaliar as necessidades de estacionamento do FTG, foi realizada uma nova coleta de dados, através de visita in loco às 625 empresas da região estudada. Após a coleta de dados, o número de viagens atraídas foram estimadas utilizando seu número de funcionários através dos melhores modelos gerados. Vale ressaltar que as estimativas do modelo assumem que a demanda de cada receptor resulta em uma viagem de caminhão. Na realidade, isso pode não ser sempre o caso, pois um caminhão pode atender a mais de um receptor por viagem. Essa dinâmica não é contabilizada nesta análise, pois é difícil determinar esse número de entregas onde essa sobreposição ocorre. Portanto, neste caso, estamos modelando o pior cenário de cada entrega, resultando em uma viagem de caminhão separada.

A aplicação dos modelos FGT, levando em consideração a Lei Municipal (Nº 2.487), que proíbe a circulação desses veículos nas áreas centrais da cidade, indicou que o tráfego total de viagens atraídas no centro comercial de São João Del Rei é composto por 710 viagens diárias. A Tabela 5 demonstra a distribuição dessas viagens entre os horários do dia, levantados durante as entrevistas.

Em termos da quantidade de tempo estacionada em um determinado local, levantou-se durante as entrevistas que os veículos de carga de pequeno porte (*pick-up*/van/caminhonete) e de médio porte (VUC), ao realizarem suas entregas, ocupam o espaço por um período médio de 0,5 e 1,25

horas respectivamente. Para analisar os impactos no tempo de duração de estacionamento dos veículos e o número de quantidade de vagas necessárias para carga e descarga, foi realizada uma análise de sensibilidade considerando a distribuição das viagens ao longo do dia e o tempo de duração de estacionamento mencionados acima, segundo sua distribuição exponencial. A Tabela 6 apresenta os impactos das mudanças na duração do estacionamento dos veículos. O número de vagas/hora necessário é destacado no período crítico em que ele acontece: sempre no período da manhã.

**Tabela 5:** Porcentagem de entregas por horário e por tipo de veículo

	08h00- 11h59	12h00- 15h59	16h00- 19h59	Noturno
Pickup/van/ caminhonete	15%	13%	11%	1%
VUC	13%	12%	9%	1%
Toco	9%	8%	7%	1%
<b>Total</b>	<b>37%</b>	<b>33%</b>	<b>27%</b>	<b>3%</b>

**Tabela 6:** Total de viagens por período do dia e demanda total de estacionamento

Horário	Viagens/dia	% do total viagens/h	Veículos/h	Mínimo		Real		Máximo	
				tempo estac (h)	vagas/h	tempo estac (h)	vagas/h	tempo estac (h)	vagas/h
08h00-11h59	218,91	9,25%	24,30	0,25	6,08	0,50	12,15	1,00	24,30
				0,62	15,07	1,25	30,38	2,50	60,75
12h00-15h59	195,24	8,25%	19,33	0,25	4,83	0,50	9,66	1,00	19,33
				0,62	11,98	1,25	24,16	2,50	48,33
16h00-19h59	159,74	6,75%	12,94	0,25	3,23	0,50	6,47	1,00	12,94
				0,62	8,02	1,25	16,18	2,50	32,35
Noturno	17,75	0,75%	0,16	0,25	0,04	0,50	0,08	1,00	0,16
				0,62	0,10	1,25	0,20	2,50	0,40
<b>Total</b>	<b>709,98</b>			<b>Número de vagas necessárias</b>		<b>43</b>			

Podemos observar na Tabela 6 que as necessidades de vagas para carga e descarga são fortemente influenciadas pela duração média do estacionamento. Essencialmente, quanto maior a duração, mais vagas de carga e descarga são necessárias. Este resultado, aparentemente óbvio, tem importantes implicações políticas para a localização e alocação de vagas de estacionamento em ambientes urbanos. Como evidenciado por Campbell *et al.*, (2018), a duração do estacionamento é influenciada pelo tempo gasto andando do veículo para o cliente (e vice-versa). Dessa forma, quanto menor à distância veículo-cliente, menor a duração do estacionamento e menor a quantidade de vagas de carga e descarga necessárias. Além disso, a oferta de estacionamento existente alocada para o uso de veículos de carga é insuficiente. Atualmente a região conta com apenas 08 vagas de carga descarga e tem uma demanda de 43 vagas/hora em períodos de pico como o da manhã, faltando assim 35 vagas para atender sua demanda total. A Figura 2 demonstra a distribuição da demanda, oferta e necessidade de vagas/hora na região.

Para avaliar os impactos da distância sobre a ocupação das 08 vagas de carga existentes na região (destacados e numerados em verde na primeira parte da Figura 2) e os locais de maior concentração de entregas (destacados e numerados em vermelho na primeira parte da Figura 2), foi realizada uma simulação com base na distância entre cada vaga de carga e descarga e os pontos de demanda mais próximos. Para fins de cálculo da ocupação das vagas pelos veículos *Pickup/Van/Caminhonete* e *VUC*, os tempos de caminhada de cada um das 08 vagas de carga até os estabelecimentos foram calculados usando a distância entre as vagas existentes e as regiões de maior concentração de entregas, considerando uma velocidade de deslocamento de

1,4 metros/segundo, assim como em Campbell *et al.*, (2018). Se interseções tiverem que ser cruzadas, um tempo de espera de 1 min/interseção é adicionado. O tempo de preparação no veículo, associado ao carregamento/descarregamento/embalagem e o tempo necessário para fazer uma entrega são ambos presumidos como 10 minutos cada. Os resultados dessa simulação são aprestandos na Tabela 7.

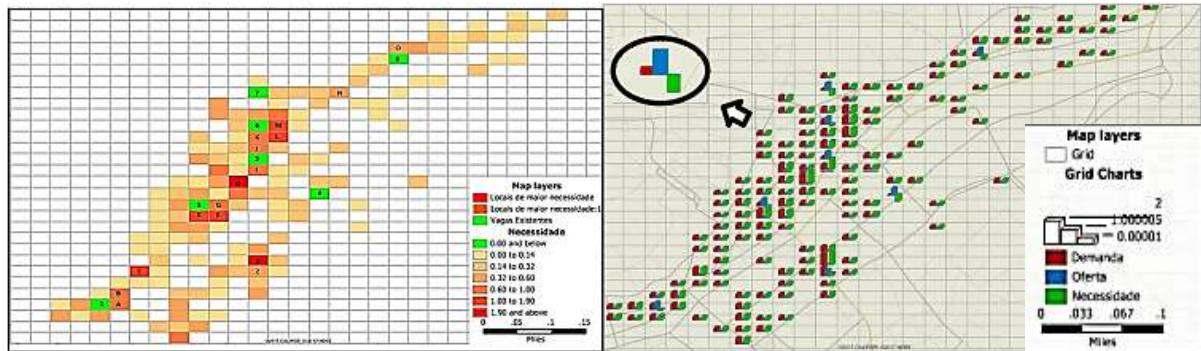


Figura 2: Distribuição da necessidade de vagas para carga e descarga na região

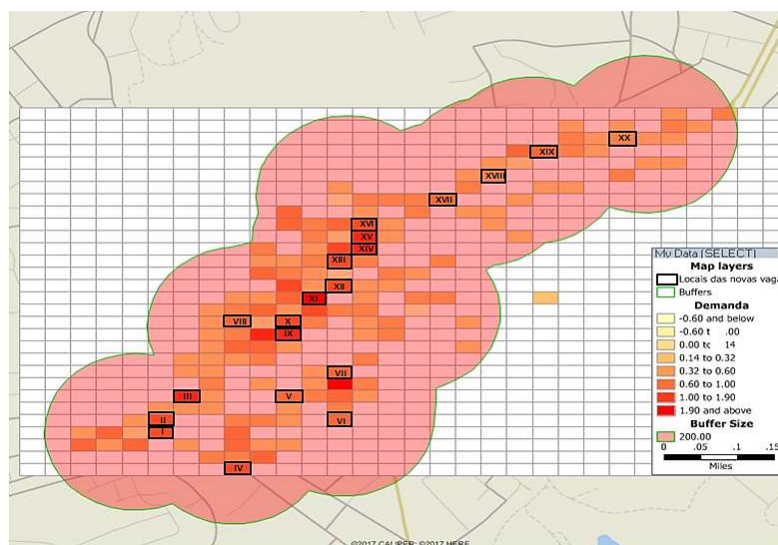
Tabela 7: Tempo de ocupação das vagas

Vaga	Local	Distância (metros)	Nº de Intercessões	Tempo de caminhada (min)	Ocupação da vaga Pickup/Van/Caminhonete (min)	% aumento	Ocupação da vaga VUC (min)	% aumento
1	A	57,13	0	20,68	50,68	68,93%	95,68	27,57%
	B	58,80	0	20,70	50,70	69,00%	95,70	27,60%
	C	143,77	1	22,71	52,71	75,71%	97,71	30,28%
2	D	34,66	0	20,41	50,41	68,04%	95,41	27,22%
3	E	31,55	1	21,38	51,38	71,25%	96,38	28,50%
	F	65,65	1	21,78	51,78	72,61%	96,78	29,04%
	G	57,11	1	21,68	51,68	72,27%	96,68	28,91%
	H	116,43	2	23,39	53,39	77,95%	98,39	31,18%
4	I	179,55	2	24,14	54,14	80,46%	99,14	32,18%
5	J	34,80	0	20,41	50,41	68,05%	95,41	27,22%
6	K	31,49	2	22,37	52,37	74,58%	97,37	29,83%
	L	60,91	2	22,73	52,73	75,75%	97,73	30,30%
	M	53,93	1	22,64	52,64	75,47%	97,64	30,19%
7	N	195,09	3	25,32	55,32	84,41%	100,32	33,76%
8	O	33,14	0	20,39	50,39	67,98%	95,39	27,19%

Os resultados obtidos através da simulação do tempo de entrega para veículos Van/Pickup/Caminhonete e VUC, indicam que a distância de caminhada entre as vagas de carga e descarga e os locais de maior concentração das entregas também exercem uma forte influência na ocupação das vagas existentes na região, pois, aumentam o tempo de entrega para esses veículos. Como observado na Tabela 7, para veículos de pequeno porte como *pick-ups*, vans e caminhonetes o aumento do tempo de ocupação das vagas pode chegar até 84%. Já para veículos de médio porte como os VUC's, esse aumento do tempo de ocupação pode chegar a 33%. Os maiores impactos estão nos casos em que as vagas de carga e descarga estão mais distantes, como no caso de abastecimento do local N pela vaga 7. Observa-se, portanto, a necessidade de abertura de novas vagas de carga e descarga necessárias próximas às regiões de maior concentração de entregas. Como observado durante as entrevistas, os interesses dos estabelecimentos localizados na região estão alinhados com este objetivo.

## 6. PROPOSTA DE LOCALIZAÇÃO DAS VAGAS DE ESTACIONAMENTO

Calculada a demanda de vagas de carga e descarga/hora e sua distribuição espacial ao longo da região estudada, parece factível que sejam implantadas mais vagas de carga e descarga de mercadorias para atender os estabelecimentos da região. Entretanto, como se trata de uma região histórica, algumas ruas não comportam a implantação de vagas de carga e descarga devido às suas dimensões, que têm capacidade apenas para a circulação de um veículo. Assim, foi realizada uma proposta para localização das novas vagas, levando-se em consideração a demanda de vagas para carga e descarga das áreas onde ocorre o maior número de entregas e as ruas que não comportam vagas de estacionamento devido a sua dimensão, para que houvesse uma maior ocupação das vagas implantadas. Para isso, agregaram-se os pontos de menor demanda por vagas e de ruas históricas, demonstradas pelas cores mais claras na Figura 3, aos locais de maior demanda por vagas, destacados e numerados em cores mais escuras na mesma figura, para que as novas vagas obtivessem uma maior taxa de ocupação de vagas/hora. O local de implantação das novas vagas, seu ponto de referência e a quantidade de vagas a serem implantadas são apresentados na Tabela 8. Observa-se que as novas vagas de carga e descarga para região central de São João Del Rei, podem ser alocadas em 20 locais dispersos pela região, os quais recebem o maior número de entregas e podem demandar de 1 até 4 vagas de estacionamento. Para verificação da cobertura de atendimento dessas vagas na região e validação da proposta realizada neste estudo, a Figura 3 indica também a cobertura dessas áreas considerando, assim como em Loureiro *et al.* (2015), uma distância de caminhada de até 200 metros para realização da entrega,.



**Figura 3:** Locais de implantação das novas vagas de carga e descarga e área de cobertura

Como verificado na Figura 3, a implantação das novas vagas nessas regiões tem o potencial para atender a todos os estabelecimentos da região, exceto para uma empresa que está localizada em uma região mais distante da região central. Esse estabelecimento apresenta uma baixa demanda por vagas (0,19 vagas/hora) e foi um dos estabelecimentos a relatar, durante as entrevistas, que não enfrenta grandes dificuldades para realizar seu abastecimento. Desta forma, a implantação de uma vaga de carga e descarga nessa região parece não ser viável, pois a mesma poderia ficar em até 81% do tempo ociosa e atenderia somente a um estabelecimento. Pode ser observado também que as áreas de cobertura das vagas de carga e descarga (novas e existentes) se sobrepõem. Isso por sua vez, pode fazer com que os motoristas utilizem as vagas de carga e



descarga de outras localidades caso a vaga mais próxima esteja ocupada no momento da entrega, aumentando assim a disponibilidade de vagas.

**Tabela 8:** Ponto de referência e quantidade de vagas

Local das vagas	Ponto De Referência	Nº de vagas a serem implantadas	Local das vagas	Ponto De Referência	Nº de vagas a serem implantadas
I	Praça Três Heróis da Febe, nº 99	1	XI	Avenida Presidente Tancredo Neves, nº 137	1
II	Avenida General Ozorio, nº 50	1	XII	Avenida Presidente Tancredo Neves, nº 183	3
III	Praça Tamandaré, nº 154	2	XIII	Avenida Presidente Tancredo Neves, nº 241	1
IV	Avenida Tiradentes, nº 807	1	XIV	Praça do Coreto	4
V	Avenida Tiradentes, nº 670	3	XV	Avenida Presidente Tancredo Neves, nº 333	2
VI	Rua Doutor Balbino Da Cunha, nº 19	1	XXVI	Rua Amélio Ribeiro Guedes, nº 27	2
VII	Avenida Tiradentes, nº 530	3	XVII	Avenida Presidente Tancredo Neves, nº 509	1
VIII	Rua Arthur Bernardes, nº 30	2	XVIII	Avenida Presidente Tancredo Neves, nº 635	1
IX	Avenida Presidente Tancredo Neves, nº 191	2	XIX	Praça Raul Soares, nº 49	1
X	Avenida Presidente Tancredo Neves, nº 61	2	XX	Praça Raul Soares, nº 95	1

## 7. APLICAÇÃO DE INICIATIVAS DE GESTÃO DE DEMANDA DE TRÁFEGO E DICUSSÃO DOS RESULTADOS

Uma maneira de reduzir a carência de vagas para carga e descarga é reduzir o tráfego de veículos usando iniciativas de Gestão de Demanda de Tráfego (GDT). De acordo com Holguín-veras *et al.*, (2015), as iniciativas de GDT procuram induzir mudanças de comportamento nos geradores de demanda para aumentar a sustentabilidade do tráfego criado. Esse conceito reconhece o papel desempenhado pelos receptores e, conseqüentemente, procura mudar sua demanda para reduzir as externalidades produzidas pelo tráfego associado (Campbell *et al.*, 2018).

As iniciativas de GDT consideradas neste estudo foram: 1) Programa de Consolidação liderado pelo receptor (para reduzir o número de entregas que chegam a um determinado local); 2) Programas de entregas escalonadas (para distribuir a demanda as entregas são estrategicamente distribuídas ao longo das horas de trabalho) e; 3) entrega de horários fora do expediente (alternando as entregas para o horário de folga, das 19h às 6h). Essas iniciativas podem levar à redução do tráfego do transporte urbano de mercadorias, pois visam diminuir o número total de veículos de carga que entram na região e auxiliam na amenização dos problemas enfrentados. Para quantificar o impacto dessas iniciativas de TDM, foram propostos 3 cenários:

- Cenário Atual - Caso base: as viagens chegam tal qual as condições atuais sem qualquer iniciativa, para fins de comparação.
- Cenário 1- Consolidação conduzida pelo receptor: pressupõe-se que as entregas de cada estabelecimento são realizadas por apenas um veículo, que atende em média 3 estabelecimentos.
- Cenário 2- Entregas Fora da Hora (OHD): 30% das entregas realizadas no período da manhã e início da tarde são transferidas para horários noturnos.

- Cenário 3- Entregas escalonadas: as entregas são distribuídas ao longo do horário comercial da cidade mediante o uso de um ITS, com informações de tráfego em tempo real e estacionamento.

De acordo com os resultados apresentados na Figura 4, o programa de consolidação de entregas (Cenário 1) é o que apresenta melhores resultados, pois reduz a necessidade total de vagas para carga e descarga em aproximadamente 64%, de 43 vagas para 15 vagas, em comparação com o caso base (Cenário 0). Em segundo lugar, as entregas escalonadas (cenários 3), reduzem as necessidades de vagas em aproximadamente 39%, de 43 vagas para 25 vagas, distribuindo a demanda por essas vagas igualmente ao longo do horário comercial da cidade. O terceiro lugar é ocupado pelo programa 30% OHD (Cenário 2), que oferece uma redução de aproximadamente 23% nas necessidades de vagas durante o pico das horas da manhã e do início da tarde, de 43 vagas para 31 vagas. Entretanto, como observado, embora essa medida tenha o menor potencial de redução da necessidade de vagas, tem o potencial de distribuir a demanda dessas vagas de maneira uniforme durante os horários do dia.

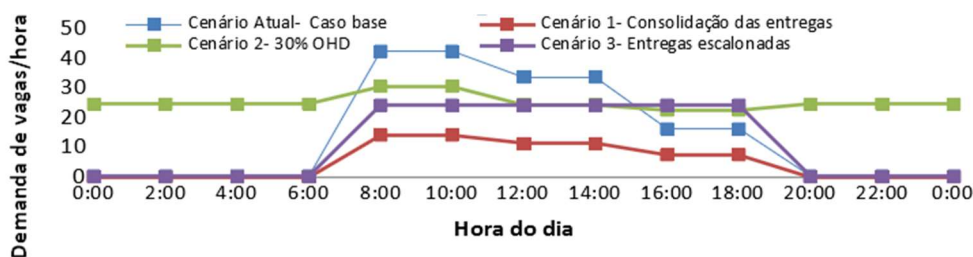


Figura 4: Demanda de vagas/hora por cenário

Esses resultados têm inúmeras implicações para discussão. Primeiro, fornecem outra indicação do potencial dos programas de OHD, que poderiam distribuir as necessidades de vagas para carga e descarga de maneira substancial. Em segundo lugar, os resultados demonstram o potencial significativo de entregas escalonadas que, se coordenadas de uma maneira que resulte em interrupção mínima para os receptores, podem ter um grande impacto nas necessidades de vagas para carga e descarga. A consolidação de cargas conduzida pelo receptor também é promissora, particularmente levando-se em conta que essa medida reduziria em um terço as viagens atraídas pela região.

Também é importante analisar os impactos nos vários atores. No caso do OHD, tanto os receptores como os transportadores serão beneficiados, embora sejam necessários incentivos aos receptores para superar sua resistência inicial. Não está claro que tipo de impactos as entregas escalonadas poderiam produzir. A conjectura dos autores é que isso poderia ser inconveniente para os receptores, que seriam forçados a aceitar entregas durante as horas em que estivessem mais ocupados com os clientes; e um pouco benéfico para os transportadores, que poderiam fazer um melhor uso de suas frotas. A consolidação conduzida pelo receptor, desde que seja voluntária, poderia ser benéfica para as operadoras e neutra para os receptores. Mais pesquisas são necessárias para identificar em maiores detalhes os impactos dessas medidas e o papel potencial de políticas complementares para promover seu uso.

## 8. CONCLUSÕES

Os modelos de geração de viagem são uma ferramenta útil para auxiliar os decisores que muitas vezes não possuem dimensão clara sobre o potencial de atração e geração de viagens do comércio local, o que impede o dimensionamento de soluções adequadas para resolver os

problemas gerados pelo transporte urbano de mercadorias. Entretanto, o desenvolvimento desses modelos precisa de dados estatisticamente confiáveis, por grupo econômico, o que nem sempre pode ser viável, pela indisponibilidade (ou falta de acesso) a esses dados. Se esse for o cenário, é necessário um considerável esforço adicional para a coleta de dados diretamente com as empresas. Essa decisão viabilizou esse trabalho, pois foi possível coletar esse dado diretamente a cada uma das 625 empresas.

Com o número de viagens diárias atraídas na região foi possível verificar que o número de vagas atuais disponíveis para o processo de carga e descarga de mercadorias na região representa somente 18% da quantidade necessária para atender as viagens: 45 necessárias e 8 disponíveis. Seria necessário a criação de mais 35 vagas, caso a decisão seja pela cobertura total, no horário de pico. Além disso, observou-se também que a distância dessas vagas até os pontos de maior concentração das entregas exerce grande influência sobre os tempos de estacionamento, podendo aumentar a ocupação dessas vagas em até 84 %. Como a falta de vagas é especialmente concentrada no período da manhã, a consolidação de cargas (CCU), a entrega fora do horário de pico (Off Hour Deliveries –OHD) e o escalonamento dessas entregas (ITS), seriam alternativas indicadas para distribuir a demanda por essas vagas em São João Del Rei. A implantação dessas medidas traria uma redução da demanda de vagas/hora em cerca de 64% (28 vagas), 39% (18 vagas) e 23 % (12 vagas) respectivamente, quando comparado ao cenário atual da cidade.

Por fim, cabe destacar que, qualquer que seja a estratégia escolhida para a mitigação dos problemas com o transporte urbano de mercadorias, ela deve ser desenvolvida seguindo as características da cidade/região. Também precisam ser incorporadas no processo, as políticas de ocupação e uso do solo para, por exemplo, indicarem a abertura das vagas em locais específicos, previstos em Planos de Mobilidade e/ou Planos Diretores. Conforme amplamente referendado na literatura, o apoio da administração pública e o envolvimento dos diversos atores que compõem o ambiente urbano é fundamental na implementação de medidas relativas ao transporte urbano de mercadorias.

#### Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) e à FAPEMIG (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais) pelo apoio financeiro concedido aos projetos que subsidiaram o desenvolvimento deste trabalho.

#### REFERÊNCIAS

- Alho, A. R., de Abreu e Silva, J., de Sousa, J. P., e Blanco, E. (2016) Improving mobility by optimizing the number, location and usage of loading/unloading bays for urban freight vehicles. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*. doi:10.1016/j.trd.2017.05.014
- Alves, R., Lima, R. da S., Silva, K., Gomes, W., e González-Calderón, C. (2019) Functional and environmental impact analysis of urban deliveries in a Brazilian historical city. *Case Studies on Transport Policy*. doi:10.1016/J.CSTP.2019.01.009
- Antún, J. P. (2016) Corporative Trends in Urban Distribution of Goods in Mexico City. *XII Conference on Transport Engineering* (Vol. 18, p. 51–58). Elsevier, Valencia, Spain. doi:10.1016/j.trpro.2016.12.007
- Antún, J. P., Alarcón, R., e Lozano, A. (2016) Urban Freight in Supply Chain at “La Merced” Complex of Traditional Market in the Historic Center of Mexico City. *The 9th International Conference on City Logistics* (Vol. 12, p. 836–841). Elsevier, Canary Islands (Spain). doi:10.1016/J.TRPRO.2016.02.036
- Campbell, S., Holguín-veras, J., Ramirez-rios, D. G., González-calderón, C., Kalahasthi, L., e Wojtowicz, J. (2018) Freight and service parking needs and the role of demand management. *European Transport Research Review*. doi:https://doi.org/10.1186/s12544-018-0309-5
- Dezi, G., Dondi, G., e Sangiorgi, C. (2010) Urban freight transport in Bologna: Planning commercial vehicle loading/unloading zones. *The Sixth International Conference on City Logistics Urban* (Vol. 2, p. 5990–

- 6001). Elsevier, Bologna, Italy. doi:10.1016/J.SBSPRO.2010.04.013
- Duin, J. H. R. V., Dam, T. Van, Wiegman, B., e Tavasszy, L. A. (2016) Understanding Financial Viability of Urban Consolidation Centres: Regent Street (London), Bristol/Bath & Nijmegen. *The 2nd International Green Cities Conference on City Logistics* (Vol. 16, p. 61–80). Elsevier, Szczecin (Poland). doi:10.1016/j.trpro.2016.11.008
- Foltyński, M. (2014) Electric Fleets in Urban Logistics. *1st International Conference Green Cities 2014 – Green Logistics for Greener Cities* (Vol. 151, p. 48–59). Elsevier, Szczecin (Poland). doi:10.1016/j.sbspro.2014.10.007
- Holguín-Veras, J., Amaya-Leal, J., Wojtowicz, J., Jaller, M., González-Calderón, C., Sánchez-Díaz, I., Wang, X., Haake, D. G., Rhodes, S. S., Frazier, R. J., Nick, M. K., Dack, J., Casinelli, L., e Browne, M. (2015) NCFRP REPORT 33 Improving Freight System Performance in Metropolitan Areas: A Planning Guide. *Transportation Research Board*. Washington, D.C. doi:10.17226/22159
- Jokilehto, J. (2002) Conceitos e idéias sobre conservação. *Gestão do Patrimônio Cultural Integrado*. Recife- PE. Obtido de [www.eca.usp.br/turismocultural](http://www.eca.usp.br/turismocultural)
- Małeck, K., Iwan, S., e Kijewska, K. (2014) Influence of Intelligent Transportation Systems on Reduction of the Environmental Negative Impact of Urban Freight Transport Based on Szczecin Example. *1st International Conference Green Cities 2014 – Green Logistics for Greener Cities Influence* (Vol. 151, p. 215–229). Elsevier, Szczecin, Poland. doi:10.1016/j.sbspro.2014.10.021
- Marciani, M., e Cossu, P. (2014) How the URBeLOG Project Will Enable a New Governance Model for City Logistics in Italian Metropolitan Areas. *1st International Conference Green Cities 2014 – Green Logistics for Greener Cities How* (Vol. 151, p. 230–243). Elsevier B.V., Szczecin (Poland). doi:10.1016/j.sbspro.2014.10.022
- Marciani, M., Cossu, P., e Pompetti, P. (2016) How to Increase Stakeholders’ Involvement while Developing New Governance Model for Urban Logistic: Turin Best Practice. *2nd International Conference “Green Cities - Green Logistics for Greener Cities”*, (Vol. 16, p. 343–354). Elsevier, Szczecin, Poland. doi:10.1016/j.trpro.2016.11.033
- Marcucci, E., e Gatta, V. (2017) Investigating the potential for off-hour deliveries in the city of Rome: Retailers’ perceptions and stated reactions. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 102, 142–156. doi:10.1016/j.tra.2017.02.001
- Morganti, E., e Gonzalez-Feliu, J. (2015) City logistics for perishable products. The case of the Parma’s Food Hub. *Case Studies on Transport Policy*, 3(2), 120–128. doi:10.1016/j.cstp.2014.08.003
- Navarro, C., Roca-Riu, M., Furió, S., e Estrada, M. (2016) Designing New Models for Energy Efficiency in Urban Freight Transport for Smart Cities and its Application to the Spanish Case. *The 9th International Conference on City Logistics* (Vol. 12, p. 314–324). Elsevier B.V., Tenerife, Canary Islands (Spain). doi:10.1016/j.trpro.2016.02.068
- Nocera, S., e Cavallaro, F. (2017) A two-step method to evaluate the Well-To-Wheel carbon efficiency of Urban Consolidation Centres. *Research in Transportation Economics*, 65, 44–55. doi:10.1016/j.retrec.2017.04.001
- Pino, E. M., Nicolás, D. S., e Espinós, I. (2014) Dorothy Project: Urban Logistics Organization in Valencian Community. *XI Congreso de Ingeniería del Transporte (CIT 2014)* (Vol. 160, p. 420–429). Elsevier B.V. doi:10.1016/j.sbspro.2014.12.154
- Ros-McDonnell, L., de-la-Fuente-Aragón, M. V., Ros-McDonnell, D., e Cardós, M. (2018) Analysis of freight distribution flows in an urban functional area. *Cities*, 79, 159–168. doi:10.1016/J.CITIES.2018.03.005
- Schliwa, G., Armitage, R., Aziz, S., Evans, J., e Rhoades, J. (2015) Sustainable city logistics - Making cargo cycles viable for urban freight transport. *Research in Transportation Business and Management*, 15, 50–57. doi:10.1016/j.rtbm.2015.02.001
- Swamy, S., e Baidur, D. (2014) Managing urban freight transport in an expanding city - Case study of Ahmedabad. *Research in Transportation Business and Management*, 11, 5–14. doi:10.1016/j.rtbm.2014.06.010

---

Kaique Osório (koanto@hotmail.com)

Roberta Alves (robertaalves@hotmail.com)

Renato da Silva Lima (rslima@unifei.edu.br)

Universidade Federal de Itajubá, Instituto de Engenharia de Produção e Gestão, Av. BPS, 1303, Bairro Pinheirinho, Itajubá – MG.

Wilfredo Yushimito (yushiw2@rpi.edu)

Jose Holguín-Veras (holguj2@rpi.edu)

Rensselaer Polytechnic Institute (RPI), Center for Infrastructure, Transportation, and the Environment, 110 Eighth Street, Troy, NY USA