

A SIMULAÇÃO COMO FERRAMENTA DE AUXÍLIO AO DIMENSIONAMENTO DE FROTAS PARA O TRANSPORTE PÚBLICO URBANO

Hugo Ribeiro da Silveira

Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação de Engenharia.
Programa de Engenharia de Produção. Universidade Federal do Rio de Janeiro.
Cidade Universitária, Centro de Tecnologia, Bloco F sala 105.
Caixa Postal 68507; Rio de Janeiro; CEP 21945-970.
Hugo@pep.ufrj.br silveira_Hugo@hotmail.com

Mário Jorge Ferreira de Oliveira

Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação de Engenharia.
Programa de Engenharia de Produção. Universidade Federal do Rio de Janeiro.
Cidade Universitária, Centro de Tecnologia, Bloco F sala 105.
Caixa Postal 68507; Rio de Janeiro; CEP 21945-970.
mario_jo@pep.ufrj.br

Resumo

Este trabalho estuda os aspectos envolvidos no dimensionamento de frotas para o transporte público urbano. Inicialmente faz-se uma revisão das metodologias já existentes, detalhando-se aquela proposta pela ANTP – Associação Nacional dos Transportes Públicos. Posteriormente é desenvolvido um modelo de simulação na tentativa de se realizar o dimensionamento destas frotas com base em um maior número de parâmetros envolvidos neste problema. O trabalho é concluído com a aplicação do modelo elaborado em um estudo de caso real, verificado no município de Resende, RJ.

Palavras-Chaves: Transporte público urbano; Simulação.

Abstract

This research deals with the aspects involved in the sizing up of fleets for urban public transportation. At first, a review of the present methodologies is made; close attention is given to the one proposed by ANTP - National Association for Public Transportation. Then, a simulation model is developed in order to accomplish the sizing up of these fleets based on a larger number of parameters involved in this issue. The research is concluded with the application of the elaborated model in a real case, verified in the municipal district of Resende, RJ.

Keywords: Urban Public Transportation; Simulation.

1. INTRODUÇÃO

Após a revolução industrial no final do século XIX, as cidades experimentaram um crescimento ininterrupto até os dias de hoje. A concentração populacional urbana assumiu níveis inimagináveis. No Brasil, em 1995, dos 152 milhões de brasileiros, 120 milhões (79%) moravam em áreas urbanas. Segundo a ANTP[1], esta proporção deverá atingir 90% em 2010. Estima-se ainda que haja cerca de 95000 ônibus, transportando 50 milhões de passageiros por dia nas áreas urbanas deste país.

Diante de números tão elevados, é preciso se esclarecer que nem tudo funciona bem. O agravamento da crise urbana nos países em desenvolvimento, decorrente de inchaços

oriundos de um crescimento muitas vezes não estruturado, requer atitudes urgentes para o restabelecimento da organização das cidades e seus sistemas de transporte. Congestionamentos crônicos, queda da mobilidade e da acessibilidade, degradação das condições ambientais e altos índices de acidentes de trânsito já constituem problemas graves em muitas cidades brasileiras.

As ineficiências do atual sistema de transporte urbano contribuem significativamente para o aumento do “custo Brasil”, gerando deseconomias de grande impacto para toda a sociedade. A permanência do modelo atual é assim incompatível não apenas com uma melhor qualidade de vida em uma sociedade verdadeiramente democrática, mas também com a preparação do país para as novas condições de competição econômica em escala global.

2. REVISÃO DA LITERATURA

Apresentando maior relevância para o tema em questão, FIGUEIREDO [2] discute os conceitos de produtividade e qualidade nos transportes públicos sob o enfoque histórico e comparativo, analisando a evolução cronológica desta conceituação não apenas no setor do transporte público, mas também na indústria e nos serviços. ROSSITER [3] apresenta uma contribuição metodológica de análise e monitoração do desempenho de sistemas de transporte público por ônibus através de indicadores parciais que enfatizam os aspectos de eficiência e eficácia de custo. Estes indicadores abrangem os principais componentes da produção (veículo, mão-de-obra, capital, etc.) e consumo (receita, passageiros transportados, etc.) do serviço. RODRÍGUEZ [4] aborda a questão do tempo excessivo despendido por ônibus nos pontos de parada, enfatizando os processos de embarque e desembarque como forma de redução deste tempo. MEGALE [5] analisa comparativamente diversas posturas de planejamento e de tomada de decisões em questões urbanas e de transportes. Utiliza como referência a questão de otimização do interesse público sendo discutida a busca de um ótimo global contra a livre busca de metas individuais por parte de seus componentes. DEBATIN NETO [6] considera os impactos da escolha modal sobre o sistema de transporte urbano na cidade de Florianópolis. O estudo é conduzido por uma revisão bibliográfica embasada em artigos, autores mais recomendados e trabalhos específicos. São abordados vários elementos na política de transportes e desenvolvimento urbano. Dentre estes se destacam os novos conceitos da administração que deverão ser incorporados ao esquema de gestão das empresas de transporte, o fenômeno da globalização, a aplicação mais efetiva da logística, a multimodalidade, a tecnologia da informação, a questão ambiental e outros. FARIA [7] apresenta um modelo de avaliação do nível de serviço do transporte público que utiliza uma escala de atitude no processo de entrevista com os usuários e cujos dados obtidos são analisados por métodos multivariados. ROCHA [8] avalia, sob a ótica do poder público, os investimentos feitos em diferentes modelos de ônibus. Para tanto, toma como objeto de estudo a metodologia de cálculo e os índices técnicos utilizados nas planilhas de transporte coletivo de onze cidades brasileiras. Os resultados obtidos indicam as possibilidades de investimento, em diferentes modelos de veículos, assim como a redução de custos por passageiro transportado quando é utilizado um veículo com maior capacidade de transporte. ALVES [9] fala sobre conflitos de interesse no transporte coletivo urbano entre o poder público, o operador e o usuário. CARDOSO [10] apresenta uma consolidação de procedimentos de fiscalização dos serviços de transportes coletivo urbano brasileiro e opiniões de especialistas em transportes urbanos de diversos organismos, de tal forma a servir como fonte de consulta por municípios de pequeno e médio porte que estejam interessados na formação de seus órgãos gestores de transporte coletivo, ou ainda auxiliando nas medidas a serem tomadas, subsidiando propostas mais adequadas a cada situação. SEABRA [11] trata da análise de demanda a curto prazo voltada para o gerenciamento operacional nas companhias de transporte público.

2.1. DIMENSIONAMENTO DE FROTAS

Dentre as várias frentes de estudo na área de transporte público urbano, situa-se o dimensionamento de frotas. Este problema busca a melhor resposta para a pergunta: quantos veículos são necessários para se atender aos usuários de um dado percurso nas vias públicas de uma cidade?

Para se responder esta pergunta, deve-se ter em mente que cada caso terá suas particularidades locais, apontando para um ótimo específico. Estas particularidades motivam o desenvolvimento de diferentes modelos matemáticos, cada qual contemplando as características de maior relevância do local.

MARTINS [12], CASTILHO E LINDAU et al [13] e YOSHIOKA [14] apresentam os seguintes modelos de simulação dedicados ao problema:

2.1.1. Simbus

Neste modelo o fluxo de ônibus é abordado de forma microscópica e o de passageiros, de forma macroscópica. O programa foi escrito em 1984, utilizando-se o FORTRAN IV. O modelo foi calibrado para a linha circular Ribeira – Portuguesa, na Ilha do governador, pertencente à cidade do Rio de Janeiro, RJ. Segundo a própria autora, o modelo apresenta um certo nível de complexidade para o manuseio dos dados. Tal complexidade pode ser parcialmente explicada como característica das linguagens de programação de propósito geral, como é o caso do FORTRAN; o que não faz desta uma má ferramenta, apenas, segundo HARREL e MOTT et al [15], uma ferramenta onde a simplicidade muitas vezes cede lugar à flexibilidade da linguagem.

2.1.2. Simulation of Urban Buses

O modelo SUB (Simulation of Urban Buses), foi desenvolvido em Washington no ano de 1973. O modelo trata os fluxos de tráfego de maneira macroscópica com exceção dos ônibus, analisados de forma microscópica. O modelo foi calibrado em Washington e validado com sucesso. O SUB também é escrito em FORTRAN IV (linguagem de programação de propósito geral). linguagem.

2.1.3. Simulation Et Reglage D'une Ligne De Transport Collectif

Desenvolvido na Suíça, em 1977, este modelo aborda o problema de uma maneira bastante interessante e que tem sido tema de alguns estudos recentes nesta área. O modelo possui caráter dinâmico, voltado para a regulação da operação de uma linha de ônibus. Este dinamismo é conseguido pela comunicação entre os veículos operando na linha em questão e um centro de controle. O modelo foi calibrado e validado para uma linha de ônibus da cidade de Lausanne. Também neste modelo o fluxo dos ônibus é analisado de forma microscópica, enquanto o de usuários, de forma macroscópica.

2.1.4. Modelo De Simulação Para A Regulação Da Operação De Transportes Coletivos

O modelo avalia diferentes políticas adotadas para a regulação da operação em uma linha de ônibus. Foi desenvolvido em Campinas, SP – Brasil – em 1976. O modelo possui saídas relativas à espera dos usuários nos pontos de parada, ao tempo médio de percurso para os ônibus e à taxa de ocupação média dos ônibus. Este modelo não foi validado.

2.1.5. Penelope

Foi desenvolvido na França em 1978 pela R.A.T.P. (Regie Autonome des Transports Parisiens). O objetivo deste modelo era estudar a irregularidade do serviço prestado. Foi escrito em linguagem FORTRAN e validado com dados sobre a linha 52 (Pont de Saint-Cloud – Opéra) da cidade de Paris, com 74 estações, 103 semáforos e aproximadamente 24 Km.

2.1.6. Simulador Para O Desempenho Do Sistema De Transporte Coletivo Urbano

Este modelo simula a operação de ônibus em corredores exclusivos. Esta é uma idéia que tem apresentado excelentes resultados em diversas cidades, como é o caso de Curitiba, PR descrito por FRIEBER[16]. O modelo foi escrito em linguagem C e aplicado a um estudo de caso descrito na obra referenciada dos autores.

2.1.7. Computer Simulation Model For Assessing The Scheduling Performance Of A Bus Route

O modelo foi desenvolvido em 1997 utilizando um software já desenvolvido com linguagem de simulação: ARENA®. O modelo faz algumas simplificações que limitam suas respostas, principalmente com relação aos parâmetros dos usuários. O modelo foi verificado e validado na linha 38Geary, ligando o centro da cidade de São Francisco à sua zona oeste.

2.2. A DIVERSIDADE DE MODELOS DE SIMULAÇÃO

É fácil perceber a existência de uma grande quantidade de modelos de simulação para o problema em estudo. Tal fato faz emergir uma questão básica: porque criar novos modelos ao invés de utilizar os já existentes? Para responder tal pergunta é necessário que se esclareça que para cada nova modelagem muito se utiliza dos modelos já existentes, o que caracteriza a utilização destes.

Com a criação de novos modelos, deve-se estar atento para dois pontos motivadores de grande relevância: a evolução dos softwares e as particularidades do sistema modelado.

3. UM ESTUDO DE CASO

Para se verificar melhor a dinâmica do problema em questão, foi observado um caso prático de dimensionamento de frotas em um município da região sul fluminense. A linha de ônibus observada será tratada por seu número, 280. Esta passa por 114 pontos de embarque e desembarque, ligando dois bairros periféricos localizados de maneira geometricamente oposta na cidade.

3.1. O MODELO ATUAL

Para o caso em estudo, a prefeitura do município informa utilizar a metodologia proposta pela ANTP – Associação Nacional de Transportes Públicos – para o dimensionamento da frota. A seguir é descrita tal metodologia.

3.1.1. A Metodologia ANTP

Para explicar a metodologia proposta pela ANTP para o dimensionamento de uma frota de ônibus para uma dada linha urbana, inicia-se pela formulação matemática do problema. Em seguida são explicados os métodos de obtenção de suas variáveis.

Chama-se inicialmente de N, a frota para a operação de uma linha de ônibus. Esta frota deve ser suficientemente adequada para atender à demanda de passageiros no sentido de viagem mais carregado dentro das horas de pico, ou seja, à demanda máxima da linha e nas condições desejadas de qualidade.

A determinação de N é feita com base no algoritmo descrito a seguir.

3.1.1.1. Algoritmo Para o Dimensionamento da Frota

Primeiro, se faz necessária uma explicação sobre as variáveis envolvidas:

- ❖ $T_c \Rightarrow$ Tempo de ciclo. É o tempo gasto por um veículo para realizar uma viagem completa (ida e volta), incluindo os tempos de parada. Ou seja:

$$T_c = TAB + TBA + TA + TB \quad \text{Onde:}$$

T_c = Tempo de ciclo;

TAB = Tempo de ida (deslocamento da localidade A para a localidade B);

TBA = Tempo de volta (deslocamento da localidade B para a localidade A);

TA = Tempo de parada no terminal A;

TB = Tempo de parada no terminal B.

❖ $I_{p1} \Rightarrow$ Intervalo entre partidas consecutivas no período de pico.

❖ $I_{p2} \Rightarrow$ Intervalo entre partidas consecutivas no período subsequente ao período de pico.

Estes intervalos serão obtidos pela divisão da duração do período pelo número de viagens realizadas neste mesmo período.

$$\checkmark I_p = T_p / n_p$$

Resta então demonstrar como é calculado o número de viagens necessárias no período (n_p).

n_p será obtido pela divisão do número total de passageiros transportados no período pela quantidade ideal de passageiros a serem transportados por viagem.

$$\checkmark N_p = TPTP / QITV$$

O número total de passageiros transportados no período (TPTP) é obtido pelo valor médio encontrado nas observações do período em questão. A quantidade ideal de passageiros transportados por viagem (QITV) é obtida pela multiplicação do índice médio de renovação no período (IRMP) pela ocupação de projeto (OP):

$$\checkmark QITV = IRMP \times OP$$

A ocupação de projeto é a maior quantidade de pessoas que se deseja estar no interior do veículo durante sua operação. Este valor deve ser previamente definido e para isto deve ser levado em consideração o nível de serviço que se deseja oferecer aos usuários.

❖ $T_p \Rightarrow$ duração do período de pico.

Os períodos são tempos consecutivos com fluxo relativamente homogêneo de passageiros. Na prática são geralmente observados um pico de manhã, um de tarde e um vale entre-picos. Para a determinação da duração destes períodos fica-se então dependente do fluxo de passageiros (ϕ) mencionado. O fluxo de passageiros corresponde ao número de passageiros transportados em cada viagem dividido pelo intervalo de tempo entre esta viagem e a anterior. Deve-se observar ainda que os períodos são estabelecidos para dias com características semelhantes. Exemplo: dias de semana, sábados, domingos, feriados e suas combinações com dias chuvosos e não chuvosos. A metodologia não faz menção sobre o número de observações ideais para uma mesma classe de dias.

A formulação matemática para o método analítico será feita com base no resultado da inequação:

$$\checkmark T_c \leq T_p.$$

Esta inequação verifica a possibilidade de um mesmo veículo fazer ou não mais de uma viagem no período crítico. Quando se verifica a inequação, o veículo poderá realizar mais de uma viagem no período e a formulação matemática para o tamanho da frota (N) será dada por:

$$\checkmark N = T_c / I_{p1}$$

Caso a inequação seja falsa, tem-se que:

$$\checkmark N = T_p / I_{p1} + (T_c - T_p) / I_{p2}$$

3.2. RESULTADOS DO MODELO ATUAL

Aplicando o modelo proposto para o caso em estudo, tem-se o seguinte dimensionamento da frota para a linha 280:

$$N = \frac{T_c \times TPTP}{T_p \times IMRP \times Op}$$

Onde:

N – Número de veículos;

T_c – Tempo de ciclo;

TPTP – Total de passageiros transportados no período;

T_p – Duração do período;

IMRP – Índice médio de renovação do período;

Op – Ocupação de projeto (desejada).

Estas variáveis apresentam os seguintes valores, observados de forma empírica:

$$T_c = 54,06 \text{ min}$$

$$TPTP = 1152 \text{ passageiros}$$

$$T_p = 2\text{h ou } 120 \text{ min}$$

$$IMRP = 2,9$$

Op = 45 passageiros (O veículo utilizado possui 45 lugares e lotação máxima de 73 passageiros)

O tamanho da frota (N) para estes valores é dado por:

$$N = (54,06 \times 1152) / (120 \times 2,9 \times 45) \cong 4 \text{ veículos}$$

4. O MODELO DE SIMULAÇÃO PROPOSTO

O modelo proposto neste trabalho foi desenvolvido no software ProModel®. Neste, tem-se as seguintes variáveis:

❖ Variáveis de entrada:

a) Número de ônibus no sistema: representa a quantidade de veículos em funcionamento no percurso simulado. Esta variável deve ser ajustada a cada início de simulação para que se atinja o valor pretendido no nível de serviço prestado.

b) Capacidade dos veículos: representa a quantidade máxima de passageiros permitida no interior de cada veículo. Possibilita a modelagem do serviço com veículos especiais, dotados de mais ou menos lugares.

c) Freqüência de chegada dos passageiros: é representada por uma função de distribuição de probabilidades. Esta função pode ter seus parâmetros alterados ou até mesmo ser substituída por outra função ou valor constante.

d) Freqüência de saída: governa o volume de passageiros deixando os veículos a cada

ponto de desembarque. Para isto é associado a cada ponto de desembarque um percentual de descida.

❖ Variáveis de saída:

a) Número de ocupantes: indica o número de passageiros no interior dos ônibus que circulam no modelo ao longo do período simulado;

b) Taxa de utilização: é obtida pela fração resultante entre a capacidade dos veículos e o número de ocupantes.

c) Taxa de renovação: é o resultado da fração tendo como numerador o mínimo valor entre o número de embarques e desembarques em um dado ponto e em uma mesma parada, e como denominador a capacidade do veículo parado.

d) Tamanho das filas de embarque: indica, em cada um dos pontos, o número de passageiros aguardando a chegada de ônibus para embarcarem;

e) Tempo de espera nas filas de embarque: indica o tempo que os passageiros esperam pelo ônibus em cada um dos pontos.

f) Número de embarques aceitos: representa a quantidade de passageiros embarcando em um ponto em um dado momento.

g) Número de embarques recusados: é o resultado da diferença entre os lugares disponíveis no interior do veículo e a quantidade de passageiros na fila de embarque.

h) Número de desembarques: representa a quantidade de passageiros desembarcando em um ponto em um dado momento.

4.1. INTERFACES GRÁFICAS DO MODELO

O modelo apresenta duas interfaces gráficas para o usuário. Uma, representa de forma esquemática e simplificada, o deslocamento dos veículos na linha simulada. A outra, de caráter informativo, apresenta valores assumidos pelas variáveis durante a simulação. Estas interfaces são apresentadas nas figuras 1 e 2.

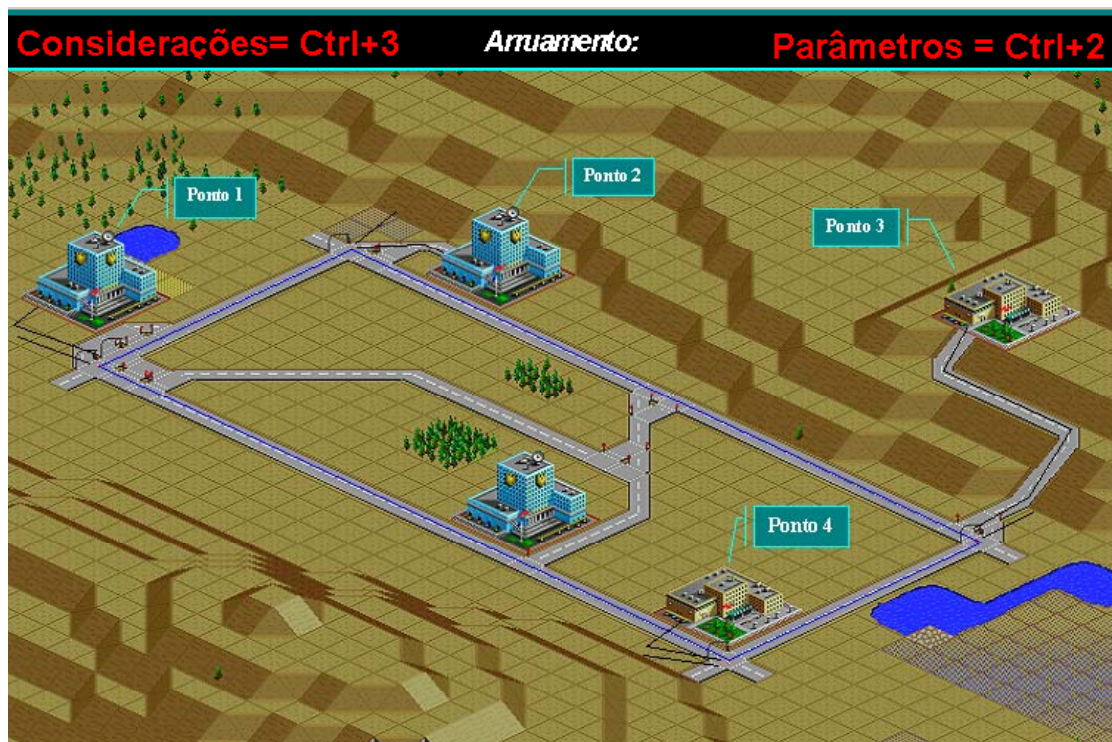


Figura 1 – Interface gráfica representando deslocamentos na linha 280.

Considerações= Ctrl+3 *Parâmetros Locais:* **Arruamento = Ctrl+1**

Pontos	Ônibus		Passageiros			
	<i>Taxa de renovação</i>	<i>Taxa de utilização</i>	<i>Embarques aceitos</i>	<i>Embarques recusados</i>	<i>Des-embarques</i>	<i>Passageiros na fila</i>
1	.00	.00	000	000	000	000
2	.00	.00	000	000	000	000
3	.00	.00	000	000	000	000
4	.00	.00	000	000	000	000

Parâmetros Gerais:

Ônibus	Valor	Fonte de alteração
<i>Capacidade (lotação)</i>	000	<i>Macro (ma_capacidade)</i>
<i>Número de ocupantes</i>	000	<i>Atributo dos ônibus</i>
<i>Número de Ônibus circulando</i>	000	<i>Macro (ma_n_de_ônibus)</i>
<i>Velocidade dos Ônibus</i>	000	<i>Macro (ma_vel_dos_ônibus)</i>
<i>Distâncias entre pontos</i>	<input type="text"/>	<i>Path Network (percurso)</i>

Passageiros	Comentário
<i>Tempo de espera nos pontos</i>	<i>Disponível no relatório gerado pela simulação</i>
<i>Frequência de chegada</i>	<i>Inputs do modelo</i>
<i>Frequência de saída</i>	

Figura 2 – Interface gráfica monitorando as variáveis durante a simulação.

4.2. SIMPLIFICAÇÕES DO MODELO

Por ter sido desenvolvido em um software próprio para simulação, o modelo apresenta bastante flexibilidade para os usuários. Como forma de simplificação, utiliza-se esta flexibilidade no monitoramento das variáveis de saída. Isto é feito observando-se apenas os outputs dos pontos de maior movimentação, funcionando os demais somente como geradores de inputs para o modelo. Com base nas saídas obtidas para os pontos de maior movimentação, pode-se julgar o comportamento de toda a linha, pois é de se esperar que nos demais pontos estas variáveis apresentem valores de menor relevância para a linha como um todo. Outrossim, estes demais pontos podem ser monitorados, devendo para isto o modelador fazer pequenos ajustes no modelo.

4.3. RESULTADOS DO MODELO PROPOSTO

Os resultados apresentados serão relativos aos 4 pontos de maior relevância na linha. Estes pontos serão denominados 1, 2, 3 e 4. O modelo foi posto em funcionamento com o número de veículos indicado pela metodologia ANTP como ideal. O modelo oferece um monitoramento contínuo durante todo o período simulado.

4.3.1. Taxa De Utilização Nos Pontos

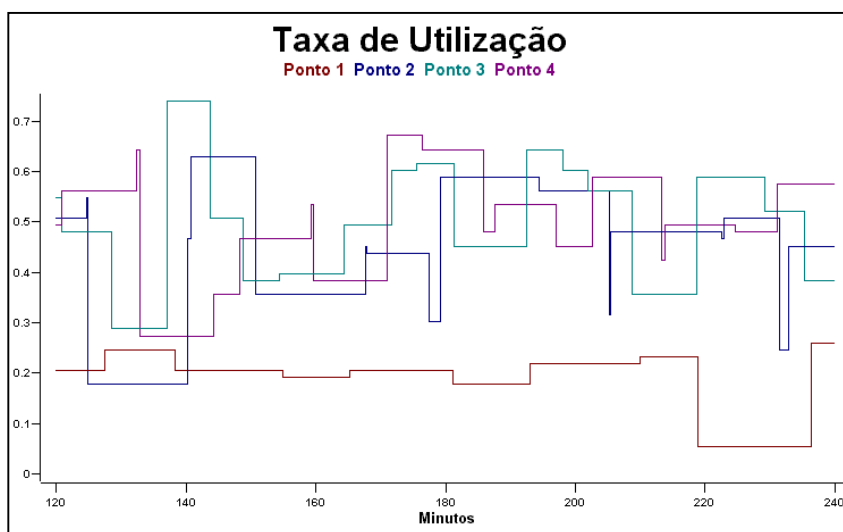


Figura 3 – Taxa de utilização

O comportamento numérico desta variável é apresentado na tabela 1:

Ponto	Valor Mínimo	Valor máximo	Valor médio
P1	0.05	0.26	0.18
P2	0.17	0.63	0.44
P3	0.28	0.73	0.49
P4	0.27	0.67	0.49

Tabela 1 – Utilização nos pontos da linha 280

4.3.2. Embarques Realizados Nos Pontos

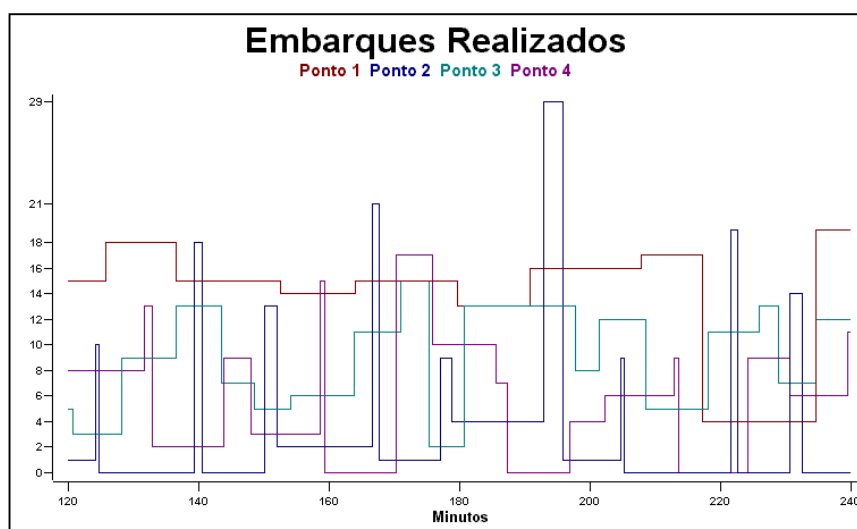


Figura 4 – Embarques Realizados nos pontos da linha 280.

O comportamento numérico desta variável é apresentado na tabela 2:

Ponto	Valor Mínimo	Valor máximo	Valor médio
P1	4	19	13.87
P2	0	29	2.73
P3	2	15	9.00
P4	0	17	5.19

Tabela 2 – Embarques realizados nos pontos da linha 280

Obs.: Não existiram embarques recusados por excesso de passageiros.

4.3.3. Desembarques Realizados Nos Pontos

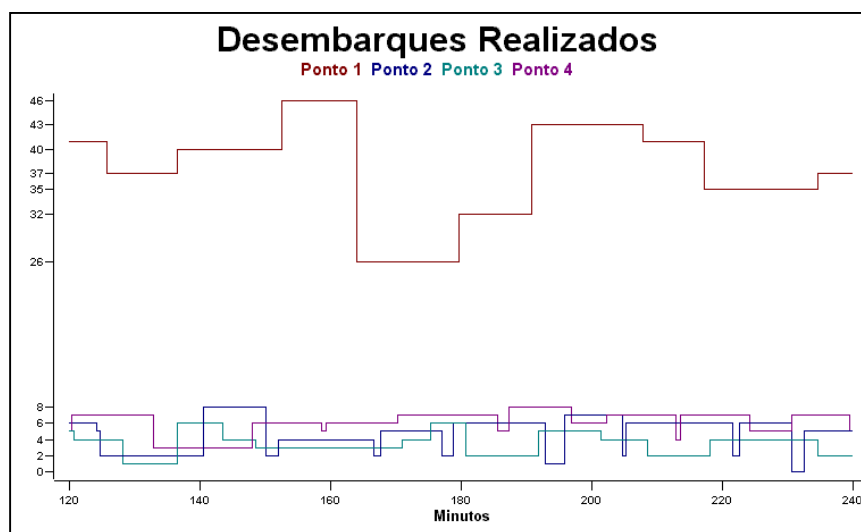


Figura 5 – Desembarques Realizados nos pontos da linha 280.

O comportamento numérico desta variável é apresentado na tabela 3:

Ponto	Valor Mínimo	Valor máximo	Valor médio
P1	26	46	37.41
P2	0	8	4.90
P3	1	6	3.45
P4	3	8	6.16

Tabela 3 – Desembarques realizados nos pontos da linha 280

4.3.4. Taxa De Renovação

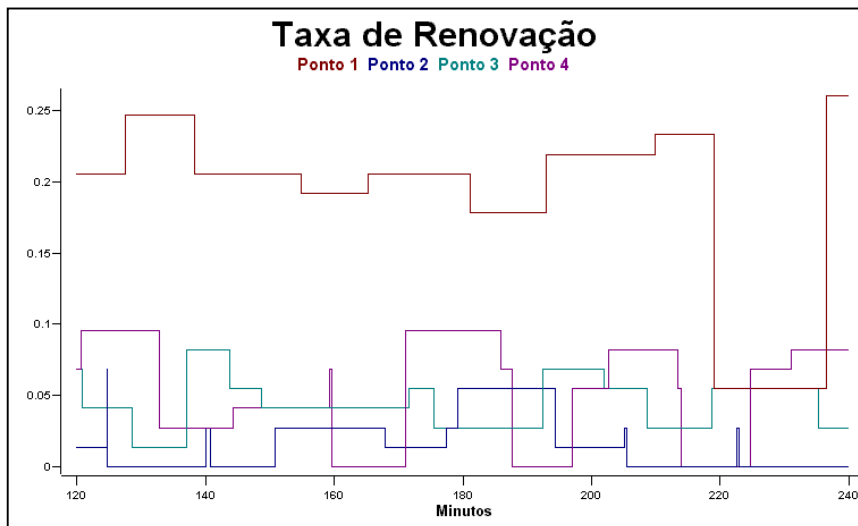


Figura 6 – Taxa de renovação nos pontos da linha 280.

O comportamento numérico desta variável é apresentado na tabela 6.9:

Ponto	Valor Mínimo	Valor máximo	Valor médio
P1	0.05	0.26	0.18
P2	0	0.06	0.01
P3	0.01	0.08	0.04
P4	0	0.09	0.05

Tabela 4 – Taxa de renovação nos pontos da linha 280

4.3.5. Tempo De Espera Nas Filas De Embarque

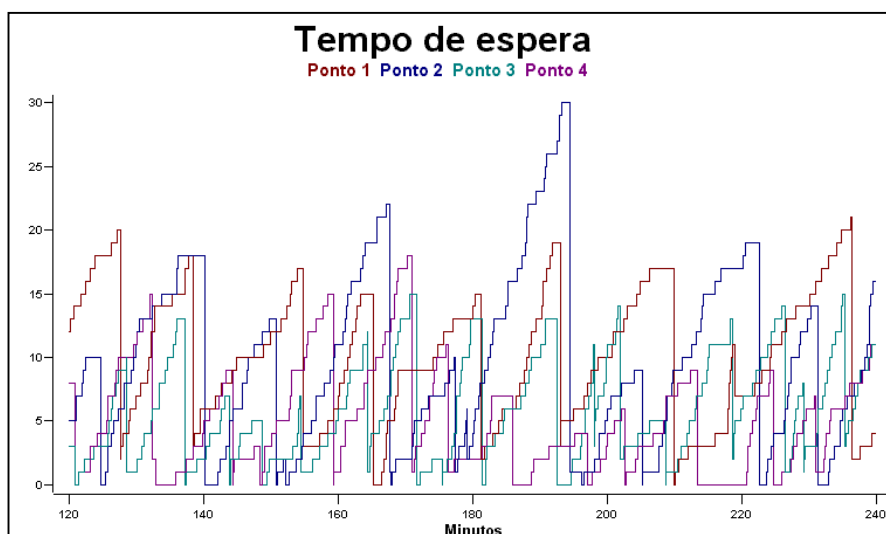


Figura 7 – Tempo de espera para embarque nos pontos da linha 280.

O comportamento numérico desta variável é apresentado na tabela 5:

Ponto	Valor Mínimo	Valor máximo	Valor médio
P1	0	21	10.15
P2	0	30	9.61
P3	0	15	5.78
P4	0	18	5.00

Tabela 5 – Tempo de espera nos pontos da linha 280

4.3.6. Número De Passageiros No Interior Dos Ônibus

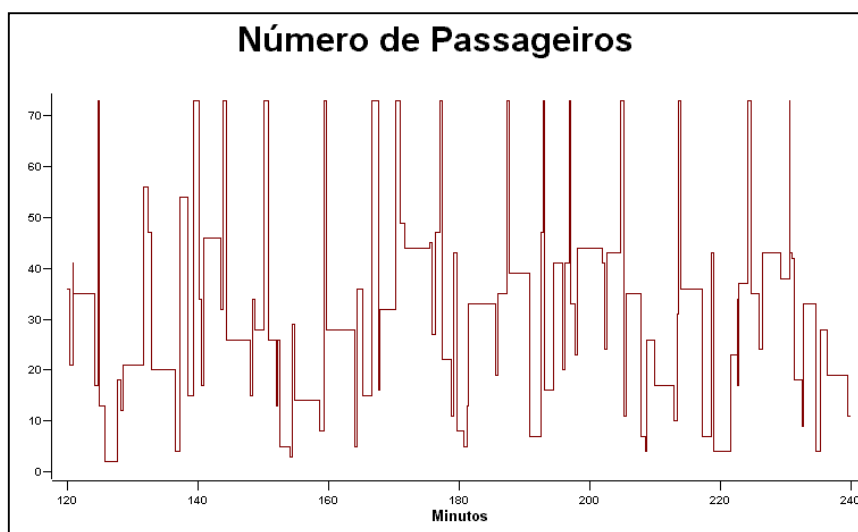


Figura 8 – Número de ocupantes no interior dos ônibus.

Esta variável apresenta grandes flutuações e influencia diretamente no nível de serviço percebido pelo consumidor, no caso passageiro. É interessante portanto verificar o percentual de ocorrência de seus valores também na forma de histograma:



Figura 9 – Número de ocupantes no interior dos ônibus – Histograma.

Esta variável apresenta ainda alguns valores relevantes descritos na tabela 6:

Valor Mínimo	Valor máximo	Valor médio
2	73	29.91

Tabela 6 – Número de ocupantes no interior dos ônibus

5. CONCLUSÃO

Ao se comparar a metodologia da ANTP, utilizada no problema em questão, com o modelo de simulação proposto, é possível se observar alguns fatos interessantes.

Inicialmente, observa-se que a metodologia proposta pela ANTP é de fácil execução e não necessita de software ou qualquer recurso que possa onerar o estudo.

Como desvantagens desta metodologia, são observados dois pontos principais. Em primeiro lugar, a escassez de parâmetros observados. Nesta metodologia o dimensionamento da frota é feito com base na quantidade média de pessoas no interior dos veículos. Este é, sem dúvida, um importante parâmetro, mas acredita-se neste trabalho, que não deve ser este o único a se observar. Em segundo lugar, observa-se como desvantagem da metodologia proposta pela ANTP a forma de seus dados de origem. Estes, são todos utilizados na forma de médias. Para questões de atendimento ao público, como o caso de transporte, a média nem sempre é um bom valor. É preciso que haja um conhecimento mais detalhado sobre o sistema para que se conheça seus picos – situações críticas de funcionamento. Como exemplo, pode-se citar a possibilidade de embarques recusados. Quando se trabalha com média, esta situação não é contemplada.

Sobre o modelo de simulação desenvolvido neste trabalho, deve-se estar atento para suas dificuldades e limitações, caso se pretenda utilizá-lo em outras situações. Como todo modelo, este deve expressar os aspectos relevantes do cenário real simulado, o que obriga o modelador a ajustá-lo para novos cenários. Este ajuste requer conhecimentos específicos sobre o software utilizado – ProModel – além de conhecimento geral sobre a arte e ciência de simular. O modelo também não funciona como otimizador do tamanho da frota; este apenas verifica cenários, o que obriga o usuário a fazer experimentações variadas no tamanho da frota até encontrar a solução ideal. Como última limitação, é importante lembrar que o ProModel se trata de um software comercial, o que implica em custos para sua aquisição. Com relação às vantagens do modelo desenvolvido, observa-se inicialmente uma grande variedade de parâmetros para o dimensionamento da frota. Ao invés de se verificar apenas a ocupação no interior do veículo, outros parâmetros são considerados, como por exemplo o tempo de espera nas filas de embarque e o número de embarques recusados. Um outro ponto positivo no modelo é a capacidade de se analisar um determinado ponto da linha em detalhe. Assim, é possível se conhecer melhor alguma parte considerada crítica. O modelo possui também a vantagem de trabalhar com distribuições de densidade de probabilidade ao invés de médias; isto o aproxima bastante das condições reais. Estas distribuições são obtidas com base em medições locais e ajustadas pelos testes qui-quadrado, Kolmogorov-Smirnov e Anderson Darling, no próprio software. O modelo possui também a vantagem de acompanhar os valores das variáveis durante todo o período simulado e não só um valor médio destes.

Por todos estes fatores apresentados, acredita-se que a utilização de modelos de simulação para o dimensionamento de frotas de transportes públicos pode ser de grande utilidade para a obtenção de soluções mais detalhadas; porém, a utilização inicial de métodos mais simples como o proposto pela ANTP não deve ser descartada, e sim utilizada como ponto de partida.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES PÚBLICOS – Manual de gerenciamento de transporte público urbano – Instruções básicas. 1ª ed. 1999. São Paulo Brasil.
- [2] FIGUEIREDO, A. S., 1993, Informações gerenciais: um instrumento de gestão de produtividade e qualidade no transporte por ônibus. Tese de M.Sc., UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, Brasília, DF, Brasil.
- [3] ROSSITER, A. C., 1997, Contribuição metodológica para monitoração do desempenho de sistemas de transporte público por ônibus. Tese de M.Sc., UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- [4] RODRÍGUEZ, A. E. G., 1997, . Tempo de embarque em ônibus urbano - Avaliação do material rodante no Rio de Janeiro. Tese de M.Sc., UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- [5] MEGALE, A., 1989, . A questão da otimização no planejamento urbano e de transportes. Tese de M.Sc., UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, São Paulo, SP, Brasil.
- [6] DEBATIN NETO, A., 1998, . Política de Planejamento de Transportes e Desenvolvimento Urbano: Considerações para a Cidade de Florianópolis. Tese de M.Sc., UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA, Florianópolis, SC, Brasil.
- [7] FARIA, C. A., 1991, . Serviço do transporte coletivo urbano. Tese de D.Sc., UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, São Paulo, SP, Brasil.
- [8] ROCHA, E. C., 1996, . As Planilhas Tarifárias do Transporte Coletivo Urbano por Ônibus e os Diferentes Modelos de Veículos. Tese de M.Sc., UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- [9] ALVES, G. B., 1995, . Qualidade no Transporte Coletivo Urbano-Onibus. Tese de M.Sc., UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, Brasília, DF, Brasil.
- [10] CARDOSO, S., 1998, . Fiscalização no transporte coletivo urbano por ônibus. Tese de M.Sc., INSTITUTO MILITAR DE ENGENHARIA, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- [11] SEABRA, S. S., 1995, . Metodologia para acompanhamento e previsão de curto prazo das variações na demanda por transporte público urbano: um instrumento gerencial para a operação. Tese de M.Sc., UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- [12] MARTINS, E.S.,1984. Um modelo de simulação da operação de um sistema de transporte público urbano Tese de M.Sc., UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.Segunda referência.
- [13] CASTILHO, R.A., VASCONCELLOS NETO, T., CASTILHO, B.J., LINDAU, L.A., 1997. Simulando o Desempenho de um sistema de transporte coletivo urbano. Escola de Engenharia Universidade Federal do Rio Grande do SulTerceira referência.
- [14] YOSHIOKA, J.1997. A computer Simulation Model for Assessing the Scheduling Performance of a Bus Route of The San Francisco Municipal Railway.
- [15] HARREL, C.R., MOTT, J.R.A., BATEMAN, R. E.BOWDEN, R.G. e GOGG, T.J., 1997 System improvement using simulation. ProModel Corporation. São Paulo Brasil.
- [16] FRIEBERG, L. Inovate solutions for public transport Curitiba, Brasil. Uppsala University, Sweden. Sustainable Development International