

31ª REUNIÃO ANUAL DE PAVIMENTAÇÃO

SÃO PAULO - SP

OUTUBRO DE 1998

**MODELOS PARA PRIORIZAÇÃO DE SERVIÇOS DE
MANUTENÇÃO DE PAVIMENTOS URBANOS**

**Janos Bodi
José Tadeu Balbo**

MODELOS PARA PRIORIZAÇÃO DE SERVIÇOS DE MANUTENÇÃO DE PAVIMENTOS URBANOS

Janos Bodi¹

José Tadeu Balbo²

1. INTRODUÇÃO

Neste trabalho estudam-se os procedimentos possíveis para simplificação do modelo de priorização desenvolvido pelo Departamento Engenharia de Transportes da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo que num convênio com a Prefeitura do Município de São Paulo entre 1991 e 1994, utilizou variáveis de tráfego e o valor de serventia atual-VSA (Carey & Irick, 1960) dos pavimentos da malha viária da capital para se chegar a uma relação de prioridades para intervenções de manutenção nos trechos avaliados.

O modelo concebido pela EPUSP (Bodi, 1998) é denominado de modelo computacional, pois utilizou na época computadores de grande porte para resolver sistemas lineares que envolviam vários milhares de dados. O parâmetro de priorização dos trechos é o benefício dos usuários baseado na equação de custo operacional de veículos desenvolvido pelo GEIPOT (Grupo de Estudos para a Integração da Política de Transportes do Ministério dos Transportes).

O custo operacional de veículos é função do Quociente de Irregularidade-QI do pavimento e das variáveis de tráfego (volume diário médio-VDM). O QI foi obtido indiretamente através dos resultados da equação de correlação com o VSA (Visser et al, 1979).

Uma das possibilidades de simplificação do modelo computacional verificada foi através de equações de regressão linear múltipla que permitem determinar o benefício ou a relação benefício/custo de uma obra de manutenção em função das variáveis independentes utilizadas no modelo da EPUSP onde se determina os coeficientes de regressão de modo a reduzir ao máximo as diferenças entre os resultados obtidos por meio de tais equações comparadas ao do modelo completo.

Apresentam-se duas outras possibilidades de priorização simplificadas: um dos modelos é para gerência de malhas viárias proposta para pequenas comunidades norte-americanas por iniciativa do governo federal dos EUA, elaborado por Tavakoli

¹ M. Eng., Assessor da Câmara Municipal de São Paulo - CMSP
Fone (011) 3115 1355 ramal 2638

² Laboratório de Mecânica de Pavimentos
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia de Transportes
05508-900 Cidade Universitária - SP
Fax : (011) 818-5716
Fone: (011) 818-5306
e-mail: mecpavlab@geocities.com
<http://www.geocities.com/ResearchTriangle/Lab/6031/>

et alli (1992) e o outro é o modelo empírico do DNER, baseado no índice de condição de pavimentos.

2. ANTECEDENTES

Há cerca de dez anos, o setor ligado às agências de redes rodoviárias e de vias urbanas do governo dos EUA (USDOT) já iniciava contatos com municípios e órgãos responsáveis pela manutenção de malhas viárias locais, incluindo as de pequena extensão, visando a efetiva implantação de sistemas de gerência de pavimentos (SGP) para evitar a crescente e inadequada aplicação de recursos públicos, ainda que de boa fé, já que não se conhecem outras formas de otimização destes recursos que não dependam destas ações prévias de planejamento.

No Brasil onde a disponibilidade de recursos públicos é muito inferior e sempre limitante, é indispensável a rápida adoção de procedimentos que ajudem a direcionar os recursos públicos visando um retorno mais efetivo e democrático à população, e espera-se que os governos federal, estaduais e municipais das maiores cidades do país iniciem em curto prazo a implantação desta poderosa ferramenta de gestão que é um SGP, sem o qual torna-se mais difícil proceder a prioridades e agendamentos de serviços de manutenção, técnica e economicamente mais vantajosos para todos.

Uma boa política de gestão de qualquer malha viária depende do fluxo contínuo de recursos necessários à implementação dos serviços de manutenção de rotina e de reforço, conforme pode ser avaliado por um SGP. Qualquer atraso no agendamento de obras de manutenção resultam em demandas futuras com custos muito superiores, pois, verificou-se que a progressão dos defeitos dos pavimentos geralmente não variam proporcionalmente com o tempo, e atrasos de seis meses a um ano podem significar custos de manutenção de 400 a 500 % superiores, conforme estudos da *United States Department of Transportation* (Tavakoli et alli, 1992).

Os nossos representantes do poder executivo e respectivas assessorias devem ser conscientizados de que o desvio de recursos de manutenção viária para obras novas provoca a rápida degradação da malha viária existente, cujo custo de reparação acaba excedendo em muito os valores orçamentários a serem disponibilizados no futuro, quando comparado com gestões bem planejadas tanto no agendamento dos serviços de manutenção, quanto no aporte dos recursos necessários, além do problema de ser criada mais uma obra para ser mantida, aumentando a demanda por reparos que já são realizados com sérias deficiências.

A falta de planejamento e o adiamento sem critérios das intervenções de manutenção resulta numa redução da qualidade da viagem quanto ao conforto, segurança e economia dos usuários, e portanto, as ações políticas devem priorizar e garantir inicialmente os recursos de manutenção da infraestrutura existente, e só no caso de existirem saldos orçamentários positivos ou aumentos de receita, aí sim aplicar em projetos, pois senão corre-se o risco de se perder todo o patrimônio público já investido, representado pelas obras executadas no passado e que exigem sempre um mínimo de investimento para a sua conservação.

Os procedimentos de manutenção no Município de São Paulo e na maioria das cidades e Estados brasileiros já estão há muito ultrapassados, pois, as ações de intervenção de manutenção baseiam-se nas reclamações que chegam ao gerente público através da população ou da mídia, quando esta iniciativa pela monitoração e inventário dos defeitos da malha viária deveria ser de responsabilidade dos órgãos viários, que atualmente demonstram um total desconhecimento da situação da rede pavimentada, não conseguindo fornecer um diagnóstico exato da situação atual nem sequer estimar com precisão o montante de recursos necessários para sanar as deficiências dos pavimentos em suas áreas de jurisdição.

Pequenas comunidades e municípios com reduzidas malhas viárias conseguem com um sistema de gerência de pavimentos (SGP) otimizar os recursos disponíveis para manutenção de pavimentos e com isto evitam o desperdício das verbas orçamentárias. É aconselhável portanto que todas as agências viárias adotem estes procedimentos para que eventuais saldos no orçamento revertam para outras áreas de investimento público (que se encontram em situações igualmente precárias).

Uma das análises permitidas por um SGP é a priorização dos locais de intervenção de manutenção. A priorização, enquanto não houver vontade política, continuará sendo feita de forma anacrônica, sujeita a dispersões e erros grosseiros de planejamento, pois não se estabelecem regras fixas de gestão que são constantemente alteradas por critérios altamente subjetivos, e que continuará a acarretar sangria de recursos que podem atingir valores quatro a cinco vezes superiores aos necessários, segundo estudos da *United States Department of Transportation* realizados entre 1987 e 1990 (Tavakoli et alli, 1992).

Na grande maioria das malhas viárias do país, principalmente nos municípios, prioriza-se as obras de manutenção com base nas reclamações comunicadas pelos usuários ou veiculadas pela mídia, ou ainda depende da boa (ou má) intuição técnica dos gerentes da área de manutenção que costumeiramente são indicados por políticos que não têm acesso ou não se interessam pela efetiva implantação de um SGP, que no país é raramente abordado ou utilizado fora dos meios acadêmicos.

3 MODELOS PARA PRIORIZAÇÃO

3.1 O Modelo Empírico de Tavakoli

O modelo simplificado desenvolvido por Tavakoli et alli (1992) propõe um método de priorização de manutenção dos trechos viários com base numa fórmula de pontuação que determina o índice de prioridade em função do inverso do índice de condição do pavimento, da classe da via, do tipo de tráfego (itinerário de ônibus, acesso à escola, etc) e de um fator de nível de manutenção.

A estrutura de gerência de pavimentos proposto (Tavakoli et alli, 1992) consta de um conjunto de sete subsistemas :

- Inventário da malha viária urbana e rural, trechos homogêneos, classes das vias, jurisdição, denominação das vias, características dos pavimentos (tipo, largura, extensão), sistema de drenagem, volume de tráfego e o histórico do pavimento;
- Avaliação das condições funcionais do pavimento (pavimentos asfálticos, rígidos, mistos ou compostos, especiais e acasalhados) semelhante ao quociente de irregularidade, onde se verifica o tipo de defeito, a severidade e porcentagem da área do pavimento afetado, associando-se uma pontuação para cada trecho, para se obter o índice de condição do pavimento (*PCI*);
- Módulo de manutenção ou reabilitação, onde se definem as estratégias das intervenções de manutenção com base no *PCI*. Estas estratégias consistem em não intervir, manutenções de rotina, manutenções preventivas, manutenções adiadas por programas anteriores, reabilitação e reconstrução;
- Módulo de custos unitários, associados às estratégias de manutenção para os vários tipos de pavimentos;
- Módulo de taxas de degradação, prevê qual tipo de manutenção será aplicado no próximo exercício com base na estratégia de manutenção do ano em curso, levando-se em conta a receita orçamentária. Estas estratégias consistem em manutenção preventiva com e sem recursos alocados, manutenções adiadas de exercícios anteriores, reabilitação com e sem recursos, reconstrução com e sem recursos, com base nos níveis de receita da localidade. Executa-se um plano plurianual através de um programa computacional, comparando-se os custos projetados com a receita atual. Trechos menos prioritários são classificados como sem verba devendo ocupar as primeiras posições na lista de prioridades dos exercícios seguintes, sendo que esta estratégia pode sofrer ajustes facilmente em função das variações dos custos e da receita orçamentária.
- Módulo de priorização e de metas. Determina a ordem de prioridade das intervenções nos trechos, o custo total de manutenção para os vários exercícios, prioriza trechos específicos (demandas políticas) e estabelece as metas de longo prazo. O índice de prioridade (*PI*) é determinado pela equação: $PI = 1/PCI * (TF * FC * TR * MF)$, onde *PCI* é o índice de condição do pavimento; *TF* é o fator de tráfego variando de 10 a 100, segundo os níveis tabelados; *FC* é o fator de classe da via variando de 1 para vias locais, 1,1 para vias coletoras e 1,2 para vias arteriais; *TR* é um fator igual a 1,1 nos trechos que servem para itinerário de ônibus ou onde existirem prédios institucionais que atraem elevado fluxo de tráfego (escolas, hospitais, etc) e igual a 1 para os demais casos; *MF* é o fator de manutenção igual a 1 mais a taxa de manutenção/10. O valor do *MF* é zero para pequeno ou nenhum dispêndio em manutenção aumentando até 5 para custos elevados de manutenção.
- Módulo gerador de resultados, é uma tabela que apresenta os trechos prioritários segundo os procedimentos anteriormente citados informando os tipos de intervenção, os trechos prioritários, custos, etc.

- Módulo de arquivo, utilizado para armazenar todos os dados levantados e determinados para planejamento das intervenções de manutenção dos exercícios futuros.

Como se pode ver este modelo é muito simples de ser assimilado por técnicos ligados às áreas de manutenção, e consegue fornecer todos os resultados básicos necessários para um sistema de gerência de pavimentos eficiente, devendo para isto contar com equipamentos de informática acessíveis e uma equipe de técnicos para a sua implementação.

3.2 Modelo de Priorização do DNER

O método de priorização desenvolvido pelo DNER é baseado no Índice de Prioridade (IP) que por sua vez é determinado através da ponderação do Índice de Estado da Superfície (IES) e do Índice de Custo Operacional (IC). O IES é função do Índice de Gravidade Global Estimado (IGGE) e do VSA, conforme consta do Quadro 1, e o IC é função do QI e do VDM, como apresentado no Quadro 2. O IGGE é calculado pela relação:

$$IGGE = 0,65 \times FT + 1,0 \times FOAP + 0,8 \times FRP$$

onde FT, FOAP e FRP são frequências de trincas, ondulações e afundamentos plásticos, remendos e panelas respectivamente, de acordo com o Quadro 3. Assim o IP é calculado através da relação:

$$IP = (p1 \times IC + p2 \times IES) / (p1 + p2)$$

onde p1 e p2 são pesos de ponderação que valem 2 e 3 respectivamente, dando-se portanto uma maior importância ao estado da superfície (IES) do que ao custo operacional (VDM/QI) para efeito de priorização.

QUADRO 1 Índice de Estado da Superfície (IES)(DNER, 1993)

CONCEITO	IGGE	VSA < 2,5	2,5 < VSA < 3	3 < VSA < 3,5	3,5 < VSA < 4	VSA > 4
E	<15	*	*	5	3	0
B	>15 e < 30	*	6	6	4	2
R+	> 30 e <60	8	7	7	5	4
R-	> 60 e <80	9	8	8	6	*
M	> 80 e <120	10	9	9	*	*
P	>120	10	10	*	*	*

(*Casos incoerentes ou inexistentes)

QUADRO 2 Índice de Custo Operacional (IC)(DNER, 1993)

QI (contagens/km)	VDM<8000	8000<VDM<12000	12000<VDM<25000	VDM>25000
QI<22	0	2	4	6
22<QI<40	1	3	5	7
40<QI<55	2	4	7	9
QI>55	3	5	8	10

(VDM unidirecional por pista)

QUADRO 3 Frequências para Cálculo do IGGE (DNER, 1993)

Nível	FT, FOAP, FRP (%)
Baixo	5
Médio	30
Alto	75

3.3 Modelo de Priorização Desenvolvido

No modelo computacional o benefício é calculado pela diferença dos custos operacionais do trecho levando-se em conta a irregularidade do pavimento recém-avaliado e a simulação da irregularidade após a intervenção de manutenção, em um período de análise de 5 anos.

O modelo utilizado na Cidade de São Paulo entre 1991 e 1994 só priorizou intervenções de reforço de pavimentos, conforme consta da Tabela 1, pois os órgãos responsáveis pela manutenção da cidade tradicionalmente só utilizam camadas de reforço com ou sem fresagem prévia nos serviços de manutenção periódicas. Nos serviços de manutenção de rotina predomina a raspagem e varrição das ruas e a operação “tapa-buracos”, não considerados pelo modelo.

Outros tipos de manutenção como capas selantes, remendos profundos, etc, são utilizadas raríssimas vezes, assim como poucas vezes se tem visto no editais de licitações públicas a inserção de projetos executivos de manutenção ou reparação dos pavimentos. De certa forma estas limitações nos tipos de intervenção de manutenção simplificou os trabalhos de priorização que puderam ser realizados unicamente através do levantamento do VSA, não havendo necessidade do levantamento de índices relacionados com a capacidade estrutural do pavimento ou índices mistos. Consequentemente o modelo desenvolvido para São Paulo não utiliza outras alternativas de manutenção que não sejam uma ou mais camadas de reforço precedidos ou não de fresagem do pavimento deteriorado.

Baseado nos resultados obtidos pelo modelo computacional da EPUSP, verificou-se a possibilidade de se correlacionar os dados levantados em campo (VSA, dimensões físicas dos trechos, VDM total e segregado, custos) e vinculá-los aos resultados de priorização obtidos através do modelo, tais como o benefício do usuário ou benefício/custo de uma intervenção de manutenção. Como os dados de

entrada do modelo são independentes entre si, a função de correlação mais indicada é a logarítmica/exponencial.

Tabela 1 Alternativas de Serviços de Manutenção Levados em Conta no Estudo

Número da alternativa	Especificação do tipo de serviço de manutenção
1	Fresagem (5 cm) + Binder (5 cm)+ Capa (5 cm)
2	Fresagem (5 cm) + Binder (5 cm)+ Capa (4 cm)
3	Reforço com Binder (5 cm) + Capa (5 cm)
4	Reforço com Binder (5 cm) + Capa (4 cm)
5	Fresagem (3 cm) + Capa (5 cm)
6	Fresagem (3 cm) + Capa (4 cm)
7	Reforço com Capa (5 cm)
8	Reforço com Capa (4 cm)
9	Não intervir

Através de funções logarítmicas buscou-se montar equações por regressão linear múltipla, para se determinar os coeficientes da equação pelo método dos mínimos quadrados, além de relacionar os parâmetros estatísticos que estabelecem os limites dos erros e dispersão de resultados a que se pode chegar com a utilização destas equações simplificadas.

Estas equações obtidas por regressões lineares, desde que apresentem baixos níveis de erro padrão e parâmetros de correlação próximos da unidade serão nominadas de modelos estatísticos, e a grande virtude destes modelos está na simplicidade de sua utilização.

Qualquer técnico que disponha de informações como nível de irregularidade (VSA) do trecho do pavimento que se quer analisar e do volume de tráfego (VDM) poderá, calcular o benefício/custo ou o benefício do usuário no caso da execução de um serviço de manutenção, dentro das limitações contidas nos parâmetros de correlação, ou seja, se os dados de entrada apresentarem forte correlação com os resultados, os erros ou desvios na utilização do modelo estatístico são pouco significativos tendo-se portanto, respostas precisas e muito similares aos resultados do modelo computacional.

Neste trabalho buscou-se formas simplificadas e acessíveis para se obter o benefício ou o benefício/custo de uma intervenção de manutenção, permitindo maior facilidade em análises para fins de priorização.

Acredita-se que as cidades que possuam em comum os mesmos tipos de pavimento e de veículos circulando, poderão utilizar estes modelos estatísticos de priorização sem incorrer em erros grosseiros, já que o modelo foi calibrado para as condições encontradas na Cidade de São Paulo, que apresenta a mesma realidade de quase todas as grandes cidades brasileiras.

Tabela 2 Modelos estatísticos para priorização

EQUAÇÃO	FORMA DO MODELO
1	$B/C=0,22927.VSA^{-2,76622}.Va^{0,82604}Vo^{-0,0872}Vc^{-0,18368}$ <p>$R^2= 0,88$; 20 trechos analisados</p> <p>para reforços de 9 a 10 cm de espessura, custos unitários US\$12,92 e US\$ 13,45/m²</p>
2	$B/C=0,04176.VDM^{0,79165}.VSA^{-2,81645}$ <p>$R^2= 0,87$; 20 trechos analisados</p> <p>para reforços de 9 a 10 cm de espessura, custos unitários US\$12,92 e US\$ 13,45/m²</p>
3	$B/C=2,07893.VDM^{0,51173}.VSA^{-4,17591}$ <p>$R^2= 0,90$; 15 trechos analisados</p> <p>reforço 4 cm e fresagem de 3 cm de espessura, custo unitário US\$9,20/m²</p>
4	$B/C=0,01259.VDM^{0,94202}.VSA^{-2,70351}$ <p>$R^2= 0,92$; 100 trechos analisados</p> <p>reforço de 4 a 5 cm de espessura, custo unitário US\$ 6,09</p>
5	$B/C=2,8383.Va^{0,3585}.Vc^{0,06544}.Vo^{0,236089}.VSA^{-2,71850}$ <p>$R^2= 0,95$; 79 trechos analisados</p> <p>reforço de 10 cm de espessura, custo unitário US\$ 13,45/m²</p>

(Va é o volume de automóveis, Vo é o volume de ônibus, Vc é o volume de caminhões no volume diário médio)

O modelo computacional do qual derivou o modelo estatístico, é um modelo empírico, pois tem como fundamento equações empíricas de custos operacionais de veículos do GEIPOT, e portanto este modelo derivado é na verdade um modelo empírico/estatístico.

O modelo computacional priorizou e otimizou as alternativas de manutenção 3, 4, 6, 7 e 8 que estão relacionados na Tabela 1. Foram desenvolvidos cinco modelos estatísticos, conforme apresentados na Tabela 2.

4. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Verificou-se que em todas as equações da Tabela 2 as correlações do tráfego total ou segregado (automóveis, caminhões e ônibus) e do VSA com a relação benefício/custo é muito intensa, pois o maior erro padrão é inferior a 15% e o menor fator R-Quadrado foi de 0,8471, o que pesa favoravelmente à utilização do modelo estatístico para cálculo simplificado do benefício/custo de cada serviço de manutenção.

Sabendo-se as dimensões (área) dos trechos e o custo unitário das intervenções de manutenção pode-se calcular pelas equações o benefício do usuário e elaborar de forma rápida e acessível uma lista de priorização de trechos desde que se faça previamente o levantamento das irregularidades da malha viária a ser recuperada e a avaliação dos respectivos volumes de tráfego.

Na tentativa de se obter modelos estatísticos com um maior número de variáveis englobando dimensões físicas ou correlação somente com o benefício do usuário de forma direta, os parâmetros de regressão apresentaram erros muito significativos (superiores a 40 %) e fatores de correlação muito baixos, demonstrando que a correlação entre estes dados era muito fraca não havendo portanto interesse na apresentação desses resultados.

Para a equação 5 foram elaborados os gráficos das Figuras 1 e 2, onde estão representadas as concentrações de pontos em torno da reta de 45°, tanto para pares de valores que representam o benefício e o benefício/custo obtidos pelo modelo computacional quanto para os calculados pelo modelo empírico/estatístico.

Visualiza-se também o comportamento do modelo empírico/estatístico com a variação do VDM para níveis 1,5; 2; 2,5; 3; 3,5 e 4 do VSA (Figura 3). Nota-se que este gráfico apresenta uma concavidade suave voltado para o eixo das abcissas o que significa que para acréscimos de VDM ter-se-á taxas de crescimento ligeiramente menores da relação benefício/custo.

Uma comparação entre o modelo computacional e o modelo estatístico (Equação 5) está exposta na Planilha 1. Pode-se neste caso comparar os resultados da priorização realizada pelos dois modelos onde se verifica que devido às incertezas do modelo estatístico alguns trechos de pavimento chegam a mudar várias posições quando comparado com a sua colocação na escala de prioridades estabelecida pelo modelo computacional. Na terceira coluna da Planilha 1 consta a diferença da ordem de priorização estabelecida entre os dois modelos (computacional e estatístico).

Como o erro padrão dos modelos estatísticos atinge até 14,6 %, e vários trechos apresentam valores do benefício muito próximos, é de se esperar que quando as diferenças entre os valores dos benefícios são inferiores ao do erro, poderá ocorrer uma inversão de posição de um ou mais trechos dentro da escala de prioridades, o que não compromete o resultado final de um plano de manutenção viário, pois estas inversões somente ocorrem com os trechos cujos valores dos benefícios são muito próximos e não causa nenhuma injustiça significativa para os usuários.

Nas Planilhas 2 e 3 constam os resultados de priorização realizados com os respectivos modelos e utilizou-se todos os dados disponíveis nos 79 trechos contemplados pela alternativa de manutenção 3 que originaram os parâmetros de regressão das equação 5. Escolheu-se este universo de amostras por conter elevado número de elementos para posteriores comparações com os resultados do modelo computacional.

Para utilizar o modelo de Tavakoli admitiu-se a validade da relação $VSA=PCI/20$, e o MF (*maintenance factor*) variando proporcionalmente ao inverso do VSA e para utilizar o modelo do DNER utilizou-se a correlação $QI=\ln(VSA/4,66)/0,00534$ (Visser, et al 1979) e para determinar o IGGE adotou-se o conceito R- do Quadro 1 uma vez que não se dispunha dos resultados deste indicador de condição do pavimento e não se conhece nenhuma forma de correlação com outros tipos de avaliações subjetivas. Estimou-se pelos diagnósticos constantes das publicações EPUSP (1991, a, b; 1992, a, b; 1994, a) que a condição R- seria a mais representativa do estado da malha viária da cidade de São Paulo.

A priorização apresentada na Planilha 2 (modelo de Tavakoli) apresentou 24 trechos de pavimentos que tiveram a sua ordenação alterada em mais de 24 posições (30% de um universo de 79 trechos) relativas à ordenação efetuada pelo modelo computacional e a maior alteração foi de 56 posições dentro da escala de priorização.

O modelo do DNER forneceu os resultados da Planilha 3 que são bastante melhores que o do modelo de Tavakoli, apresentando apenas 11 trechos que superaram variações acima de 24 posições (30% de um universo de 79 trechos) quando comparados com a priorização do modelo computacional e a maior discrepância foi de 52 posições dentro da escala.

Os numerosos grupos de trechos de vias com o mesmo *PI* ou *IP* apenas mostra que os modelos não são o suficientemente seletivos para as condições dos pavimentos encontrados na Cidade de São Paulo, necessitando alargar o espectro de enquadramento do VSA e do VDM, ou seja, os modelos devem ser calibrados para as condições da capital paulista.

Como citou-se anteriormente, o modelo de Tavakoli é mais adequado para pequenas localidades que possuam poucas vias com VDM acima de 5000, o que não é o caso de São Paulo. O modelo do DNER enquadra vias com VDM menor ou igual a 8000 numa única categoria, pois foi desenvolvido para ser utilizado em rodovias. Para tráfego urbano os volumes médios de tráfego são em geral inferiores às praticadas em rodovias e portanto os valores do VDM constantes do Quadro 2 estão em desacordo com os parâmetros de tráfego característicos de cidades.

No Quadro 2 do IC verifica-se o enquadramento dos trechos com VSA inferiores a 2,5 numa única categoria, sendo este critério muito restritivo para o estado em que se encontram a maioria dos trechos avaliados em São Paulo. Acredita-se que as grandes discrepâncias na ordem de priorização destes dois modelos quando comparados com a priorização do modelo computacional se deve aos critérios inadequados na escolha dos limites de enquadramento do VDM e VSA (*PCI* ou *QI*)

nas tabelas do IES, IC e TF, que para a Cidade de São Paulo deverão ser reestudados e calibrados para as condições locais de VDM e VSA(ou indicadores correlatos do estado da superfície do pavimento).

As limitações de enquadramento verificadas no índice de custo operacional (IC) e no índice de estado da superfície (IES) do DNER representam melhor parâmetros encontrados em rodovias e não em vias urbanas. Os parâmetros de tráfego e de estado da superfície utilizados pelo modelo possuem valores limites muito elevados para classificar os índices de trechos levantados na Cidade de São Paulo. Isto demonstra que os técnicos do DNER, em princípio, estão mais preocupados com o conforto, segurança e economia dos usuários do que as autoridades municipais que toleram valores de VSA bem mais reduzidos.

No modelo do DNER o elevado número de discrepâncias se deve em parte pelas hipóteses simplificadoras utilizadas uma vez que não se dispunha dos valores do índice de gravidade global estimado (IGGE).

5. CONCLUSÕES

Os modelos estatísticos de priorização constantes da Tabela 2, além de apresentarem soluções mais consistentes comparativamente aos modelos de Tavakoli e do DNER, em relação à priorização obtida pelo modelo computacional dos quais derivam através de métodos de regressões lineares múltiplas, possuem a vantagem adicional de estarem referenciados a resultados otimizados do benefício do usuário. A otimização decorre da escolha da alternativa de manutenção de menor custo durante uma expectativa de cinco anos de vida de serviço do reparo, cujo desempenho foi estimado através do modelo PRO-159 do DNER.

Verificou-se que se o universo de dados, para cálculo da regressão, é proveniente de amostras com características mais homogêneas, como no caso dos trechos das avenidas marginais, o erro padrão de regressão apresenta valores mais baixos (8%), bastante inferiores aos erros obtidos nas demais equações de regressão (de 12 a 14,6%) onde foram utilizadas amostras com características físicas (VSA, VDM, dimensões, classe da via) muito heterogêneas.

As alternâncias de posição verificadas com o modelo estatístico em relação à escala de priorização obtida pelo modelo computacional estão diretamente associadas às incertezas ou precisão do modelo estatístico. Para os modelos bem calibrados, a magnitude destas alterações de posição na escala de priorização são mínimas, ou pelo menos são da mesma ordem de grandeza do erro padrão de regressão.

Os modelos gerados com números variando de 15 a 20 amostras apresentaram erros padrões de regressão maiores (12 a 14,6%), possivelmente em função da maior heterogeneidade das amostras e maior dispersão dos resultados estatísticos devido ao seu reduzido número. Os erros de regressão obtidos com universo de 79 e 100 amostras atingiram respectivamente 9 e 8%.

Portanto, ao se utilizar tais modelos estatísticos de priorização deve-se ter o cuidado de verificar os parâmetros de correlação do modelo para conhecer as suas

limitações e estimar as possíveis incertezas embutidas nos resultados. A maior virtude dos modelos estatísticos de priorização estão na grande simplicidade de cálculo, rapidez e acessibilidade aos resultados: é praticamente o tempo que se leva para calcular duas ou quatro funções exponenciais (dependendo dos parâmetros de tráfego que podem estar associados ao VDM total ou segregado para automóveis, caminhões e ônibus) e multiplicar os resultados para cada trecho.

Esta simplificação na determinação do benefício/custo permite a sua utilização até por pequenas cidades, dando aos gerentes de manutenção viária destas localidades condições de priorizar os trechos de pavimentos que irão propiciar um maior benefício aos usuários e simultaneamente, estarão iniciando a implantação de critérios gerenciais que possibilitam reduzir bastante o desperdício ou a aplicação inadequada dos recursos públicos.

A grande vantagem dos modelos empírico/estatísticos ou computacionais baseados no benefício dos usuários através dos custos operacionais dos veículos sobre os modelos empíricos de Tavakoli e do DNER está na falta de necessidade de calibração, para cada localidade, dos valores tabelados que representam as condições de superfície, de estrutura do pavimento e as condições de tráfego, evitando as aproximações mais grosseiras impostas pelos valores limites tabelados nos modelos empíricos.

Referências Bibliográficas

- AASHO (1962) *Condensed Summary of Principal Objectives and Major Findings*, National Academy of Sciences, National Research Council, Publication N° 1061, Report 7, pp. 1-88, Washington, D.C.
- Balbo, J. T. (1997) *Pavimentos Asfálticos: Patologias e Manutenção*, Plêiade, São Paulo.
- Bodi, J. (1998) *Aplicação do Conceito de Serventia na Priorização dos Serviços de Manutenção de Pavimentos Urbanos*, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Dissertação de Mestrado, São Paulo.
- Carey, W.N., & Irick, P.E. (1960) *The Pavement Serviceability-Performance Concept*, HRB Bulletin 250, pp. 40-58, Washington, D.C.
- DNER (1978) *Avaliação Subjetiva da Superfície de Pavimentos, Procedimento DNER-PRO 07-78*, Ministério dos Transportes - Departamento Nacional de Estradas de Rodagem, Rio de Janeiro.
- DNER (1985) *Guia de Gerência de Pavimentos, Tradução do Instituto de Pesquisas Rodoviárias*, Departamento Nacional de Estradas de Rodagem, Ministério dos Transportes, Rio de Janeiro.
- DNER (1993) *Programa de Manutenção para o Pavimento da BR-116/SP, 8° Distrito Rodoviário Federal, Trecho Divisa RJ/SP, Subtrecho km 0-236,1; Relatório Final (12/93)*, Departamento Nacional de Estradas de Rodagem, Ministério dos Transportes, Rio de Janeiro.
- EPUSP (1991, a) *Otimização e Priorização dos Recursos Orçamentários para a Manutenção de Pavimentos do Sistema Viário Municipal em 1992*, Relatório Complementar 02, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, fevereiro.
- EPUSP (1991, b) *Concepção, Desenvolvimento e Aplicação de uma Sistemática para o Planejamento da Manutenção do Sistema Viário do Município de São Paulo*, Relatório Mensal de Acompanhamento N° 1, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, julho.
- EPUSP (1991, c) *Concepção, Desenvolvimento e Aplicação de uma Sistemática para o Planejamento da Manutenção do Sistema Viário do Município de São Paulo*, Relatório Mensal de Acompanhamento N° 2, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, setembro.

- EPUSP (1991, d) *Otimização e Priorização dos Recursos Orçamentários para a Manutenção de Pavimentos do Sistema Viário Municipal em 1992*, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Relatório Final da Atividade 1, novembro.
- EPUSP (1992, a) *Concepção, Desenvolvimento e Aplicação de uma Sistemática para o Planejamento da Manutenção do Sistema Viário do Município de São Paulo*, Relatório Mensal de Acompanhamento 02, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, outubro.
- EPUSP (1992, b) *Otimização e Priorização dos Recursos Orçamentários para a Manutenção de Pavimentos do Sistema Viário Municipal em 1993*, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Relatório Final 03, novembro.
- EPUSP (1994, a) *Concepção, Desenvolvimento e Aplicação de uma Sistemática para o Planejamento da Manutenção do Sistema Viário do Município de São Paulo-Etapa 3*, Relatório de Acompanhamento 02, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, janeiro.
- EPUSP (1994, b) *Concepção, Desenvolvimento e Aplicação de uma Sistemática para o Planejamento da Manutenção do Sistema Viário do Município de São Paulo-Etapa 3*, Relatório Mensal de Acompanhamento N° 08, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, julho.
- Tavakoli, A.; Lapin, M.S.; Figueroa, J.L. (1992) *PMSC: Pavement Management System for Small Communities*, Journal of Transportation Engineering, Vol. 118, N° 2, pp270-280, Cleveland, Ohio.
- Visser, A.T.; Queiroz, C.A.V. (1979) *Roughness Measurements Systems*, Empresa Brasileira de Planejamento de Transporte/GEIPOT, PICR Working Document n°10, Brasília.

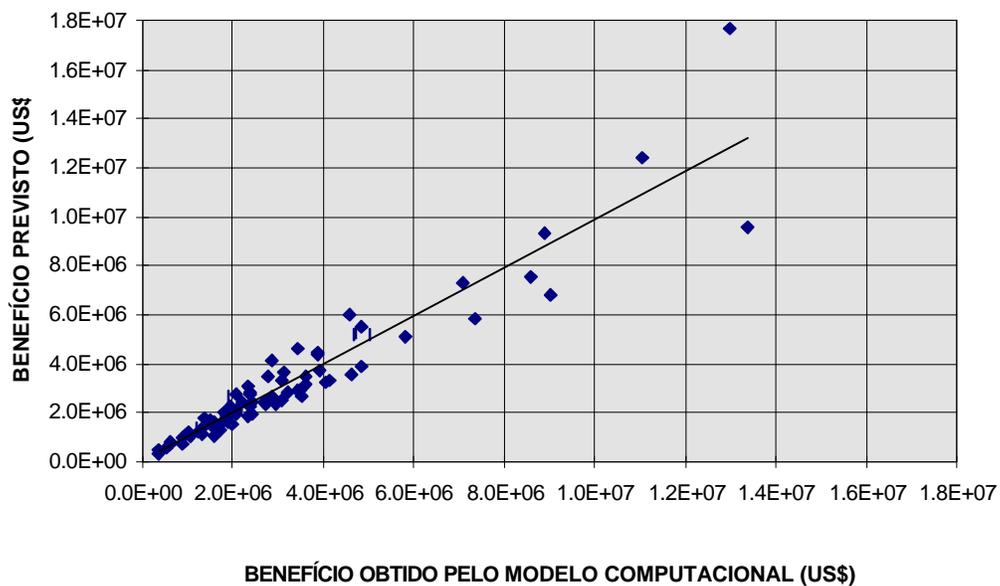


Figura 1 Representação dos benefícios obtidos pela equação 5 e pelo modelo computacional

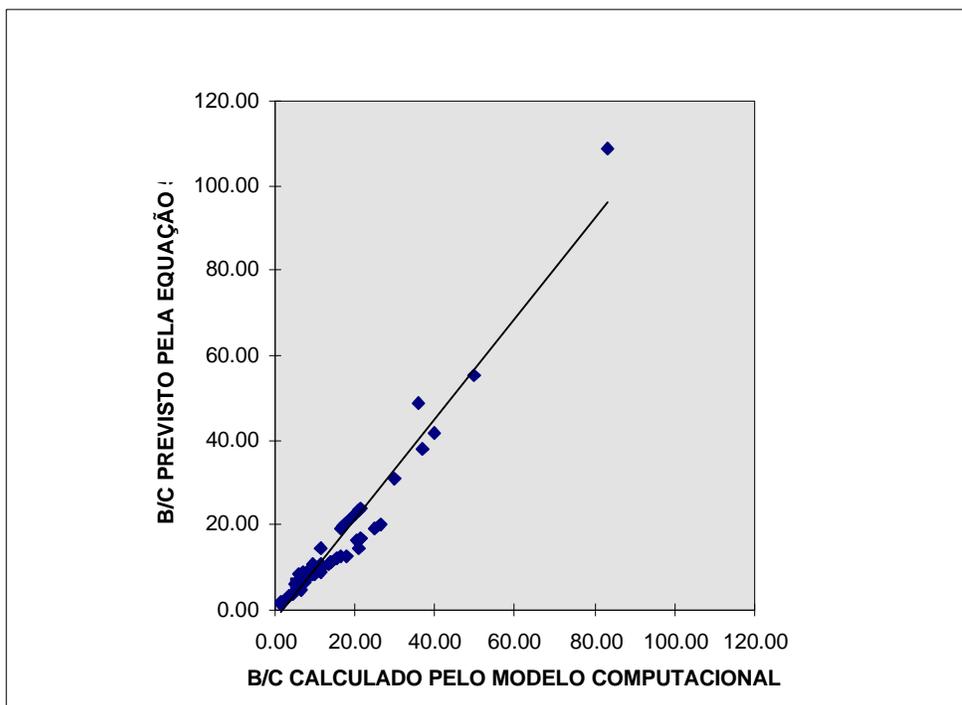


Figura 2 Representação das relações benefício/custo obtidos pela equação 5 e pelo modelo computacional

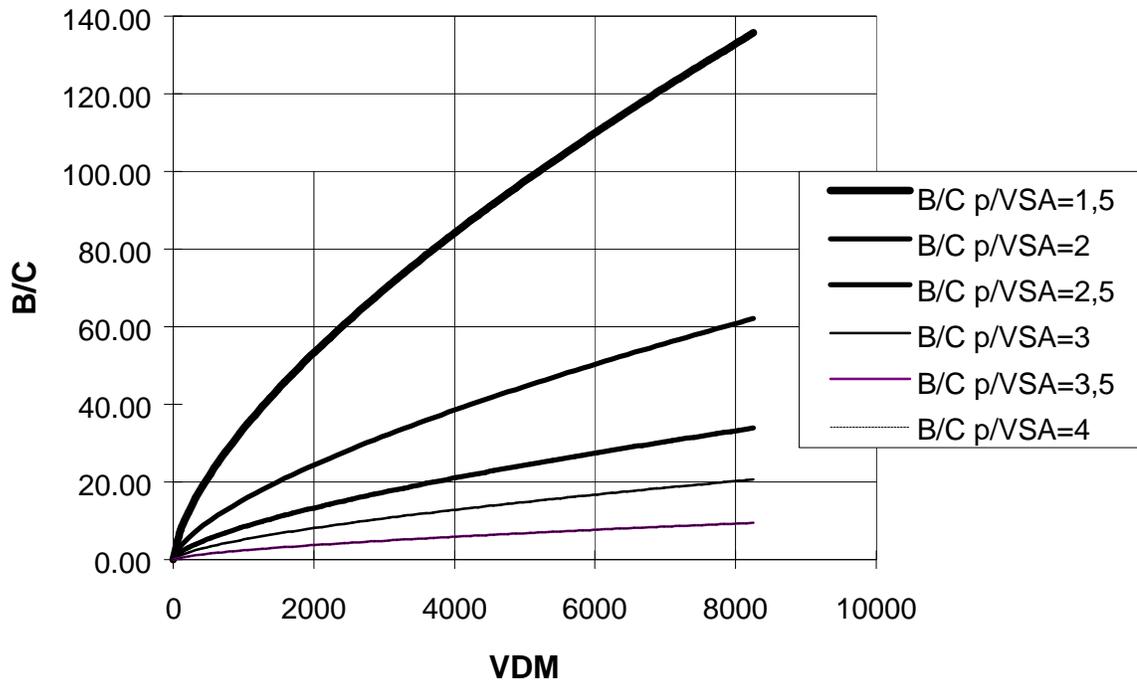


Figura 3 Visualização do comportamento do modelo para os vários níveis de VSA (Equação 5)

Planilha 1 Priorização pelo modelo estatístico (equação 5)

Ordem 1	Ordem 2	Dif.	LOGRADOURO	VSA	Relaçã o B/C	Custo (US\$)	Benefício (US\$)
1	2	1	Marginal Pinheiros - Local	1.21	35.67	3.64E+05	1.30E+07
2	3	1	Marginal Tiete - Local	1.92	49.56	2.23E+05	1.11E+07
3	1	-2	Marginal Tiete - Expressa	3.13	17.78	7.53E+05	1.34E+07
4	5	1	Marginal Tiete - Local	2.13	39.88	2.23E+05	8.90E+06
5	6	1	Marginal Tiete - Expressa	3.50	10.74	7.98E+05	8.58E+06
6	8	2	Marginal Tiete - Local	2.21	36.88	1.92E+05	7.08E+06
7	4	-3	Marginal Tiete - Local	2.63	26.41	3.42E+05	9.02E+06
8	16	8	Marginal Tiete - Local	3.13	11.31	4.07E+05	4.60E+06
9	7	-2	Marginal Tiete - Local	2.79	21.50	3.42E+05	7.35E+06
10	12	2	Marginal Pinheiros - Expressa	3.42	9.28	5.19E+05	4.82E+06
11	13	2	Marginal Tiete - Local	2.62	21.42	2.20E+05	4.72E+06
12	14	2	Marginal Tiete - Local	2.63	21.14	2.20E+05	4.66E+06
13	10	-3	Marginal Tiete - Local	2.38	30.08	1.67E+05	5.01E+06
14	9	-5	Marginal Tiete - Expressa	3.50	10.74	5.42E+05	5.82E+06
15	27	12	Marginal Pinheiros - Expressa	3.63	6.75	5.08E+05	3.43E+06
16	21	5	Marginal Tiete - Local	2.79	17.28	2.23E+05	3.85E+06
17	20	3	Marginal Tiete - Local	2.67	20.08	1.92E+05	3.86E+06
18	33	15	Marginal Pinheiros - Expressa	3.71	5.89	4.86E+05	2.86E+06
19	11	-8	Marginal Tiete - Local	2.79	21.50	2.26E+05	4.86E+06
20	19	-1	Marginal Tiete - Local	3.29	11.38	3.45E+05	3.92E+06
21	29	8	Marginal Tiete - Local	2.83	16.43	1.89E+05	3.11E+06
22	15	-7	Marginal Tiete - Local	2.67	25.06	1.84E+05	4.60E+06
23	36	13	Marginal Pinheiros - Expressa	3.83	5.74	4.85E+05	2.79E+06
24	23	-1	Marginal Tiete - Expressa	3.63	7.86	4.59E+05	3.61E+06
25	17	-8	Marginal Tiete - Local	2.83	20.44	2.03E+05	4.15E+06
26	31	5	Marginal Tiete - Expressa	3.71	7.19	4.26E+05	3.06E+06
27	18	-9	Marginal Tiete - Expressa	3.33	13.67	2.97E+05	4.07E+06
28	22	-6	Marginal Pinheiros - Expressa	3.46	9.54	3.80E+05	3.63E+06
29	44	15	Alca	1.50	83.23	2.82E+04	2.35E+06
30	25	-5	Marginal Pinheiros - Expressa	3.42	10.09	3.43E+05	3.46E+06
31	26	-5	Marginal Pinheiros - Expressa	3.38	11.97	2.88E+05	3.45E+06
32	42	10	Marginal Pinheiros - Local	2.96	6.25	3.81E+05	2.38E+06
33	28	-5	Marginal Tiete - Local	3.29	10.64	3.02E+05	3.21E+06
34	49	15	Marginal Tiete - Expressa	3.92	4.53	4.55E+05	2.06E+06
35	41	6	Marginal Tiete - Local	2.71	19.08	1.26E+05	2.40E+06
36	34	-2	Marginal Pinheiros - Expressa	3.58	7.96	3.58E+05	2.85E+06
37	54	17	Marginal Tiete - Expressa	3.96	4.12	4.56E+05	1.88E+06
38	24	-14	Marginal Tiete - Local	2.96	16.22	2.16E+05	3.50E+06
39	35	-4	Marginal Tiete - Expressa	3.58	9.52	2.97E+05	2.83E+06
40	30	-10	Marginal Pinheiros - Expressa	3.38	11.42	2.71E+05	3.10E+06
41	38	-3	Marginal Pinheiros - Local	2.50	7.37	3.64E+05	2.69E+06
42	46	4	Marginal Pinheiros - Local	2.75	8.20	2.68E+05	2.20E+06
43	40	-3	Marginal Tiete - Expressa	3.67	8.21	2.94E+05	2.41E+06
44	32	-12	Marginal Tiete - Local	3.09	13.77	2.13E+05	2.94E+06
45	37	-8	Marginal Pinheiros - Expressa	2.83	3.62	7.60E+05	2.75E+06
46	52	6	Marginal Pinheiros - Expressa	3.79	5.53	3.54E+05	1.96E+06
47	43	-4	Marginal Pinheiros - Expressa	3.63	7.86	3.01E+05	2.37E+06

48	53	5	Marginal Pinheiros - Expressa	3.75	6.70	2.84E+05	1.90E+06
49	48	-1	Marginal Tiete - Expressa	3.71	6.86	3.01E+05	2.07E+06
50	50	0	Marginal Tiete - Expressa	3.71	7.67	2.56E+05	1.96E+06
51	57	6	Marginal Tiete - Local	3.54	7.97	2.26E+05	1.80E+06
52	39	-13	Marginal Pinheiros - Expressa	2.67	4.44	5.45E+05	2.42E+06
53	47	-6	Marginal Pinheiros - Expressa	3.58	8.52	2.45E+05	2.08E+06
54	45	-9	Marginal Tiete - Local	3.09	13.77	1.69E+05	2.33E+06
55	56	1	Marginal Tiete - Local	3.38	10.05	1.84E+05	1.85E+06
56	65	9	Marginal Pinheiros - Local	3.17	4.77	2.85E+05	1.36E+06
57	63	6	Marginal Tiete - Local	2.63	21.14	7.06E+04	1.49E+06
58	64	6	Marginal Tiete - Expressa	3.79	5.92	2.45E+05	1.45E+06
59	60	1	Marginal Tiete - Local	3.54	7.45	2.13E+05	1.59E+06
60	55	-5	Marginal Tiete - Expressa	3.42	11.32	1.66E+05	1.87E+06
61	58	-3	Marginal Tiete - Expressa	3.50	10.08	1.69E+05	1.71E+06
62	51	-11	Marginal Tiete - Local	3.00	15.44	1.27E+05	1.96E+06
63	62	-1	Marginal Pinheiros - Expressa	3.58	7.96	1.96E+05	1.56E+06
64	69	5	Marginal Tiete - Local	2.80	17.05	7.06E+04	1.20E+06
65	67	2	Marginal Pinheiros - Expressa	3.67	7.70	1.69E+05	1.30E+06
66	59	-7	Marginal Pinheiros - Expressa	2.42	6.37	2.67E+05	1.70E+06
67	72	5	Marginal Pinheiros - Expressa	3.58	1.31	7.62E+05	9.98E+05
68	68	0	Marginal Pinheiros - Expressa	3.17	2.35	5.32E+05	1.25E+06
69	66	-3	Marginal Tiete - Expressa	3.42	11.32	1.19E+05	1.34E+06
70	61	-9	Marginal Tiete - Expressa	3.00	20.96	7.53E+04	1.58E+06
71	71	0	Marginal Pinheiros - Expressa	3.63	7.34	1.43E+05	1.05E+06
72	70	-2	Marginal Tiete - Local	3.46	8.40	1.27E+05	1.07E+06
73	74	1	Marginal Pinheiros - Expressa	3.46	1.58	5.45E+05	8.62E+05
74	76	2	Marginal Pinheiros - Expressa	3.59	1.29	4.83E+05	6.23E+05
75	73	-2	Marginal Pinheiros - Expressa	2.96	3.07	2.83E+05	8.68E+05
76	75	-1	Marginal Tiete - Expressa	3.79	6.62	9.42E+04	6.23E+05
77	77	0	Marginal Pinheiros - Expressa	3.34	1.87	2.83E+05	5.29E+05
78	78	0	Marginal Pinheiros - Expressa	3.54	1.40	2.67E+05	3.74E+05
79	79	0	Marginal Pinheiros - Local	2.58	6.60	5.65E+04	3.73E+05

Obs.:

- Ordem 1 é o resultado de priorização pelo modelo computacional
- Ordem 2 é o resultado de priorização pelo modelo estatístico
- Dif. é o número de posições deslocadas de priorização entre as duas ordens acima

Planilha 2 Priorização pelo modelo de Tavakoli et al.

Ordem 1	Ordem 2	Dif.	LOGRADOURO	VSA	Relaçã o B/C	Custo (US\$)	Benefício (US\$)
1	44	43	Alca	1.50	83.23	2.82E+04	2.35E+06
2	3	1	Marginal Tiete - Local	1.92	49.56	2.23E+05	1.11E+07
3	5	2	Marginal Tiete - Local	2.13	39.88	2.23E+05	8.90E+06
4	2	-2	Marginal Pinheiros - Local	1.21	35.67	3.64E+05	1.30E+07
5	8	3	Marginal Tiete - Local	2.21	36.88	1.92E+05	7.08E+06
6	10	4	Marginal Tiete - Local	2.38	30.08	1.67E+05	5.01E+06
7	13	6	Marginal Tiete - Local	2.62	21.42	2.20E+05	4.72E+06
8	14	6	Marginal Tiete - Local	2.63	21.14	2.20E+05	4.66E+06
9	63	54	Marginal Tiete - Local	2.63	21.14	7.06E+04	1.49E+06
10	20	10	Marginal Tiete - Local	2.67	20.08	1.92E+05	3.86E+06
11	41	30	Marginal Tiete - Local	2.71	19.08	1.26E+05	2.40E+06
12	21	9	Marginal Tiete - Local	2.79	17.28	2.23E+05	3.85E+06
13	69	56	Marginal Tiete - Local	2.80	17.05	7.06E+04	1.20E+06
14	29	15	Marginal Tiete - Local	2.83	16.43	1.89E+05	3.11E+06
15	61	46	Marginal Tiete - Expressa	3.00	20.96	7.53E+04	1.58E+06
16	1	-15	Marginal Tiete - Expressa	3.13	17.78	7.53E+05	1.34E+07
17	16	-1	Marginal Tiete - Local	3.13	11.31	4.07E+05	4.60E+06
18	18	0	Marginal Tiete - Expressa	3.33	13.67	2.97E+05	4.07E+06
19	26	7	Marginal Pinheiros - Expressa	3.38	11.97	2.88E+05	3.45E+06
20	30	10	Marginal Pinheiros - Expressa	3.38	11.42	2.71E+05	3.10E+06
21	12	-9	Marginal Pinheiros - Expressa	3.42	9.28	5.19E+05	4.82E+06
22	25	3	Marginal Pinheiros - Expressa	3.42	10.09	3.43E+05	3.46E+06
23	55	32	Marginal Tiete - Expressa	3.42	11.32	1.66E+05	1.87E+06
24	66	42	Marginal Tiete - Expressa	3.42	11.32	1.19E+05	1.34E+06
25	22	-3	Marginal Pinheiros - Expressa	3.46	9.54	3.80E+05	3.63E+06
26	6	-20	Marginal Tiete - Expressa	3.50	10.74	7.98E+05	8.58E+06
27	9	-18	Marginal Tiete - Expressa	3.50	10.74	5.42E+05	5.82E+06
28	58	30	Marginal Tiete - Expressa	3.50	10.08	1.69E+05	1.71E+06
29	34	5	Marginal Pinheiros - Expressa	3.58	7.96	3.58E+05	2.85E+06
30	35	5	Marginal Tiete - Expressa	3.58	9.52	2.97E+05	2.83E+06
31	47	16	Marginal Pinheiros - Expressa	3.58	8.52	2.45E+05	2.08E+06
32	62	30	Marginal Pinheiros - Expressa	3.58	7.96	1.96E+05	1.56E+06
33	23	-10	Marginal Tiete - Expressa	3.63	7.86	4.59E+05	3.61E+06
34	27	-7	Marginal Pinheiros - Expressa	3.63	6.75	5.08E+05	3.43E+06
35	43	8	Marginal Pinheiros - Expressa	3.63	7.86	3.01E+05	2.37E+06
36	71	35	Marginal Pinheiros - Expressa	3.63	7.34	1.43E+05	1.05E+06
37	40	3	Marginal Tiete - Expressa	3.67	8.21	2.94E+05	2.41E+06
38	67	29	Marginal Pinheiros - Expressa	3.67	7.70	1.69E+05	1.30E+06
39	31	-8	Marginal Tiete - Expressa	3.71	7.19	4.26E+05	3.06E+06
40	33	-7	Marginal Pinheiros - Expressa	3.71	5.89	4.86E+05	2.86E+06
41	48	7	Marginal Tiete - Expressa	3.71	6.86	3.01E+05	2.07E+06
42	50	8	Marginal Tiete - Expressa	3.71	7.67	2.56E+05	1.96E+06
43	4	-39	Marginal Tiete - Local	2.63	26.41	3.42E+05	9.02E+06
44	53	9	Marginal Pinheiros - Expressa	3.75	6.70	2.84E+05	1.90E+06
45	15	-30	Marginal Tiete - Local	2.67	25.06	1.84E+05	4.60E+06
46	52	6	Marginal Pinheiros - Expressa	3.79	5.53	3.54E+05	1.96E+06
47	64	17	Marginal Tiete - Expressa	3.79	5.92	2.45E+05	1.45E+06

48	75	27	Marginal Tiete - Expressa	3.79	6.62	9.42E+04	6.23E+05
49	36	-13	Marginal Pinheiros - Expressa	3.83	5.74	4.85E+05	2.79E+06
50	46	-4	Marginal Pinheiros - Local	2.75	8.20	2.68E+05	2.20E+06
51	49	-2	Marginal Tiete - Expressa	3.92	4.53	4.55E+05	2.06E+06
52	7	-45	Marginal Tiete - Local	2.79	21.50	3.42E+05	7.35E+06
53	11	-42	Marginal Tiete - Local	2.79	21.50	2.26E+05	4.86E+06
54	54	0	Marginal Tiete - Expressa	3.96	4.12	4.56E+05	1.88E+06
55	17	-38	Marginal Tiete - Local	2.83	20.44	2.03E+05	4.15E+06
56	24	-32	Marginal Tiete - Local	2.96	16.22	2.16E+05	3.50E+06
57	42	-15	Marginal Pinheiros - Local	2.96	6.25	3.81E+05	2.38E+06
58	51	-7	Marginal Tiete - Local	3.00	15.44	1.27E+05	1.96E+06
59	32	-27	Marginal Tiete - Local	3.09	13.77	2.13E+05	2.94E+06
60	45	-15	Marginal Tiete - Local	3.09	13.77	1.69E+05	2.33E+06
61	65	4	Marginal Pinheiros - Local	3.17	4.77	2.85E+05	1.36E+06
62	38	-24	Marginal Pinheiros - Local	2.50	7.37	3.64E+05	2.69E+06
63	19	-44	Marginal Tiete - Local	3.29	11.38	3.45E+05	3.92E+06
64	28	-36	Marginal Tiete - Local	3.29	10.64	3.02E+05	3.21E+06
65	79	14	Marginal Pinheiros - Local	2.58	6.60	5.65E+04	3.73E+05
66	56	-10	Marginal Tiete - Local	3.38	10.05	1.84E+05	1.85E+06
67	70	3	Marginal Tiete - Local	3.46	8.40	1.27E+05	1.07E+06
68	57	-11	Marginal Tiete - Local	3.54	7.97	2.26E+05	1.80E+06
69	60	-9	Marginal Tiete - Local	3.54	7.45	2.13E+05	1.59E+06
70	59	-11	Marginal Pinheiros - Expressa	2.42	6.37	2.67E+05	1.70E+06
71	39	-32	Marginal Pinheiros - Expressa	2.67	4.44	5.45E+05	2.42E+06
72	37	-35	Marginal Pinheiros - Expressa	2.83	3.62	7.60E+05	2.75E+06
73	73	0	Marginal Pinheiros - Expressa	2.96	3.07	2.83E+05	8.68E+05
74	68	-6	Marginal Pinheiros - Expressa	3.17	2.35	5.32E+05	1.25E+06
75	77	2	Marginal Pinheiros - Expressa	3.34	1.87	2.83E+05	5.29E+05
76	74	-2	Marginal Pinheiros - Expressa	3.46	1.58	5.45E+05	8.62E+05
77	78	1	Marginal Pinheiros - Expressa	3.54	1.40	2.67E+05	3.74E+05
78	72	-6	Marginal Pinheiros - Expressa	3.58	1.31	7.62E+05	9.98E+05
79	76	-3	Marginal Pinheiros - Expressa	3.59	1.29	4.83E+05	6.23E+05

Obs.:

- Ordem 1 é o resultado de priorização pelo modelo computacional
- Ordem 2 é o resultado de priorização pelo modelode Tavakoli et al.
- Dif. é o número de posições deslocadas de priorização entre as duas ordens acima

Planilha 3 Priorização pelo modelo do DNER

Ordem 1	Ordem 2	Dif.	LOGRADOURO	VSA	Relaçã o B/C	Custo (US\$)	Benefício (US\$)
1	2	1	Marginal Pinheiros - Local	1.21	35.67	364286.77	12994108.95
2	3	1	Marginal Tiete - Local	1.92	49.56	223090.46	11056363.26
3	5	2	Marginal Tiete - Local	2.13	39.88	223070.73	8896060.74
4	8	4	Marginal Tiete - Local	2.21	36.88	191922.42	7078098.91
5	10	5	Marginal Tiete - Local	2.38	30.08	166602.29	5011396.96
6	44	38	Alca	1.50	83.23	28237.88	2350239.12
7	59	52	Marginal Pinheiros - Expressa	2.42	6.37	267348.12	1703007.53
8	1	-7	Marginal Tiete - Expressa	3.13	17.78	752830.31	13385322.84
9	4	-5	Marginal Tiete - Local	2.63	26.41	341689.69	9024024.81
10	7	-3	Marginal Tiete - Local	2.79	21.50	341702.89	7346612.13
11	11	0	Marginal Tiete - Local	2.79	21.50	225919.27	4857264.22
12	12	0	Marginal Pinheiros - Expressa	3.42	9.28	519473.00	4820709.40
13	13	0	Marginal Tiete - Local	2.62	21.42	220223.95	4717197.08
14	14	0	Marginal Tiete - Local	2.63	21.14	220284.05	4656804.80
15	15	0	Marginal Tiete - Local	2.67	25.06	183547.74	4599706.40
16	16	0	Marginal Tiete - Local	3.13	11.31	406509.02	4597617.00
17	17	0	Marginal Tiete - Local	2.83	20.44	203256.48	4154562.48
18	18	0	Marginal Tiete - Expressa	3.33	13.67	297414.19	4065651.91
19	19	0	Marginal Tiete - Local	3.29	11.38	344587.26	3921402.97
20	20	0	Marginal Tiete - Local	2.67	20.08	192052.54	3856415.09
21	21	0	Marginal Tiete - Local	2.79	17.28	223019.76	3853781.38
22	22	0	Marginal Pinheiros - Expressa	3.46	9.54	380421.23	3629218.52
23	24	1	Marginal Tiete - Local	2.96	16.22	215962.47	3502911.20
24	25	1	Marginal Pinheiros - Expressa	3.42	10.09	342577.69	3456608.92
25	26	1	Marginal Pinheiros - Expressa	3.38	11.97	288003.39	3447400.59
26	28	2	Marginal Tiete - Local	3.29	10.64	302136.45	3214731.80
27	29	2	Marginal Tiete - Local	2.83	16.43	189187.47	3108350.05
28	30	2	Marginal Pinheiros - Expressa	3.38	11.42	271136.12	3096374.52
29	32	3	Marginal Tiete - Local	3.09	13.77	213256.43	2936541.09
30	37	7	Marginal Pinheiros - Expressa	2.83	3.62	759533.83	2749512.45
31	38	7	Marginal Pinheiros - Local	2.50	7.37	364390.27	2685556.25
32	39	7	Marginal Pinheiros - Expressa	2.67	4.44	545310.95	2421180.61
33	41	8	Marginal Tiete - Local	2.71	19.08	125659.26	2397578.70
34	42	8	Marginal Pinheiros - Local	2.96	6.25	381097.53	2381859.54
35	45	10	Marginal Tiete - Local	3.09	13.77	169475.31	2333675.04
36	46	10	Marginal Pinheiros - Local	2.75	8.20	268166.00	2198961.17
37	51	14	Marginal Tiete - Local	3.00	15.44	127029.77	1961339.62
38	55	17	Marginal Tiete - Expressa	3.42	11.32	165587.90	1874455.07
39	56	17	Marginal Tiete - Local	3.38	10.05	183591.25	1845092.02
40	61	21	Marginal Tiete - Expressa	3.00	20.96	75295.99	1578203.94
41	63	22	Marginal Tiete - Local	2.63	21.14	70603.86	1492565.64
42	65	23	Marginal Pinheiros - Local	3.17	4.77	285413.80	1361423.81
43	66	23	Marginal Tiete - Expressa	3.42	11.32	118545.89	1341939.43
44	68	24	Marginal Pinheiros - Expressa	3.17	2.35	531587.68	1249231.05

45	70	25	Marginal Tiete - Local	3.46	8.40	127132.36	1067911.79
46	73	27	Marginal Pinheiros - Expressa	2.96	3.07	282573.92	867501.92
47	74	27	Marginal Pinheiros - Expressa	3.46	1.58	545343.69	861643.03
48	77	29	Marginal Pinheiros - Expressa	3.34	1.87	282832.62	528897.00
49	9	-40	Marginal Tiete - Expressa	3.50	10.74	542350.05	5824839.51
50	69	19	Marginal Tiete - Local	2.80	17.05	70606.03	1203832.80
51	79	28	Marginal Pinheiros - Local	2.58	6.60	56483.37	372790.26
52	6	-46	Marginal Tiete - Expressa	3.50	10.74	798459.79	8575458.17
53	23	-30	Marginal Tiete - Expressa	3.63	7.86	459341.03	3610420.48
54	27	-27	Marginal Pinheiros - Expressa	3.63	6.75	508343.31	3431317.32
55	31	-24	Marginal Tiete - Expressa	3.71	7.19	425549.85	3059703.41
56	33	-23	Marginal Pinheiros - Expressa	3.71	5.89	485710.11	2860832.54
57	34	-23	Marginal Pinheiros - Expressa	3.58	7.96	357546.16	2846067.43
58	35	-23	Marginal Tiete - Expressa	3.58	9.52	297311.67	2830407.10
59	36	-23	Marginal Pinheiros - Expressa	3.83	5.74	485441.63	2786434.93
60	40	-20	Marginal Tiete - Expressa	3.67	8.21	293507.45	2409696.18
61	43	-18	Marginal Pinheiros - Expressa	3.63	7.86	301207.23	2367488.84
62	47	-15	Marginal Pinheiros - Expressa	3.58	8.52	244651.66	2084432.12
63	48	-15	Marginal Tiete - Expressa	3.71	6.86	301181.75	2066106.81
64	49	-15	Marginal Tiete - Expressa	3.92	4.53	455131.89	2061747.45
65	50	-15	Marginal Tiete - Expressa	3.71	7.67	255910.57	1962834.11
66	52	-14	Marginal Pinheiros - Expressa	3.79	5.53	353962.14	1957410.61
67	53	-14	Marginal Pinheiros - Expressa	3.75	6.70	284142.60	1903755.44
68	54	-14	Marginal Tiete - Expressa	3.96	4.12	455679.82	1877400.85
69	57	-12	Marginal Tiete - Local	3.54	7.97	225945.60	1800786.43
70	58	-12	Marginal Tiete - Expressa	3.50	10.08	169431.08	1707865.30
71	60	-11	Marginal Tiete - Local	3.54	7.45	213320.73	1589239.44
72	62	-10	Marginal Pinheiros - Expressa	3.58	7.96	195709.48	1557847.43
73	64	-9	Marginal Tiete - Expressa	3.79	5.92	244876.23	1449667.27
74	67	-7	Marginal Pinheiros - Expressa	3.67	7.70	169377.69	1304208.24
75	71	-4	Marginal Pinheiros - Expressa	3.63	7.34	143121.61	1050512.62
76	72	-4	Marginal Pinheiros - Expressa	3.58	1.31	761708.58	997838.24
77	75	-2	Marginal Tiete - Expressa	3.79	6.62	94159.82	623337.98
78	76	-2	Marginal Pinheiros - Expressa	3.59	1.29	482666.03	622639.18
79	78	-1	Marginal Pinheiros - Expressa	3.54	1.40	266833.86	373567.41

Obs.:

- Ordem 1 é o resultado de priorização pelo modelo computacional
- Ordem 2 é o resultado de priorização pelo modelo do DNER
- Dif. é o número de posições deslocadas de priorização entre as duas ordens acima