

Procedimento do U.S.HCM/2010

- ⇒ procedimento para análise de confiabilidade do tempo de viagem introduzido em 2015 !
 métodos específicos para vias expressas e para vias urbanas
 pode eventualmente analisar outras variáveis (velocidades, filas, atrasos, etc ...)
 permite variar o controle de tráfego em função da condição de tráfego ...
 - ⇒ procedimento: gera diversos cenários de interesse e avalia cada um (força bruta)
 - para vias expressas usa metodologia de sistemas expressos (Ch.10)
 (inclui dados sobre efeitos de incidentes e bloqueio de faixas em vias expressas)
 - para vias arteriais usa metodologia de vias urbanas (Ch.16) ...
 - ⇒ obtém distribuição de tempos de viagens avaliando resultados de cenários com:
 - variações recorrentes de demanda (hora do dia, dia da semana, mês do ano) ...
 - clima severo (chuva pesada, neve, ...) e incidentes (acidentes, paradas, ...)
 - obras na via e eventos especiais (incluindo medidas mitigadoras ...)
 - ⇒ medidas de regularidade/confiabilidade do tempo de viagem:
 - **Índice de tempo de viagem** (TTI-Travel Time Index): razão entre o tempo (médio) de viagem (numa via ou trecho) e o tempo de viagem básico (de fluxo livre);
 - **Índice planejado de tempo de viagem** (PTI-Planning Time Index): razão entre o percentil 95 do tempo de viagem e o tempo de viagem básico (do tipo de via);
 (índice de política: substituir tempo de viagem básico por meta de tempo de viagem)
 Índices de confiabilidade subjacentes à distribuição dos tempos de viagem:
 - medidas de variabilidade (variância e percentis 50, 85 ou 95 do tempo de viagem)
 - medidas de confiabilidade (porcentagem de falha/sucesso do tempo de viagem)
 (**nota de confiabilidade**: %das viagens com tempo de viagem abaixo de $TTI=1,33$).
- dados usuais de desempenho: $V_{95} = \frac{V_{FL}}{PTI}$, $\bar{\delta} = \frac{\bar{d}}{L} = \left(\frac{1}{\bar{V}} - \frac{1}{V_{FL}} \right) = \frac{1}{V_{FL}} \cdot (TTI_{médio} - 1)$, ...
- ⇒ muitos dados dificilmente transferíveis entre regiões (método exige dados locais)
 - fatores de variação da demanda (mês do ano, dia da semana, hora do dia);
 - incidência de eventos climáticos e de incidentes (incluindo composição e duração)
 - eventualmente também o impacto na via (pelo menos exige validação em campo)
 - ⇒ método alternativo: análise de cenários contingenciais, considerados prováveis ...
 (ênfase: definir planos contingenciais ao invés de obter estatísticas de desempenho)

⇒ Procedimentos:

Cenários de análise para avaliação da regularidade/confiabilidade:

Período de Estudo T (usual: 1 a 6hs) dividido em período de análise (usual: 15min)
 Período de Referência: período do ano, tipos de dia e períodos do dia considerados
 Dados básicos: condições de demanda e oferta usuais (médio ou global; ex.:VDMA)
 Fatores de Ajuste ou Variação: por mês, dia da semana, hora do dia, etc ...
 Fatores de Ajuste ou Impacto de clima e incidentes: por tipo, intensidade, etc ...
 Dados alternativos: condições especiais (períodos de obra, eventos, etc ...).

Ajuste da Demanda: $Q_{spa} = f_m \cdot f_d \cdot f_t \cdot Q_{sp}$ com $Q_{sp} = K_{sp} \cdot D \cdot VDMA$ (ou $Q_{spa} = DAF \cdot Q_{sp}$)

fatores de variação do mês do ano f_m , dia da semana f_d , da hora do dia f_t
 (dados do HCM/2010 dificilmente são aplicáveis ao Brasil; obter dados locais)
 (ignora efeito do clima e outros na demanda (em vias urbanas, o valor básico para dia com neve é redução de 20% ; para dia com chuva é redução de 0%)

- com dados detalhados de demanda: $Q_{pk}^j = Q_{pk}^{sj} \cdot \frac{f_p}{f_s}$ (s refere-se ao dado detalhado)

- sem dados detalhados de demanda: $Q_{pk}^{p15min} = f_p \cdot 4 \cdot K_{p15min} \cdot D \cdot \frac{AADT_k}{24}$ no segmento k

($f_p = f_m \cdot f_d \cdot f_t$ ou DAF e K_{p15min} para volume de tráfego do pico de 15min)

Ajuste da Oferta: alguns fatores de ajustamento básicos (default) ...

- vias expressas: tempo básico de viagem usualmente assumido como de fluxo livre
 clima: CAF e SAF para 11 tipos de eventos; adotado em todo trecho ...

probabilidade: dado local; início ou meio de T: igual probabilidade
 dados históricos de incidência de eventos (institutos meteorológicos)

incidentes: CAF para 6 níveis de severidade; ocorrência: dado local; ...

início: início ou meio T; no trecho: primeiro, médio ou último segmento
 índices de incidentes, pelo menos acidentes (IC/AC~4,9; AC dado)

obras/eventos: dados do analista (somente significativos); muito variáveis ...

(ver Tabelas 36-26, 36-16, 10-17, 36-24, 36-25, 10-14)

- vias arteriais: tempo básico definido com V85 (global) fora dos períodos de pico ...

clima: chuva ou neve; modelo de precipitação local (afeta incidentes)

dados: dias com precipitação, precipitação total, intensidade média
 e temperatura média por mês do ano (institutos meteorológicos)

incidentes: dados de tempos de detecção, resposta (função do clima) e
 de atendimento (função do tipo e severidade) para incidentes ...

ocorrência: dado local; segmento/interseção; via, hora: ~VKM ...

obras/eventos: dados do analista (incluindo controle); muito variáveis ...

(ver Tabelas 36-31, 36-32, 36-33, 36-34)

- geração de cenários em vias expressas: períodos de estudo com duração T_{sp}
- . conceito de probabilidade temporal (*timewise probability*): peculiar do HCM/2010

padrão de demanda p : $p_{sp} = \frac{60 \text{ min/h} \cdot n_{\text{horas/dia-sp}} \cdot n_{\text{dias-sp}}}{60 \text{ min/h} \cdot n_{\text{horas/dia-s}} \cdot n_{\text{dias-s}}}$ no período de estudo s

eventos de clima w : $p_{w/spm} = \frac{T_{\text{min-wm-sp}}}{60 \text{ min/h} \cdot n_{\text{horas/dia-s}} \cdot n_{\text{dias-sm}}}$ para cada mês do ano

incidentes i : $p_{i/wspm} = \frac{T_{\text{min-iwm-sp}}}{T_{\text{min-wm-sp}}}$ ou $p_{ispm} = \frac{T_{\text{min-im-sp}}}{60 \text{ min/h} \cdot n_{\text{horas/dia-s}} \cdot n_{\text{dias-sm}}}$ ($p_{i/wm} = p_{i/m}$)

agregação: $p_{wsp} = \frac{\sum_m p_{w/spm} \cdot N_{p/m} [\text{dias}]}{\sum_m N_{p/m} [\text{dias}]}$, $p_{i/wsp} = \frac{\sum_m p_{i/wspm} \cdot N_{p/m} [\text{dias}]}{\sum_m N_{p/m} [\text{dias}]}$...

composição: $p_{spwi} = p_{sp} \cdot p_{wsp} \cdot p_{i/wsp}$ (evento de clima w , incidente i /minuto de sp)

- . cenários $c(=pwi)$: duração n_{sp} períodos de 15min, n_{wsp} c /clima w e n_{isp} c /incidente i (com duração dos eventos de clima e incidentes em sub-períodos de 15min)

tendo-se $p_{spw} = \frac{n_{wsp}}{n_c \cdot n_{sp}}$, $p_{spi} = \frac{n_{isp}}{n_c \cdot n_{sp}}$ por evento (com total de cenários n_c)

simulações c : peso π_{spc} para $p_{spwi} \cdot n_{sp} = \sum_c \pi_{spc} \cdot n_{wspi}$ e $p_{spw} \cdot n_{sp} = \sum_c \pi_{spc} \cdot n_{wsp}$

início do evento climático: $p_{\text{início}} = p_{\text{meio}} = 1/2$ de sp (em todo trecho de via)

início do incidente: $p_{\text{início}} = p_{\text{meio}} = 1/2$ de sp (comum ao evento climático)

posição do incidente: $p_{\text{primeiro}} = p_{\text{médio}} = p_{\text{último}} = 1/3$ (em segmentos básicos)

duração do incidente: $p_{25} = p_{50} = p_{75} = 1/3$ (dos percentis 25, 50, 75)

cenários operacionais: $c=pwi$, $o=tle$ (t =início l =posição e =duração), de 15min

$\pi_{0o} = \pi_o / n_{sp}$ (sem eventos), $\pi_{wo} = \pi_w / 2 / n_{sp}$ (só eventos climáticos)

$\pi_{io} = \pi_i / 18 / n_{sp}$ (só incidentes), $\pi_{co} = \pi_c / 18 / n_{sp}$ (ambos, conjunto)

cenários determinísticos; pode-se adicionar replicações com aleatoriedade ... mas o número de cenários determinísticos é em geral grande (>1000)

TABELA 36-4. Tipos de Eventos Climáticos – HCM/2010

Tipo de Condição	Intensidade da Condição
Chuva média Chuva forte	>0,10 ≤0,25in/h (>2,54 ≤6,35mm/h) >0,25in/h (>6,35mm/h)
Neve leve Neve leve a média Neve média a forte Neve forte	>0 ≤0,05in/h (>0 ≤1,27mm/h) >0,05 ≤0,10in/h (>1,27 ≤2,54mm/h) >0,10 ≤0,50in/h (>2,54 ≤12,27mm/h) >0,50in/h (>12,27mm/h)
Frio severa	<-4°F (<-20°C)
Visibilidade	<1 ≥0,50mi (<1,6 ≥0,8km) <0,8 ≥0,25mi (<0,8 ≥0,4km) <0,25mi (<0,4km)
Clima não severo	todos os demais casos

TABELA 36-26. Ajuste de Capacidade e Velocidade em Vias Expressas para Eventos Climáticos – HCM/2010

Tipo de Condição	Capacidade (CAF)					Velocidade Livre (SAF)				
	55mph	60mph	65mph	70mph	75mph	55mph	60mph	65mph	70mph	75mph
Chuva média Chuva forte	0,94 0,89	0,93 0,88	0,92 0,86	0,91 0,84	0,90 0,82	0,96 0,94	0,95 0,93	0,94 0,93	0,93 0,92	0,93 0,91
Neve leve Neve leve a média Neve média a forte Neve forte	0,97 0,95 0,93 0,80	0,96 0,94 0,91 0,78	0,96 0,92 0,90 0,76	0,95 0,90 0,88 0,74	0,95 0,88 0,87 0,72	0,94 0,92 0,90 0,88	0,92 0,90 0,88 0,86	0,89 0,88 0,86 0,85	0,87 0,86 0,84 0,83	0,84 0,83 0,82 0,81
Frio severa	0,93	0,92	0,92	0,91	0,90	0,95	0,95	0,94	0,93	0,92
Visibilidade	0,90 0,88 0,90	0,90 0,88 0,90	0,90 0,88 0,90	0,90 0,88 0,90	0,90 0,88 0,90	0,96 0,95 0,95	0,95 0,94 0,94	0,94 0,93 0,93	0,94 0,92 0,92	0,93 0,91 0,91
Clima não severo	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Fonte: Vandehey et al. (2013) – SHRP 2 Project L08 Final Report

TABELA 36-16. Capacidade Remanescente por faixa com Incidentes em Vias Expressas – HCM/2010

No.de Faixas Expressas por Sentido	Sem Incidente	Acostamento Bloqueado	Bloqueio de 1 Faixa	Bloqueio de 2 Faixas	Bloqueio de 3 Faixas	Bloqueio de 4 Faixas
2	1,00	0,81	0,70	-	-	-
3	1,00	0,83	0,74	0,51	-	-
4	1,00	0,85	0,77	0,50	0,52	-
5	1,00	0,87	0,81	0,67	0,50	0,50
6	1,00	0,89	0,85	0,75	0,53	0,52
7	1,00	0,91	0,88	0,80	0,63	0,63
8	1,00	0,93	0,89	0,84	0,66	0,66

TABELA 36-24. Probabilidade por Severidade dos Incidentes em Vias Expressas – HCM/2010

Tipo de Incidente			
Acostamento Bloqueado	1 Faixa Bloqueada	2 Faixas Bloqueadas	3+ Faixas Bloqueadas
75,4%	19,6%	3,1%	1,9%

Fonte: Vandehey et al. (2013) – SHRP 2 Project L08 Final Report

TABELA 36-25. Duração (min) por Severidade dos Incidentes em Vias Expressas – HCM/2010

Percentil	Tipo de Incidente			
	Acostamento Bloqueado	1 Faixa Bloqueada	2 Faixas Bloqueadas	3+ Faixas Bloqueadas
25	17	20	39	47
50	32	34	53	69
75	47	48	67	91

Fonte: Vandehey et al. (2013) – SHRP 2 Project L08 Final Report

TABELA 10-14. Capacidade por Faixa (v/h/fx) com Obras de Longa Duração – HCM/2010

Redução 2->1	Redução 3->2	Redução 3->1	Redução 4->3	Redução 4->2	Redução 4->1
1400	1450	1450	1500	1450	1350

TABELA 10-15. Redução de Capacidade devida ao Clima e Condições Ambientais – HCM/2010

Tipo de Condição	Intensidade da Condição	Redução Média (%)	Faixa de Redução (%)
Chuva	>0 ≤0,10in/h (>0 ≤2,54mm/h)	2,01	1,17 – 3,43
	>0,10 ≤0,25in/h (>2,54 ≤6,35mm/h)	7,24	5,67 – 10,10
	>0,25in/h (>6,35mm/h)	14,13	10,72 – 17,67
Neve	>0 ≤0,05in/h (>0 ≤1,27mm/h)	4,29	3,44 – 5,51
	>0,05 ≤0,10in/h (>1,27 ≤2,54mm/h)	8,66	5,48 – 11,53
	>0,10 ≤0,50in/h (>2,54 ≤12,27mm/h)	11,04	7,45 – 13,35
	>0,50in/h (>12,27mm/h)	22,43	19,53 – 27,82
Temperatura	<50 ≥34°F (<10 ≥ 1°C)	1,07	1,06 – 1,08
	<34 ≥-4°F (<10 ≥ -20°C)	1,50	1,49 – 1,52
	<-4°F (<-20°C)	8,45	6,62 – 10,27
Vento	>10 ≤20mi/h (>16 ≤32km/h)	1,07	0,73 – 1,41
	>20mi/h (>32km/h)	1,47	0,74 – 2,19
Visibilidade	<1 ≥0,50mi (<1,6 ≥0,8km)	9,67	(um local)
	<0,8 ≥0,25mi (<0,8 ≥0,4km)	11,67	(um local)
	<0,25mi (<0,4km)	10,49	(um local)

TABELA 10-16. Capacidade por Faixa (v/h/fx) sob Condições Variadas na Alemanha – HCM/2010

Tipo de Via Expressa	Tipo de Dia	Diurno e Seco	Noturno e Seco	Diurno e Chuvoso	Noturno e Chuvoso
6 faixas (3 por sentido)	dia útil	1489	1299 -13%	1310 -12%	923 38%
6 faixas (3 por sentido)	final de semana	1380	1084 -21%	1014 -27%	-
4 faixas (2 por sentido)	dia útil	1739	1415 -19%	1421 -18%	913 -47%
4 faixas (2 por sentido)	final de semana	1551	1158 -25%	1104 -29%	-

* Dados obtidos em Auto-estradas Alemãs. Redução em % da condição diurna/seca no mesmo tipo de dia.

TABELA 10-17. Proporção da Capacidade Disponível com Incidentes – HCM/2010

No.de Faixas Expressas por Sentido	Acostamento Impedido	Acidente no Acostamento	Bloqueio de uma Faixa	Bloqueio de duas Faixas	Bloqueio de três Faixas
2	0,95	0,81	0,35	0,00	-
3	0,99	0,83	0,49	0,17	0,00
4	0,99	0,85	0,58	0,25	0,13
5	0,99	0,87	0,65	0,40	0,20
6	0,99	0,89	0,71	0,50	0,26
7	0,99	0,91	0,75	0,57	0,36
8	0,99	0,93	0,78	0,63	0,41

- curvas de operação ($V \times q$) ajustadas: exemplos do HCM2010

FIGURA 10-18. Ilustração de Curvas para Diferentes Condições de Clima – HCM/2010

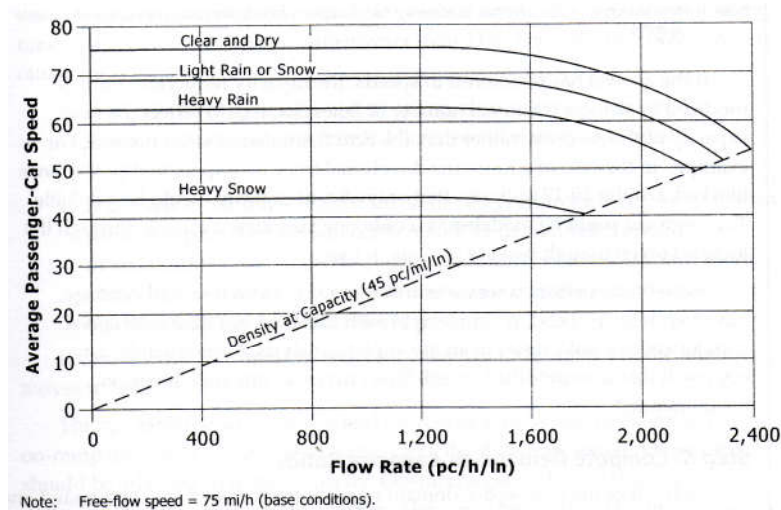
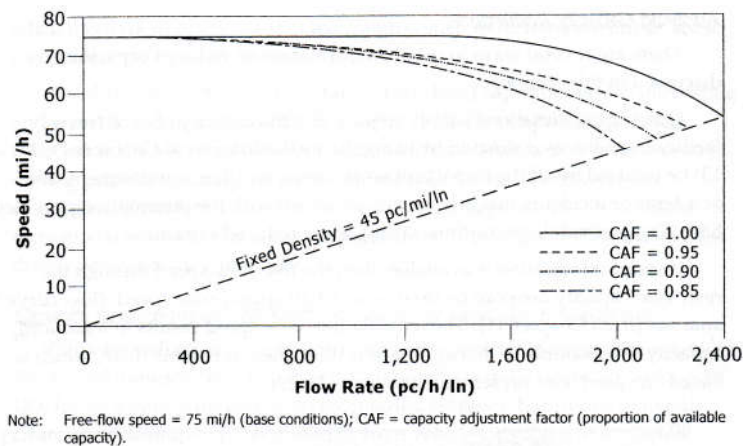


FIGURA 10-19. Ilustração de Curvas Ajustadas para Redução de Capacidade – HCM/2010



- aplicação dos fatores de ajuste às curvas de operação da via:

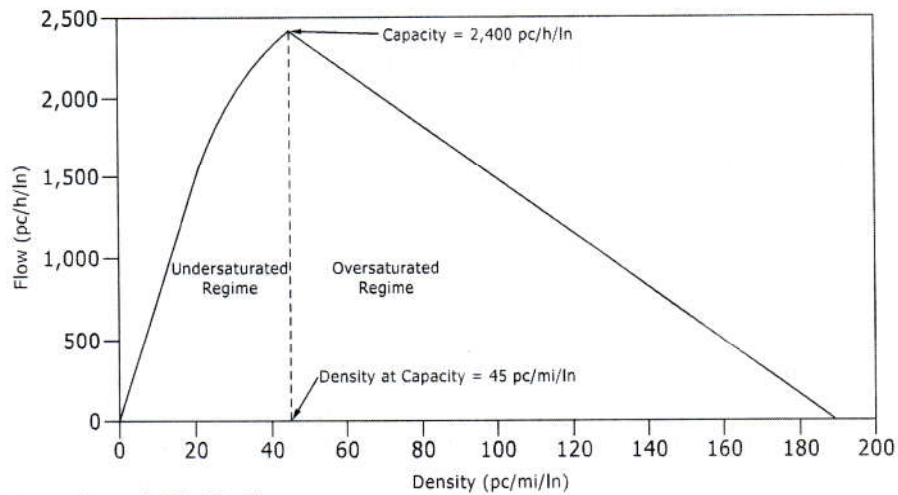
$$\tilde{V} = \tilde{V}'_{fa} + \left(1 - e^{-\ln(\tilde{V}'_{fa} + 1 - \tilde{V}'_c) \tilde{q}_f / \tilde{c}'_{fa}} \right), \quad V_{Fa} = SAF \cdot V_F, \quad \tilde{c}'_{fa} = CAF \cdot \tilde{c}'_f, \quad \tilde{V}_c = \frac{\tilde{c}'_{fa}}{\tilde{K}_{cf}}, \quad \tilde{K}_{cf} = 45 \text{ pc/mi/ln}$$

$$= 28 \text{ veq/km/fx}$$

(fluxo normal; pode-se adotar forma linear e perda de capacidade com filas: ~7% ...)

- simplificação: operação saturada ($q \times K$)

FIGURA 25-5. Curva Fluxo-Densidade Básica dos Segmentos – HCM/2010



Note: Assumed FFS = 75 mi/h.

fluxo normal $q = S[K]$

fluxo forçado $q = R[K]$

fluxo forçado qF :

(aproximação linear)

$$K = KC + \frac{SC - qF}{SC} (KJ - KC)$$

$$\therefore K = KJ - \frac{qF}{SC} (KJ - KC)$$

propagação do congestionamento

$$\text{velocidade: } W_s = \frac{SC}{KJ - KC}$$

(constante em fluxo forçado)

$$\text{percurso: } t_w = \frac{L}{W_s}$$

- geração de cenários em vias urbanas: períodos de estudo com duração T_{sp}
- . variação determinística e aleatória (replicações: $N_r = \left(\frac{2 \cdot t_{1-\alpha/2} \cdot s}{\epsilon \cdot m} \right)^2$, erro $\pm \epsilon \cdot m$)
- . obtém eventos de clima de um modelo simplificado de clima local: dados de dias c/precipitação N_{hm} , precipitação total média \bar{H}_m , intensidade por hora \bar{r}_m e temperatura média $\bar{\theta}_m$ por mês do ano (institutos meteorológicos)
 - probabilidade de precipitação: $p_{hm} = \frac{N_{hm}[\text{dias}]}{N_m[\text{dias}]}$ no mês m , aleatorizado ($\sim U$)
 - temperatura θ : para definir chuva (até 32°F, 0°C) ou neve (caso contrário)
 - θ aleatorizado: \sim Normal (média local $\bar{\theta}_m$, desvio padrão 5°F ou 2,8°C)
 - precipitação diária: \bar{h}_{dm} aleatorizado ($\bar{H}_d = \frac{H_m}{N_{hm}}$, desvio padrão s_{Hdm} , \sim Gama)
 - com $s_{Hdm} = \text{mín}\{2,5 \cdot \bar{h}_{dm}; 0,65\text{in} = 16,5\text{mm}\}$
 - intensidade: r_{md} aleatorizado (média \bar{r}_m e, desvio padrão $1,0 \cdot \bar{r}_m$, \sim Gama)
 - (para neve, os valores são multiplicados pela densidade relativa, ~ 10)
 - duração: $d_{am} = \frac{h_{md}}{r_{md}}$ para cada replicação (se h e r são independentes ...)
 - início do evento: aleatorizado (início na hora $T_{am} = 24 - d_{am} [h]$ no dia, $\sim U$)
 - pavimento molhado (após precipitação): escoamento (0,083h para chuva)
 - secagem: $0,888 \cdot e^{\beta_0} + 0,19 \cdot I_{noite} [h]$ com $I_{noite} = 1$ período noturno (0 c.c.)
 - com $\beta_0 = -0,0070 \cdot \bar{\theta}_m [^\circ F] = -0,224 - 0,0126 \cdot \bar{\theta}_m [^\circ C]$, p/chuva (0,5h p/neve)
 - (com neve, fator climático de redução de demanda $f_r=0,80$; demais $f_r=1,0$...)
- . obtém incidentes com base em dados locais de acidentes por ano (8760h/ano) de interseções ou segmentos de via e proporção acidentes/incidentes ($\sim 0,2041$) (procedimento usa taxa equivalente/dia seco, com fatores da **Tabela 36-31**)
 - média $m_{lkpwi} = p_{lk} \cdot m_{lpw} \cdot p_{li}$ (p_{li} da **Tabela 36-24**; p_{lk} da **Tabela 36-33,34**) onde
 - $m_{lpw} = \frac{\bar{m}_{Aeq}}{P_{A/I}} \cdot c_w \cdot f_h \cdot f_d \cdot f_m$ com $\bar{m}_{Aeq} = \frac{m_A}{\sum_w p_w \cdot c_w}$ (c_w da **Tabela 36-31**)
 - probabilidade aleatorizada (\sim Poisson): $p_{ok} = e^{-m_{lkpwi}}$ e $p_{lk} = 1 - p_{ok}$ ($p_{+lk} \cong 0$)
 - detecção: $\sim 2\text{min}$, resposta: $\sim 15\text{min}$ (20,4min c/neve), atendimento: **Tabela 36-32**
 - duração: aleatorizada, média $\bar{m}_d = t_{dt} + t_{rs} + t_{at}$, desvio padrão $0,8 \cdot \bar{m}_d$ (\sim Gama)
- . obtém posição como interseção ou segmento, aleatorizada (proporção do tráfego) em cada aproximação da interseção ou direção do segmento (\sim empírica)
- . obras na via e eventos especiais: todos os dados fornecidos pelo analista ...
- . cenários operacionais: $c=p$, $o=w$ (le = início l=posição e=duração), por hora em T variação de demanda é sistemática (pode ser aleatorizada, mais replicações) todos os demais atributos são aleatorizados em cada hora das replicações ... (duração é arredondada em sub-períodos de 1h ou 15min, do início da hora) efetivo em reduzir o número de casos (mas exige mais replicações por caso)

efeito opcional: variação aleatória por manobra para períodos de 15min

$$\text{movimento } j, \text{ hora } h, \text{ interseção } i: f_{ijhpd} = \frac{1 - FHP_i}{FHP_i} \cdot \sqrt{0,25 \cdot Q_{ijhpd}} \cdot e^{-0,00679 + 0,004 / (FHP_i)^4}$$

Q_{ijhpd} aleatorizado (~Gama, média $0,25 \cdot Q_{ijhpd}$, desvio padrão $f_{ijhpd} \cdot \sqrt{0,25 \cdot Q_{ijhpd}}$)
 (para acesso/egresso: $f_{ijhpd} = 1$, ~Poisson se $Q_{ijhpd} \leq 64v/h$ senão ~Normal)

fatores de ajuste por eventos climáticos em interseções semaforizadas:

. intensidade de precipitação: $R_{p,d}$ em in/h; $R_{Mp,d}$ em mm/h

$$\text{redução do fluxo de saturação: } f_{Rs,p,d} = \frac{1}{1 + \gamma_{Rs} \cdot R_{p,d}} = \frac{1}{1 + \gamma_{RsM} \cdot R_{Mp,d}},$$

$$\gamma_{Rs} = 0,48 \text{ p/chuva } (\gamma_{RsM} = 0,0189); \gamma_{Rs} = 0,39 \text{ p/neve } (\gamma_{RsM} = 0,0154);$$

$$\text{redução da velocidade fluxo livre: } f_{Rv,p,d} = \frac{1}{1 + \gamma_{Rv} \cdot R_{p,d}} = \frac{1}{1 + \gamma_{RvM} \cdot R_{Mp,d}},$$

$$\gamma_{Rv} = 0,48 \text{ p/chuva } (\gamma_{RvM} = 0,0189); \gamma_{Rv} = 1,4 \text{ p/neve } (\gamma_{RvM} = 0,0551);$$

sem precipitação mas com pavimento molhado: $f_{Rs,p,d} = 0,95$ e $f_{Rv,p,d} = 0,95$

sem precipitação mas pavimento com neve/gelo: $f_{Rs,p,d} = 0,90$ e $f_{Rv,p,d} = 0,90$

fatores de ajuste por incidentes (severidade) em interseções semaforizadas:

. severidade do incidente: $N_{b,p,d}$ (no. faixas bloqueadas) e

$$B_{l,p,d} \text{ (efeito da gravidade do incidente: } AcV:0,58; AsV:0,42; NAc:0,17)$$

$$\text{redução do fluxo de saturação: } f_{Is,p,d} = \left(1 - \frac{N_{b,p,d}}{N_f}\right) \left(1 - \frac{B_{l,p,d}}{N_f}\right) \geq 0,10,$$

$$\text{redução da velocidade fluxo livre: } f_{Iv,p,d} = \left(1 - \frac{B_{l,p,d}}{N_f}\right),$$

para cada movimento/grupo semaforico (~grupo de faixas) das aproximações

efeito combinado: $S_a = f_{Rs,p,d} \cdot f_{Is,p,d} \cdot S$ e $V_{FLa} = f_{Rv,p,d} \cdot f_{Iv,p,d} \cdot V_{FL}$ (e obras, outros eventos)

atraso adicional: $d_{outros} = L \cdot \left(\frac{1}{V_{FLa}} - \frac{1}{V_{FL}}\right)$, além do efeito no fluxo de saturação

efeito específico do clima na conversão à esquerda: +brecha crítica (**Tabela 37-23**)

TABELA 37-23. Efeito do Clima na Brecha Crítica para Conversão à Esquerda – HCM/2010

Condição de Clima	Claro, Pavimento com Neve	Claro, Pavimento com Gelo	Claro, Pavimento com Água	Nevando	Chovendo
Aumento da Brecha Crítica para Conversão à Esquerda	+0,9 seg	+0,9 seg	+0,7 seg	+1,2 seg	+0,7 seg

TABELA 36-31. Dados Básicos de Incidentes em Vias Urbanas – HCM/2010

Tipo de Condição	Intensidade da Condição
Fator de ajuste da taxa de acidentes pelo clima	Chuva: 2,00 Pavimento Molhado (sem chuva): 3,00 Neve: 1,50 Pavimento com neve/gelo (sem neve): 2,75
Tempo de detecção de incidente	2,0min (todas as condições de clima)
Tempo de chegada ao incidente	Claro, seco: 15,0min Chuva: 15,0min Pavimento Molhado (sem chuva): 15,0min Neve: 20,4min Pavimento com neve/gelo (sem neve): 20,4min
Tempo de atendimento ao incidente	Tabela 36-32
Probabilidade de incidentes	Tabela 36-33 e 36-34

TABELA 36-32. Dados Básicos de Atendimento a Incidentes em Vias Urbanas – HCM/2010

Localização na Via	Tipo de Evento	Localização na Faixa	Severidade	Tempo de atendimento ao incidente (min)			
				Seco	Chuva	Pav.Molhado*	Neve**
Segmento	Acidente	1 faixa	F&V	56,4	42,1	43,5	76,7
			PDO	39,4	28,6	29,7	53,7
		2+ faixas	F&V	56,4	42,1	43,5	76,7
			PDO	39,5	28,6	29,7	53,7
		acostamento	F&V	56,4	42,1	43,5	76,7
			PDO	39,5	28,6	29,7	53,7
	Não Acidente	1 faixa	F&V	10,8	5,6	5,7	14,6
			PDO	6,7	2,4	2,8	9,1
		2+ faixas	F&V	10,8	5,6	5,7	14,7
			PDO	6,7	2,4	2,8	9,1
		acostamento	F&V	10,8	5,6	5,7	14,7
			PDO	6,7	2,4	2,8	9,1
Interseção (Semáforo)	Acidente	1 faixa	F&V	56,4	42,1	43,5	76,7
			PDO	39,4	28,6	29,7	53,7
		2+ faixas	F&V	56,4	42,1	43,5	76,7
			PDO	39,5	28,6	29,7	53,7
		acostamento	F&V	56,4	42,1	43,5	76,7
			PDO	39,5	28,6	29,7	53,7
	Não Acidente	1 faixa	F&V	10,8	5,6	5,7	14,6
			PDO	6,7	2,4	2,8	9,1
		2+ faixas	F&V	10,8	5,6	5,7	14,7
			PDO	6,7	2,4	2,8	9,1
		acostamento	F&V	10,8	5,6	5,7	14,7
			PDO	6,7	2,4	2,8	9,1

Fonte: Vandehey et al. (2013) – SHRP 2 Project L08 Final Report

F&V: Fatal ou com Vítima; PDO: apenas dano material

*Pav.Molhado, sem chuva; **Neve: aplica-se também a pavimento com neve ou gelo.

TABELA 36-33. Dados Básicos de Distribuição de Incidentes em Vias Urbanas com Acostamento * – HCM/2010

Localização na Via	Tipo de Evento	Proporção P1	Localização na Faixa	Proporção P2	Severidade Tipo	Proporção P3	Proporção Conjunta (P1*P2*P3)
Segmento	Acidente	0,358	1 faixa	0,335	F&V	0,304	0,036
			2+ faixas	0,163	PDO	0,696	0,083
					F&V	0,478	0,028
			acostamento	0,502	PDO	0,522	0,030
					F&V	0,111	0,020
			PDO	0,889	0,160		
	Não Acidente	0,642	1 faixa	0,849	Fila	0,836	0,456
			2+ faixas	0,119	Outro	0,164	0,089
					Fila	0,773	0,059
			acostamento	0,032	Outro	0,227	0,017
					Fila	0,667	0,014
			Outro	0,333	0,007		
Interseção	Acidente	0,310	1 faixa	0,314	F&V	0,378	0,037
			2+ faixas	0,144	PDO	0,622	0,061
					F&V	0,412	0,018
			acostamento	0,542	PDO	0,588	0,026
					F&V	0,109	0,018
			PDO	0,891	0,150		
	Não Acidente	0,690	1 faixa	0,829	Fila	0,849	0,486
			2+ faixas	0,141	Outro	0,151	0,086
					Fila	0,865	0,084
			acostamento	0,030	Outro	0,135	0,013
					Fila	0,875	0,018
			Outro	0,125	0,003		

* com permissão de estacionamento, ocupação deve ser inferior a 30%

TABELA 36-33. Dados Básicos de Distribuição de Incidentes em Vias Urbanas sem Acostamento * – HCM/2010

Localização na Via	Tipo de Evento	Proporção P1	Localização na Faixa	Proporção P2	Severidade Tipo	Proporção P3	Proporção Conjunta (P1*P2*P3)
Segmento	Acidente	0,358	1 faixa	0,837	F&V	0,304	0,091
			2+ faixas	0,163	PDO	0,696	0,209
					F&V	0,478	0,028
	Não Acidente	0,642	1 faixa	0,881	PDO	0,522	0,030
			2+ faixas	0,119	Fila	0,836	0,473
					Outro	0,164	0,093
Fila	0,773	0,059					
Outro	0,227	0,017					
Interseção	Acidente	0,310	1 faixa	0,856	F&V	0,378	0,100
			2+ faixas	0,144	PDO	0,622	0,165
					F&V	0,412	0,018
	Não Acidente	0,690	1 faixa	0,859	PDO	0,588	0,026
			2+ faixas	0,141	Fila	0,849	0,503
					Outro	0,151	0,089
Fila	0,865	0,084					
Outro	0,135	0,013					

* também se acostamento com permissão de estacionamento e ocupação for superior a 30%

Comentários sobre o Procedimento do U.S.HCM/2010

- ⇒ procedimentos de força bruta (implementados no FREEVAL-RL e STREETVAL); ...
- ⇒ os procedimentos podem permitir a análise de regularidade (variação) e confiabilidade (qualidade, segurança) em sistemas expressos ou redes urbanas
- ⇒ análise depende de dados locais e utiliza procedimentos específicos:
 - . variação sistemática dos cenários de demanda é dado básico inicial (estudos sobre coeficientes de variação por período, dia e mês são usuais);
 - . abordagens distintas para representar eventos climáticos (com dados locais):
 - em vias expressas, exige dados detalhados ...
 - em vias urbanas, usa modelo simples (chuva/neve) ...
 - . abordagens distintas para representar incidentes (com dados locais de acidentes)
 - em ambos os casos, baseados em dados de acidentes (usuais);
 - relação agregada com incidentes (melhor detalhar com dados locais);
 - distribuições empíricas de ocorrências (também melhor com dados locais);
 - . abordagens distintas para variação sistemática (casos) e aleatória (replicações)
 - método para vias expressas gera muitos casos ...
 - método para vias urbanas exige muitas replicações ...(provavelmente os métodos devem ser unificados em uma forma intermediária).
- ⇒ procedimento muito direcionado a produzir estatísticas de regularidade/confiabilidade; (apesar da discussão relacionada de GATD-Gestão Ativa de Tráfego e Demanda);
- ⇒ procedimento complementar de planejamento para cenários contingenciais importante
 - . definir cenários contingenciais relevantes (probabilidades e efeitos): impactos ...
 - . conceber planos contingenciais efetivos (ponderando custos e benefícios): ações!
- ⇒ mas é uma adição interessante aos métodos e dados tradicionais de análise ...