

118902007



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL

Estimativa da Carga de Lavagem Transportada pelo
Rio Atibaia, SP.

Ana Paula do Nascimento

Campinas
2001

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL

**Estimativa da Carga de Lavagem Transportada
pelo Rio Atibaia, SP.**

Ana Paula do Nascimento

Orientador : Prof. Dr. Evaldo Miranda Coiado

Dissertação de mestrado apresentado à Banca Examinadora, instituída pela Comissão de Pós – Graduação da Universidade Estadual de Campinas, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil, na área de concentração em Recursos Hídricos.

Atesto que esta é a versão definitiva
da dissertação/tese. 13/09/01
Prof. Dr. [assinatura]
Matrícula: 051861

Campinas/SP

2001

N.º CHAMADA: T/UNICAMP
N17e
 V. 47636
 TOB. 837/02
 PREC. 11,00
 DAT. 07-02-02
 N.º CPD. X

CM00163765-5

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
 BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA - BAE - UNICAMP

N17e Nascimento, Ana Paula do
 Estimativa da carga de lavagem transportada pelo rio Atibaia /
 Ana Paula do Nascimento. --Campinas, SP: [s.n.], 2001.

Orientador: Evaldo Miranda Coiado
 Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas,
 Faculdade de Engenharia Civil

1. Sedimentos fluviais. 2. Transporte de sedimento. 3.
 Sedimentos em suspensão. 4. Rios. I. Coiado, Evaldo Miranda. II.
 Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia
 Civil. III. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL

Estimativa da Carga de Lavagem Transportada pelo
Rio Atibaia, SP.

Ana Paula do Nascimento

Dissertação de Mestrado apresentada para a Banca Examinadora, constituída
por:


Prof. Dr. Evaldo Miranda Coiado

Presidente e Orientador: Universidade Estadual de Campinas


Prof. Dr. Antonio Augusto dos Santos Nogueira

Titular da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo


Prof. Dr. Edevar Luvizoto Júnior

Docente da Universidade Estadual de Campinas

Campinas, 29 de maio de 2001

Agradecimentos

Agradeço a Deus pela força e amparo, em todos os momentos, principalmente naqueles mais difíceis, tendo por Ele, gratidão por todas as oportunidades que sempre me concedeu.

À minha família que sempre esteve ao meu lado, ao Prof. Dr. Evaldo Mirando Coiado pela orientação e dedicação, aos meus sinceros amigos e especialmente à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo pela bolsa de estudos e recursos financeiros fornecidos.

“Não é o desafio com que nos deparamos que determina quem somos, e o que estamos nos tornando mas a maneira correta com que respondemos ao desafio. Somos combatentes, idealistas, mas plenamente conscientes, porque o ter consciência não nos obriga a ter teorias sobre as coisas, só nos obriga a sermos conscientes. Problemas para vencer, liberdade para provar. E enquanto acreditamos em nossos sonhos nada é por acaso.”

(Henfil)

Sumário

Lista de Tabelas	ix
Lista de Figuras.....	xi
Lista de Abreviaturas e Símbolos	xiii
Resumo	xxii
1 Introdução	1
2 Objetivos.....	5
3 Revisão Bibliográfica.....	6
3.1 Carga de Lavagem	6
3.2 Equações para o cálculo da descarga total do leito	24
3.2.1 Métodos do Grupo 1	28
3.2.1.1 Método de Laursen (1958).....	28
3.2.1.2 Método de Bishop, Simons e Richardson (1965).....	41
3.2.1.3 Método de Shen e Hung (1971)	50
3.2.1.4 Método de Yang (1973).....	54
3.2.1.5 Método de Ackers e White (1972 – 1973).....	61
3.2.2 Métodos do Grupo 2	69
3.2.2.1 Método de Toffaleti (1968 – 1969)	69
3.2.2.2 Método de Van Rijn (1984)	85
4 Materiais e Métodos.....	113
4.1 Introdução	113
4.2 O trecho em estudo	115
4.3 A seção de medidas.....	116
4.4 Hidrometria	116

4.4.1 Medição de vazão	116
4.4.2 Medição da declividade.....	117
4.4.3 Medidas do perfil de velocidade.....	118
4.5 Sedimentometria.....	118
4.5.1 Medição de vazão sólida de fundo.....	118
4.5.2 Medição da descarga sólida em suspensão	120
4.5.3 Granulometria do material sólido que constitui o leito do rio	123
4.5.4 Granulometria do material sólido em suspensão	124
4.5.5 Medidas do perfil de concentração	124
5 Resultados e Discussões	126
6 Conclusões.....	134
7 Recomendações.....	136
Anexos.....	137
Anexo A Fotos ilustrativas das medições na seção em estudo no Rio Atibaia – Sousas/SP.....	138
Anexo B Parâmetros hidráulicos e geométricos da seção transversal em estudo (Posto Sousas/Campinas/SP); Velocidades e concentrações pontuais, medidas na vertical do talvegue; Descargas líquidas e sólidas transportadas por arraste e suspensão; Análise granulométrica do material do leito, e sólidos transportados em suspensão	145
Referência Bibliográfica.....	194
Abstract	199

Lista de Tabelas

5.1	Parâmetros hidráulicos e geométricos da seção transversal em estudo (Posto Sousas/Campinas/SP).....	146
5.2	Parâmetros hidráulicos e geométricos da seção transversal em estudo e velocidades pontuais medidas na vertical do talvegue (Posto Sousas/Campinas/SP)	150
5.3	Parâmetros hidráulicos e geométricos da seção transversal em estudo e concentrações pontuais medidas na vertical do talvegue (Posto Sousas/Campinas/SP).....	154
5.4	Parâmetros geométricos da seção transversal em estudo e descargas líquida e sólidas transportadas por arraste e em suspensão (Posto Sousas/Campinas/SP).....	158
5.5	Análise granulométrica do material do leito e dos sólidos transportados em suspensão da seção transversal em estudo (Posto Sousas/Campinas/SP)	162
5.6	Descargas sólidas medida, descargas totais do leito segundo o método de Laursen (1958) e valores de descarga de lavagem (Posto Sousas/Campinas/ SP)	166
5.7	Descargas sólidas medida, descargas totais do leito segundo o método de Bishop, Simons e Richardson (1965) e valores de descarga de lavagem (Posto Sousas/ Campinas/SP)	170
5.8	Descargas sólidas medida, descargas totais do leito segundo o método de Shen e Hung (1971) e valores de descarga de lavagem (Posto Sousas/ Campinas/SP)	174
5.9	Descargas sólidas medida, descargas totais do leito segundo o método de Ackers e White (1973) e valores de descarga de lavagem (Posto Sousas/ Campinas/SP)	178
5.10	Descargas sólidas medida, descargas totais do leito segundo o método de Yang (1973) e valores de descarga de lavagem (Posto Sousas/ Campinas/SP)	182

5.11	Descargas sólidas medida, descargas totais do leito segundo o método de Toffaleti (1968-1969) e valores de descarga de lavagem (Posto Sousas/ Campinas/SP)...	186
5.12	Descargas sólidas medida, descargas totais do leito segundo o método de Van Rijn (1984) e valores de descarga de lavagem (Posto Sousas/ Campinas/SP).....	190

Lista de Figuras

3.01	Capacidade de transporte de sedimento, q_s ou disponibilidade de fornecimento de sedimento a montante, q'_s versus diâmetro do sedimento, d_s	16
3.02	Diferentes formas de transporte de sedimentos.....	27
3.03	Velocidade de sedimentação segundo Rubey	31
3.04	Velocidade de sedimentação segundo o Comitê Internacional das Águas	31
3.05	Valores do parâmetro ϕ_L de Laursen (1958)	38
3.06	Fator de correção, x , segundo Einstein, 1950	44
3.07	Velocidade de atrito associada às deformações do leito, segundo Einstein, 1950 ..	45
3.08	Curva de probabilidade para $D = 0,19$ mm.....	47
3.09	Curva de probabilidade para $D = 0,365$ mm.....	47
3.10	Curva de probabilidade para $D = 0,27$ mm.....	47
3.11	Curva de probabilidade para $D = 0,47$ mm.....	48
3.12	Curva de probabilidade para $D = 0,93$ mm.....	48
3.13	Concentração média de material do leito, segundo Shen e Hung (1971)	53
3.14	Zonas propostas por Toffaleti e relações de distribuição de concentrações velocidades para cálculo da descarga sólida de material do leito	70
3.15	Distribuição de concentração, segundo Toffaleti	71
3.16	Coeficiente A e fator de correção K_T , segundo Toffaleti (1968 – 1969).....	81
3.17	Curvas para obter U'_* em função de $\frac{U}{(g \cdot D_{65} \cdot S)}$ e $\frac{v^3}{g \cdot \nu \cdot S}$, segundo Toffaleti (1968 – 1969)	83
3.18	Altura dos saltos das partículas, δ_b , em função dos parâmetros D_* e T ,	

segundo Van Rijn (1984)	90
3.19 Longitude dos saltos das partículas , λ_b , em função dos parâmetros D_* e T , segundo Van Rijn (1984)	91
3.20 Velocidade das partículas, U_b , em função das características do fluxo e D_* , segundo Van Rijn	95
4.01 Esquema ilustrativo para posição das réguas linnimétricas e a seção de medição	113
4.02 Seção de estudo no Rio Atibaia, Distrito de Sousas, Campinas e posição das sete verticais de medição	114
4.03 Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí.....	115
5.01 Ajuste potencial para descarga de lavagem em função da descarga líquida.....	127
5.02 Ajuste potencial médio para descarga de lavagem em função da descarga líquida.....	128
5.03 Descarga de lavagem em função da tensão adimensionalizada	129
5.04 Coeficiente entre a descarga de lavagem e a descarga sólida total transportada, em função do Número de Froude do escoamento.....	130
5.05 Percentual da descarga de lavagem em relação a descarga sólida total transportada em função da descarga líquida.....	131
5.06 Diâmetro médio dos sedimentos transportados em suspensão em função do Número de Froude do escoamento e diâmetro limite para partícula de sedimento igual a 0,0625 mm	132
5.07 Percentual médio da descarga de lavagem em relação a descarga sólida total transportada pelo Rio Atibaia/ Sousas/SP	133

Lista de Símbolos

Alfabeto Grego

α - coeficiente adimensional	[1]
β - coeficiente que relaciona a rugosidade representativa do leito e o diâmetro do sedimento	[1]
β^* - fator que considera a diferença entre a difusão de uma partícula do fluxo e das partículas de sedimento (Van Rijn)	[1]
δ_b - altura dos salto das partículas	[L]
δ_o^* - espessura do filme laminar	[L]
Δ - densidade relativa das partículas submersas	[1]
ϕ_{L_i} - parâmetro de Laursen obtido para cada diâmetro D_i	[1]
ϕ_{L_m} - parâmetro de Laursen obtido para o diâmetro D_m	[1]
ϕ_L - parâmetro de transporte de Laursen	[1]
$\phi_* = \phi_{BT}$ - parâmetro adimensional da intensidade de transporte sólido	[1]
γ_s - peso específico da partícula de sedimento	$[M.L^{-2}.T^{-2}]$
γ - peso específico da água	$[M.L^{-2}.T^{-2}]$
η_v - parâmetro que considera a temperatura d'água	[t]
η - coeficiente de rugosidade de Manning	$[L^{-1/3}.T]$
λ_b - longitude do salto das partículas	[L]

μ - viscosidade dinâmica da água	$[M.L^{-1}.T^{-1}]$
ν - viscosidade cinemática da água	$[L^2.T^{-1}]$
θ - parâmetro associado ao adimensional de escoamento	[1]
ρ - massa específica da água	$[M.L^{-3}]$
ρ_s - massa específica do sedimento	$[M.L^{-3}]$
ρ_s^* - capacidade de transporte de sedimento suspenso, segundo Chien, 1982)	[1]
σ_g - desvio geométrico padrão	[1]
τ_{*c} - número adimensional de Shields para a condição crítica	[1]
τ_* - parâmetro adimensional de Shields para a tensão de cisalhamento τ_o	[1]
τ_{c_m} - tensão de cisalhamento crítico para partícula de diâmetro D_m	$[M.L^{-1}.T^{-2}]$
τ_{c_i} - tensão de cisalhamento crítico para partículas de diâmetro D_i	$[M.L^{-1}.T^{-2}]$
τ_c - tensão de cisalhamento crítico	$[M.L^{-1}.T^{-2}]$
τ_o' - tensão de cisalhamento produzido pelo escoamento associado a partícula	$[M.L^{-1}.T^{-2}]$
τ_o - tensão de cisalhamento produzido pelo escoamento	$[M.L^{-1}.T^{-2}]$
ψ' - parâmetro adimensional de escoamento associado a partícula	[1]
ψ_* - parâmetro adimensional de escoamento	[1]
ψ - fator global de correção	[1]
ξ - fator de correção que leva em conta a ocultação das partículas menores pelas maiores, aumentando a força de elevação necessária para iniciar o movimento das partículas ocultas	[1]

Alfabeto Romano

A – área molhada	[L ²]
A* - constante universal determinada experimentalmente	[1]
A – perda de solo por unidade de área e tempo, em t/ha.ano, ou outra unidade dependendo das que forem usadas no diversos parâmetros	[M.L ⁻² .T ¹]
B – largura do canal	[L]
$\bar{B}^*$ – coeficiente de ajuste arbitrário a um ponto ou ao valor médio através da profundidade	[1]
B* - constante universal determinada experimentalmente	[1]
C_{BT_g} - concentração de material do leito aplicada às partículas maiores para cada diâmetro em que se divide a curva granulométrica	[M.L ⁻² .T ⁻²]
C_{BT_g} - concentração de material do leito aplicada às partículas pequenas para cada diâmetro em que se divide a curva granulométrica	[M.L ⁻² .T ⁻²]
C_{BT_g} - concentração total de material grosseiro do leito transportado	[M.L ⁻² .T ⁻²]
$C_{Uso\ Solo}$ – coeficiente que expressa o uso e manejo do solo e cultura	[1]
$C_{Rugosidade}$ – coeficiente total de rugosidade do escoamento	[1]
$C_{Van\ Rijn}$ – concentração pontual sedimento de fundo em suspensão, sobre a vertical a uma distância y sobre o fundo (Van Rijn)	[M.L ⁻² .T ⁻²]
C' – coeficiente de rugosidade associado a partícula	[1]
C_a – concentração no nível de referência	[M.L ⁻² .T ⁻²]
C_b – concentração da partículas sobre o leito	[M.L ⁻² .T ⁻²]
$C_{bVan\ Rijn}$ – concentração das partículas da zona do leito (Van Rijn)	[M.L ⁻² .T ⁻²]

C_{bdi} – concentração teórica p/ zona inferior	$[M.L^{-2}.T^{-2}]$
C_{bi} – concentração para zona inferior	$[M.L^{-2}.T^{-2}]$
C_{cdi} – concentração teórica p/ zona intermediária	$[M.L^{-2}.T^{-2}]$
C_{ci} – concentração para zona intermediária	$[M.L^{-2}.T^{-2}]$
C_i – concentração medida	$[M.L^{-2}.T^{-2}]$
C_m – concentração mínima de sedimento para iniciar a deposição do sedimento	$[M.L^{-2}.T^{-2}]$
C_o – concentração máxima a um nível y de referência	$[M.L^{-2}.T^{-2}]$
C_{udi} – concentração teórica p/ zona superior	$[M.L^{-2}.T^{-2}]$
C_{ui} – concentração para zona superior	$[M.L^{-2}.T^{-2}]$
C_{yi} – distribuição da concentração de partículas suspensas de diâmetro D_i dentro de cada camada ou zona	$[M.L^{-2}.T^{-2}]$
$\bar{C}$ – concentração em volume específico através da secção do escoamento	$[M.L^{-2}.T^{-2}]$
$\bar{C}_{Laursen}$ - concentração média das partículas totais do leito transportadas tanto sobre o leito como em suspensão (Laursen)	$[M.L^{-2}.T^{-2}]$
$\bar{C}_{BT}^{SheneHung}$ - concentração média de material do leito (Shen e Hung)	$[M.L^{-2}.T^{-2}]$
C_{BT}^{Yang} - concentração média de sedimentos do leito (Yang)	$[M.L^{-2}.T^{-2}]$
d – profundidade do escoamento	$[L]$
d_i – diâmetro representativo do material que constitui o leito	$[L]$
d_m – profundidade média do fluxo, obtido entre a relação entre a área hidráulica e o comprimento da superfície livre B (Ackers e White)	$[L]$
d_s – diâmetro de sedimento	$[L]$
d_{ss} – diâmetro representativos do material sólido transportado em suspensão	$[L]$
d_s^* - diâmetro de sedimento tal que este diâmetro seja maior do que 10% dos sedimentos mais finos encontrados no leito	$[L]$
$\bar{d}_{50}$ – diâmetro médio do sedimento através da profundidade ou ao longo da secção do escoamento	$[L]$
D_{imax} – diâmetro máximo da fração da curva granulométrica	$[L]$

$D_{\min}$ – diâmetro mínimo da fração da curva granulométrica	[L]
D_m – diâmetro médio do material do leito	[L]
D_{16} – diâmetro do sedimento tal que 16% dos sedimentos têm diâmetro inferior	[L]
D_{35} - diâmetro do sedimento tal que 35% dos sedimentos têm diâmetro inferior	[L]
D_{35} – diâmetro do sedimento tal que 35% dos sedimentos têm diâmetro inferior	[L]
D_{50} - diâmetro do sedimento tal que 50% dos sedimentos têm diâmetro inferior	[L]
D_{65} – diâmetro do sedimento tal que 65% dos sedimentos têm diâmetro inferior	[L]
D_{84} – diâmetro do sedimento tal que 84% dos sedimentos têm diâmetro inferior	[L]
D_i – diâmetro da fração da curva granulométrica	[L]
D_s – diâmetro representativo das partículas em suspensão	[L]
D_* - parâmetro adimensional da partícula (granulometria) ou número de Yalin	[1]
D – diâmetro representativo da amostra	[L]
e_{1i}, e_{2i}, e_{3i} – expoente função da temperatura d'água, velocidade de sedimentação, raio hidráulico, declividade hidráulica	[1]
E_e – influência eficaz do sedimento	[1]
F_1 – parâmetro adimensional que depende da viscosidade cinemática da água, da densidade relativa da partícula e do diâmetro	[1]
F_{*c} - número de mobilidade de sedimento crítico	[1]
F_* - parâmetro adimensional da mobilidade do sedimento	[1]
g_{sai} - descarga sólida em peso seco que passa pela boca do aparelho	[M.T ⁻³]
g_{BT} - transporte unitário total do leito	[M.T ⁻³]
g – aceleração da gravidade	[L.T ⁻²]
g_B – transporte unitário para o arraste sobre a zona do leito	[M.T ⁻³]
g_{bi} – transporte unitário na zona inferior para cada diâmetro D_i	[M.T ⁻³]
g_{Bi} – transporte unitário para o arraste sobre a zona do leito p/ cada diâmetro D_i	[M.T ⁻³]
g_{BS} – transporte unitário de fundo em suspensão	[M.T ⁻³]
g_{BSi} – transporte unitário de fundo em suspensão para cada diâmetro D_i	[M.T ⁻³]
g_{BT} – transporte unitário total de leito	[M.T ⁻³]

g_{Bti} – transporte unitário total de leito para cada diâmetro D_i	$[M.T^{-3}]$
g_{ci} – transporte unitário na zona intermediária para cada diâmetro D_i	$[M.T^{-3}]$
g_{ssi} – transporte sólido em suspensão da vertical i	$[M.T^{-3}]$
g_{ui} – transporte unitário na zona superior para cada diâmetro D_i	$[M.T^{-3}]$
G_* - parâmetro adimensional de transporte de sedimento ou descarga sólida	$[1]$
G_{sst} – transporte sólida total do material em suspensão	$[M.L.T^{-3}]$
G_{BT} – transporte total de leito	$[M.L.T^{-3}]$
Δh – desnível da linha d'água	$[L]$
J – gradiente hidráulico	$[1]$
K – coeficiente função do parâmetro da partícula D_*	$[1]$
$k_{Von\ Karman}$ – constante de Von-Karman	$[1]$
$K_{Erodibilidade}$ – fator de erodibilidade do solo que representa a capacidade do solo de sofrer erosão por uma determinada chuva, em $t/ha/(t.m/ha.mm/hora)$	$[M.L^{-2}]$
K' – constante que dependerá das unidades dos parâmetros utilizados	$[1]$
K_i – constante de correção do aparelho 0,70	$[1]$
$K_s^{Van\ Rijn}$ – altura da rugosidade de fundo equivalente a Nikuradse (Van Rijn)	$[L]$
K_s – rugosidade representativa do leito	$[L]$
K_T – fator de correção que depende do parâmetro e_o	$[1]$
L – fator topográfico que expressa o comprimento de declive	$[L]$
l_i – largura da faixa da influência	$[L]$
m – coeficiente função do parâmetro da partícula D_*	$[1]$
n – expoente de transição que depende do tamanho do sedimento	$[1]$
pf – peso do microfiltro	$[M.L.T^{-2}]$
pfa – peso dos sólidos totais retidos pelo microfiltro	$[M.L.T^{-2}]$
P_{Solo} – fator que expressa a prática conservacionista do solo	$[1]$
P – perímetro molhado	$[L]$
P_i – porcentagem de vazão líquida que passa na faixa de influência desta vertical	$[1]$
$p_i^{D_i}$ – porcentagem em peso da fração da amostra com diâmetro D_i	$[1]$
P_s – peso sólido seco coletado pelo aparelho num intervalo de tempo Δt_i	$[M.L.T^{-2}]$
q – vazão líquida unitária	$[L^2.T^{-1}]$

q'_s – disponibilidade de fornecimento de sedimento a montante	$[L^2.T^{-1}]$
q_{BT} – transporte unitário total de leito	$[L^2.T^{-1}]$
q_s – capacidade de transporte de sedimento	$[L^2.T^{-1}]$
Q – vazão líquida	$[L^3.T^{-1}]$
Q_i – vazão líquida total p/ cada diâmetro D_i	$[L^3.T^{-1}]$
Q_{BT} – transporte total de leito	$[L^3.T^{-1}]$
Q_{sa} – descarga sólida transportada junto ao leito (arraste, rolamento, saltitação)	$[L^3.T^{-1}]$
Q_{ss} – descarga sólida em suspensão (carga do leito suspenso + carga de lavagem)	$[L^3.T^{-1}]$
R'' - raio hidráulico associado as deformações do leito	$[L]$
R' - raio hidráulico associado às partículas de fundo (Bishop, Simons e Richardson)	$[L]$
R – fator de erosividade da chuva, que expressa a erosão potencial, ou poder erosivo da precipitação média anual da região	$[M.L^{-2}]$
R_c – raio hidráulico crítico	$[L]$
R_h – raio hidráulico	$[L]$
S – declividade da linha d'água	$[1]$
$S_{Topográfico}$ – fator topográfico que expressa a declividade do terreno ou o grau de declive	$[1]$
S_s – densidade relativa das partículas	$[1]$
T – parâmetro da condição de transporte	$[1]$
T_T – fator de correção da temperatura dado por um relação empírica	$[1]$
T_z – fator de correção	$[1]$
U''_o - velocidade de atrito associada as deformações do leito	$[L.T^{-1}]$
U'_* - velocidade de atrito associada as partículas de sedimento	$[L.T^{-1}]$
$U.\tau_o$ - potência total do escoamento por unidade de área para sedimento fino	$[M.T^{-3}]$
$U.\tau'_o$ - potência total do escoamento por unidade de área para sedimento grosseiro	$[M.T^{-3}]$
U – velocidade da partícula de sedimento	$[L.T^{-1}]$

u_{Wang} – velocidade média através da seção (Wang, S. Y. , 1984)	[L.T ⁻¹]
$u_{Toffaletti}$ – velocidade pontual situado a distância Y sobre o fundo (Toffaletti)	[L.T ⁻¹]
U_* - velocidade de atrito	[L.T ⁻¹]
U_b – velocidade das partículas sobre o leito (VanRijn)	[L.T ⁻¹]
U_c – velocidade crítica média	[L.T ⁻¹]
U_{ci} – velocidade crítica para cada diâmetro D_i	[L.T ⁻¹]
US – potência unitária de fluxo	[L.T ⁻¹]
U^*/W - adimensional associado a ação turbulenta, importante para o transporte em suspensão, ou seja, função dependente do número de Reynolds	[1]
V – velocidade do escoamento	[L.T ⁻¹]
v_f – volume da amostra filtrada	[L ³]
$\overline{V_i}$ - velocidade média medida na vertical	[L.T ⁻¹]
w – velocidade de queda das partículas com diâmetro D , obtido segundo o critério de Rubey (regido pelas condições de inércia)	[L.T ⁻¹]
w_i – velocidade de sedimentação para cada diâmetro D_i	[L.T ⁻¹]
w_m – velocidade de sedimentação das partículas do leito associada ao diâmetro médio	[L.T ⁻¹]
$\overline{W_{OK}}$ – valor crítico superior da velocidade média de sedimentação do wash	[L.T ⁻¹]
$\overline{W}$ – velocidade de sedimentação da partículas de sedimento em movimento	[L.T ⁻¹]
$\overline{W}_o$ – velocidade de sedimentação das partículas em início de movimento	[L.T ⁻¹]
x – fator de correção devido ao efeito viscoso	[1]
X – fator de correção	[1]
$\overline{Y_{mi}}$ - profundidade da faixa de influência i	[L]
Y_{Bi} - profundidade limite para zona de leito	[L]
Y_e - profundidade limite para zona inferior	[L]
Y_m - profundidade limite para zona intermediária	[L]

Y^* – fator de correção que leva em conta a variação da força de elevação uma vez que o coeficiente de elevação ou sustentação sofre variações	[1]
Y – profundidade de fundo	[L]
y/h – espessura relativa	[1]
y_o – distância sobre o leito a qual a velocidade é nula	[L]
z – parâmetro de suspensão, introduzido por Rouse (Van Rijn)	[1]
z_i – fator expresso como função da temperatura d'água, velocidade de sedimentação, raio hidráulico, declividade hidráulica	[1]

Resumo

Nascimento, Ana Paula. Estimativa da carga de lavagem transportada pelo Rio Atibaia. Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Dissertação de Mestrado, 2001, 199 p.

Esta dissertação apresenta os resultados de uma investigação experimental visando estimar a carga de lavagem transportada numa seção do Rio Atibaia, SP. O período de coleta para análises iniciaram-se em março de 1993 a abril de 2000, totalizando 171 campanhas de medições da descarga total transportada pelo Rio Atibaia calculando-se assim os parâmetros necessários para aplicação das equações e métodos de cálculo de descarga total de fundo. Determinou-se a carga de lavagem subtraindo, da descarga total medida a descarga total de fundo calculada com as equações e métodos de Laursen (1958), Bishop e outros (1965), Shen e Hung (1971), Yang (1973), Ackers e White (1972-1973), Toffaleti (1968-1969) e Van Rijn (1989).

Os resultados forneceram as seguintes conclusões:

a) aplicando-se as sete equações ou métodos, obteve-se o valor médio da carga de lavagem representada por 83,60 % da descarga total medida transportada pelo Rio Atibaia;

b) os diâmetros médios dos sedimentos transportados em suspensão, referentes às 171 campanhas são inferiores ao limite superior de 0,0625 mm estabelecido para a carga de lavagem.

Palavras Chave: sedimentos fluviais
transporte de sedimento
sedimentos em suspensão
rios

1 Introdução

A degradação das bacias hidrográficas pela ação antrópica, como o desmatamento desordenado, o uso irracional do solo pela agricultura, pastoreio, obras civis, mineração descontrolada, e etc, associada aos fenômenos naturais de precipitação, como os verificados nas regiões tropicais, resulta, num pequeno espaço de tempo, quantidades de solo que chegam aos rios, muito maiores que aquelas produzidas em centenas de anos em condições de equilíbrio natural (bacia protegida por florestas naturais).

A erosão superficial nas bacias hidrográficas desprotegidas pode ser responsável pelo arraste de milhares de toneladas de solo fértil para dentro das calhas dos rios e destas para os reservatórios de acumulação, provocando perda da produtividade da terra, perda da capacidade de escoamento pelos rios e perda da capacidade de armazenamento dos reservatórios.

No Brasil inúmeros problemas estão ocorrendo devido a presença de grandes quantidades de sedimentos. Citam-se, os assoreamentos nas usinas hidroelétricas de Mascarenhas, ES, e de Cariobinha, SP. O volume de sedimento afluente, em 23 anos, no reservatório de Mascarenhas, foi suficiente para assorear quase todo o volume morto do reservatório, a tal ponto que, a profundidade a 100m a montante da barragem se reduziu de 24 m para 3,5 m, (HRASKO, 1996). O assoreamento da região próxima à tomada

d'água desta barragem, leva as perdas anuais de geração de energia devido a obstrução das grades, o que justificou a instalação de um sistema permanente de dragagem, (CASTRO, et al, 1998).

O reservatório de Cariobinha, durante o ano de 1991, em cerca de um terço do tempo, não gerou energia elétrica, devido à obstrução da tomada d'água por sedimentos, (CAMPOS e COIADO, 1993).

O constante crescimento da população mundial certamente provoca um aumento da liberação de sedimento devido à expansão urbana e práticas agrícolas. Este crescimento populacional provoca também um aumento da demanda da água para múltiplos propósitos, e por isto, torna-se necessário um planejamento mais rigoroso dos recursos hídricos que incorpora a questão dos sedimentos.

Portanto, o conhecimento da descarga sólida transportada pelos rios de uma bacia hidrográfica e a sua evolução ao longo do tempo torna-se importante e necessário no planejamento dos recursos hídricos, no estudo da vida útil dos reservatórios e no estudo da qualidade das águas utilizadas para o abastecimento público.

O Estado de São Paulo, que apresenta regiões extremamente suscetíveis à erosão, transporte e deposição de sedimentos, conta atualmente com poucas informações a respeito de medidas sistematizadas com relação a descarga sólida transportada pelos rios.

No cenário nacional, ao longo dos últimos trinta anos, a bacia do Rio Piracicaba vem destacando-se especialmente graças a uma economia moderna, com alto grau de desenvolvimento tecnológico, ostentando padrões de produção compatíveis com países do primeiro mundo.

Entretanto, o desenvolvimento econômico não se deu de maneira sustentável. A qualidade de vida é comprometida pela escassez hídrica em épocas de estiagem e pela poluição. Na época das cheias acrescentam-se os problemas provocados pela presença de grandes cargas de sedimentos, que assoreiam os principais canais de drenagem, causando as inundações noticiadas pelos meios de comunicação (Reversão do Sistema Cantareira/SP).

O rio Atibaia um dos dois principais afluentes do rio Piracicaba, destaca-se por abastecer 90% da população da cidade de Campinas, e ser o principal afluente do reservatório da usina hidroelétrica de Salto Grande, o qual apresenta sérios problemas de assoreamento em sua parte superior.

Uma vez que a descarga de lavagem é constituída por partículas muito finas que originam-se de processos erosivos na bacia hidrográfica a montante ou de processos erosivos das margens, o conhecimento desta descarga é importante por dois motivos. Primeiro, por não se depositarem facilmente, devido a sua granulometria, provocando problemas adicionais no tratamento das águas de abastecimento. Segundo motivo, o conhecimento da descarga de lavagem, numa seção do rio, e o seu comportamento ao longo do tempo permite avaliar o que está acontecendo com a ocupação do solo da bacia hidrográfica a montante.

Devido à inexistência, no Estado de São Paulo e nos outros estados da federação, de uma rede de medidas sedimentométricas ampla e sistemática levam muitas vezes, a utilização de equações, ou de métodos para o cálculo da descarga sólida transportada pelos rios.

Portanto, diante dos diferentes critérios de definição da carga de lavagem, e da falta de investigação sobre o assunto (destaca-se, na literatura nacional, apenas FIGUEIREDO, 1993, que estimou os limites da porcentagem e do diâmetro das partículas da carga de lavagem), pretende-se utilizando métodos e equações existentes para o cálculo da descarga total do leito (=carga do leito + carga do leito suspensa), e medições numa seção do rio Atibaia, Sousas, distrito de Campinas, estimar a carga de lavagem (“wash load”).

Sabe-se que na literatura existe uma grande quantidade de equações e métodos para estimar a descarga sólida transportada pelos rios, porém, a aplicabilidade de cada uma destas equações fica limitada às condições de origem. Um grupo de equações é limitado ao cálculo da descarga do leito (= arraste + saltitação + rolamento). Outro grupo é adequado ao transporte da descarga total do leito (= descarga do leito + descarga do leito suspensa). Estes dois grupos não consideram a descarga de lavagem, “wash load”, necessitando para o conhecimento da descarga sólida total (descarga total do leito + carga de lavagem) de um terceiro grupo de equações, que via de regra, originam-se de investigações experimentais realizadas no próprio curso d’água. As equações deste terceiro grupo, por serem desenvolvidas a partir de medições em campo, não fazem a distinção entre as modalidades de transporte, de modo que não permitem quantificar a carga de lavagem.

2 Objetivo (s)

Definir parâmetros fluvio-sedimentométricos de uma seção do rio Atibaia que permitam aplicar métodos e equações existentes na literatura, para o cálculo da descarga total do leito (= carga do leito + carga do leito suspensa);

Medir, numa seção do rio Atibaia, a descarga sólida total (= carga do leito + carga do leito suspensa + carga de lavagem);

A partir do conhecimento da descarga sólida total do leito e da descarga sólida total, determinar a carga de lavagem por subtração, conforme sugestão apresentada por YANG, 1996.

3 Revisão Bibliográfica

3.1 Carga de Lavagem

CHOW, 1964, afirma que na maioria dos rios a carga de sedimentos transportados é constituída predominantemente por carga de lavagem (“wash load”). CHOW, estima que este valor possa estar compreendido entre 80% a 90% da carga total.

Colby, 1963; segundo GRAF, 1971, afirma que a maioria dos sedimentos transportados por um curso d’ água aluvial é descarga de lavagem, e assim, as teorias de transporte do leito são úteis mas inadequadas para o cálculo da descarga sólida total.

Guy, 1964; segundo GRAF, 1971, de investigações experimentais realizadas em rios da costa Atlântica nos Estados Unidos da América, encontrou que a descarga do material grosseiro (aproximadamente idêntico ao material da carga do leito), é em geral muito menor que a metade da carga total (carga do leito + carga do leito suspensa + carga de lavagem).

Shen e Hung; 1971, “apud” ÁLVAREZ & FLORES, 1996, consideraram que a carga de lavagem deveria ter um tamanho menor ou igual ao D_{10} da curva granulométrica da carga do leito.

A complexidade física do transporte de sedimento é tal que não existe solução única, e a carga de lavagem contribui ainda mais para embarçar a solução. Geralmente a carga de lavagem é definida como os sedimentos transportados pelo fluxo com diâmetro inferior a 0,0625 mm, (RAUDKIVI, 1976).

A descarga de lavagem não pode ser definida pela capacidade de transporte do rio, uma vez que ela é fornecida pelas águas a montante, (SIMONS & SENTÜRK, 1992). Portanto, as equações que incorporam as características hidráulicas do rio e que definem a capacidade de transporte, não estimam a descarga de lavagem. Isto ocorre com todas as equações de base teórica.

a carga de sedimentos composta de partículas encontradas em grandes quantidades e em (O, 1993).

os da descarga de lavagem pode ser escolhido granulométrica do material do fundo, sendo esta is finos encontrados no fundo do rio, (Einstein,

ESTADO PAIS									
ESTADO									
SEXO									
M									
F									
ESTADO CIVIL									
CASADO									
SOLTEIRO									
OUTROS									
VIVO									
N DE FILHOS									
DEPENDENTES									

CONCURSO PÚBLICO

INSCRIÇÃO

NÚMERO

S-ARQUITETO

A descarga de lavagem é formada por material muito fino que é transportado em suspensão e que não se encontra praticamente representado no material do fundo do rio. Ao considerar uma determinada seção, todo material da carga de lavagem origina-se dos trechos do rio a montante. Sua origem se encontra no solo da bacia erodido pelas gotas de chuva, ou origina-se da erosão que o próprio rio provoca em suas margens, (ÁLVAREZ & FLORES, 1996).

Quando não se conhece o tamanho das partículas do fundo, aquelas transportadas em suspensão menores que 0,062 mm, consideram-se material da descarga de lavagem, (ÁLVAREZ & FLORES, 1996).

A magnitude da descarga de lavagem transportada por um curso d'água depende principalmente do suprimento de sedimentos pela bacia hidrográfica e não das características hidráulicas do rio. Conseqüentemente, é difícil avaliar a descarga de lavagem a partir das características hidráulicas do rio. A maioria das equações de descarga total são, na verdade, equações que determinam a descarga total do material do leito. Para se comparar os valores, das descargas totais do material do leito, medidos e calculados, deve-se antes da comparação, subtrair o valor da carga de lavagem daqueles medidos, (YANG, 1996). A utilização de equações para se estimar a descarga total de sedimentos por um rio pode levar a erros consideráveis se não levar em conta a descarga de lavagem, a qual é de difícil definição.

BREA & SPALLETI, 1998, de suas investigações sobre a descarga de sedimentos transportada pelos rios Iruya e Pescado, localizados na bacia do Rio

Bermejo, parte da bacia do Prata, na Argentina, verificaram descargas medidas da ordem de 5,5 vezes a calculada. Esta diferença, com certeza, trata-se da carga de lavagem.

SAMANEZ, 1998, aplicou três métodos de cálculo da descarga de total fundo (Laursen, 1958), (Einstein & Abdel, 1972), (Ackers & White, 1973), no ribeirão do Feijão (São Carlos), e no rio Atibaia (Campinas). No caso do ribeirão do Feijão, verificou-se que das 47 medições realizadas, em 39 a descarga sólida total medida é superior à calculada pelo método de Laursen, 1958. Das 47 medições realizadas, em 37 a descarga sólida total medida é maior que a calculada pelo método de Einstein & Abdel, 1972. No caso do rio Atibaia, verificou-se que das 84 medições realizadas, a descarga sólida medida, é superior às calculadas pelos três métodos. A diferença entre a descarga sólida medida e calculada refere-se à carga de lavagem não considerada nos métodos.

ECKHARDT, 1998, desenvolveu uma pesquisa experimental a respeito da descarga sólida transportada pelo ribeirão do Rato e rio Ivaí, região noroeste do Estado de Paraná. No caso do rio Ivaí as estimativas das descargas sólidas por Toffaleti, 1969, forneceu valores bem inferiores aos das medições diretas. Esta inferioridade deve-se a descarga de lavagem não considerada.

PAIVA, 1988, realizou uma pesquisa no Rio Mogi Guaçu, na cidade de São Carlos de medições da descarga sólida transportada. Das equações e métodos testados verificou-se que, das 21 medições realizadas, em 19 medições, os valores da descarga sólida total calculados pelos métodos de Einstein, 1950; Einstein & Abdel-AAL, 1972; Laursen, 1958, Ranga Raju et all., 1983, foram inferiores aos valores medidos. Todos os valores da descarga sólida total calculados pelo método de Shen & Hung, 1971; foram

menores que os medidos. Em 9 medições os valores da descarga sólida total calculados pelos métodos de Bishop et al., 1965; Toffaleti, 1969; e Van Rijn, 1984), foram inferiores aos medidos. Em 11 medições os valores da descarga sólida total, calculados pela equação de Yang, 1973, foram menores que os medidos.

RENDON – HERRERO O., 1974, afirma que sendo o transporte de sedimento num canal constituído principalmente pela contribuição de escoamento lateral de partículas erodidas da superfície do solo da bacia (influência do Momento de Transporte), o equacionamento apresentado por GRAF, W. H., e SHEN, H. W., não são válidos. Este escoamento lateral RENDON – HERRERO, define como “wash load”.

Graf, 1971; “apud” RENDON – HERRERO O., 1974, a “wash load” pode ser relacionado ao suprimento disponível de partículas sólidas dentro da bacia, adentrando ao curso d’ água por meio da lavagem superficial, escavação da margem, mas, é simplesmente lavagem através da seção. Graf, 1971, afirma também que a “wash load” é originário geralmente da erosão do solo e não da erosão do canal, deste modo, pode-se definir um certo relacionamento com o escoamento do rio.

Shen, H. W., 1971, “apud” RENDON – HERRERO O., 1974, define “wash load” como sendo aquela parte da carga de sedimento que consiste de grãos mais finos do que os encontrados no leito, determinado pelo fornecimento disponível a montante.

Segundo RENDON – HERRERO, 1974, A American Geophysical Union define “wash load” como a parte da carga de sedimento do rio composta por partículas de tamanho menor do que aquelas encontradas em quantidades estimadas em parcelas do leito.

Shen, H. W., 1971, “apud” RENDON – HERRERO, 1974, prediz que no sedimento proveniente da “wash load” emprega-se o uso da equação universal da perda de solo ou curvas padrões de sedimentos. Quantidades prognosticadas usando estes métodos estão sujeitos a grandes erros.

RENDON – HERRERO O., 1974, diz que o sedimento transportado nos rios pode ser realizado em três modalidades de transporte, dependendo do diâmetro da partícula e da capacidade de transporte. As modalidades de transporte de sedimento são:

- contato;
- saltitação, e
- carga suspensa.

A combinação da carga de saltitação com a de contato é admitida como carga do leito. A soma da carga suspensa com a carga do leito é chamada “carga total”. Ressalta que existe uma linha de demarcação entre materiais carregados tal como carga do leito ou carga suspensa.

Vários autores, tais como, Graf, 1971; Shen, 1971; Chow, 1964, “apud” RENDON – HERRERO O., 1974, têm mostrado que em várias ocasiões a “wash load” pode constituir-se de 90 % - 95 % da carga total de sedimento.

Ainda, RENDON – HERRERO O., existem numerosas equações de transporte de sedimento disponíveis na literatura, mas nenhuma tem sido derivada especificamente de contribuições laterais do escoamento de misturas solo – água (“wash load”).

Shen, H. W., 1971, “apud” RENDON – HERRERO O., 1974, afirma que ultimamente nenhuma das equações que predizem a carga em suspensão avaliam a parcela da “wash load” do curso d’água. Shen, também menciona que aplicando as equações para avaliar o transporte de sedimento suspenso no curso d’água resultam em erros significativos.

Ainda RENDON – HERRERO O., 1974, as equações existentes de transporte de sedimentos são baseadas unicamente na mobilidade de concentrações de finas partículas (sedimento suspenso) e partículas grosseiras do leito, que são originárias do curso d’água do canal. É importante aqui o fato de que na maioria das situações, a quantidade da “wash load” proveniente de contribuições de escoamento lateral pode ser maior do que os sedimento suspensos originários do leito do curso d’água.

Vários autores, como; Chow, 1971; Graf, 1971; Shen, 1971; “apud” RENDON – HERRERO O., 1974, estimam que a contribuição da carga do leito na quantificação da

carga total é da ordem de 5%, e podem em alguns casos serem omitidas do cálculo da carga total de sedimento.

Ainda, RENDON – HERRERO O., estimou a “wash load” na bacia do Rio Bixler (aproximadamente com extensão de 39 km²), através de monitoramento de drenagem próximo à Loysville (Pennsylvania), calculando a descarga de sedimento como função da quantidade de precipitação efetiva, da estrutura geológica e topográfica do solo.

RENDON – HERRERO O., afirma que dependendo do comportamento do escoamento, certas quantidades de materiais erodidos que atingem o curso d’água através de contribuições laterais associam-se aos sedimentos nativos próprios do canal e continuam a serem transportados rio abaixo permanecendo no escoamento. Se a wash load for muito fina e em altas concentrações, há influencia na velocidade de queda dos sedimentos e a concentração de sedimento no canal, do trecho em estudo deve subir, devido a modificações da estrutura turbulenta.

RENDON – HERRERO O., sugere que a taxa de sedimento não deve ser avaliada como consequência da precipitação total. Há necessidade de estimar a quantidade da “wash load” pois é de elevada importância nos dias atuais, visto ser considerado poluente, causando efeitos prejudiciais tais como o volume de sedimento excessivo em rios e seus afluentes.

RENDON – HERRERO O., neste estudo sobre a bacia do Rio Bixler apontou duas importantes constatações, descritas a seguir:

1º - Relação existente entre o escoamento excedente e a “wash load” sobre a área da bacia;

2º - Séries de gráficos usados como método para prognosticar a “wash load” e sua variação com o tempo.

RENDON – HERRERO O., revelou através de medições granulométricas que praticamente todo o sedimento suspenso do Rio Bixler (próximo à Loysville, Pennsylvania), origina-se de escoamento lateral da “wash load” da superfície de terra, sendo insignificante a quantidade de sedimento suspenso obtido do fluxo do leito do canal.

PARTHENIADES E., 1973, concluiu que a “wash load” constitui-se de três tipos de sedimentos distintos. O primeiro tipo é função da carga do leito, fornecendo uma taxa de suprimento menor do que a capacidade de sedimento transportado pelo escoamento. Este sedimento é supostamente encontrado em composições do leito e suas taxas de suprimento poderão influenciar as características hidráulicas dos canais e configurações do leito. O segundo tipo pode ser função da carga do leito somente para uma faixa limitada de descarga, enquanto que o terceiro tipo não é função da carga do leito para qualquer taxa de escoamento, não sendo encontrado em composições do leito.

Embora o primeiro tipo aproxime-se em maior parte à definição tradicional de “wash load”, observações de campo e experiência de laboratório sugerem que o volume de wash load consiste no terceiro tipo de sedimento.

Einstein, H. A., et al., 1940; Einstein, H. A., 1950; “apud” PARTHENIADES, E., 1973, a carga de sedimento em rios têm sido dividida em duas classes:

- material do leito, consistindo de grãos de diâmetros representativos do leito;
- carga de lavagem, composta de partículas de sedimentos mais finas do que as encontradas no leito em proporções mensuráveis

Ainda, PARTHENIADES, E., define que a carga de lavagem é transportada inteiramente em suspensão a qual não sofre em parte influencia do escoamento, dependendo inteiramente da taxa de suprimento. Em grandes concentrações ocorrem modificações na estrutura turbulenta.

Shen, H. W., 1971; “apud” PARTHENIADES, E., 1973, a carga de lavagem é predominantemente composta por silte e argila, sendo possivelmente encontrada areia fina.

SHEN, H. W., 1971, define a “wash load” como a parcela de carga de sedimento regida pelo fornecimento de taxas a montante, consideravelmente menores que a capacidade de transporte do rio. O diâmetro da “wash load” apresenta-se menor do que d_s^* definido pela figura 3.1.

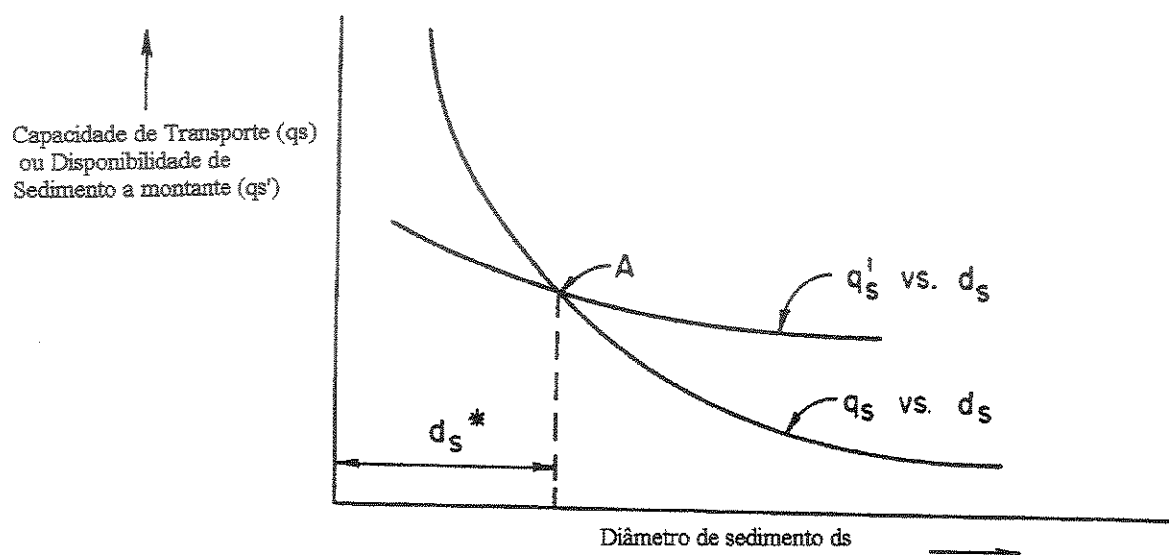


Figura 3.01 – Capacidade de transporte de sedimento, q_s ou disponibilidade de fornecimento de sedimento a montante, q'_s , versus diâmetro do sedimento, d_s , [SHEN, 1971].

Segundo SHEN, H. W., a soma da “wash load” com a carga do leito é igual a carga total de sedimento.

Einstein, H. A., 1950, “apud” SHEN, H. W., 1971, propôs um método prático para determinação de d_s^* , isto devido ao fato de que a variação da taxa de sedimento a montante não estar disponível usualmente. Ele propôs fixar d_s^* igual ao diâmetro de sedimento tal que este diâmetro seja menor do que 10% dos sedimentos mais finos encontrados no leito.

Segundo SHEN, H. W., como norma prática a maioria dos pesquisadores adotam d_s^* aproximadamente igual a 0,0625 mm, diâmetro este que é ponto de divisão entre areia e silte.

SHEN, H. W., 1971, a definição mais frequentemente encontrada nas literaturas para o termo “wash load” consiste naquela parte da carga de sedimento em que o diâmetro dos grãos são mais finos do que aquelas partículas encontradas no leito.

Ainda SHEN, H. W., estima a “wash load” aplicando a Equação Universal da Perda de Solo.

$$A = R.K.L.S.C.P$$

na qual:

A – perda de solo por unidade de área e tempo, em t/ha.ano, ou outra unidade dependendo das que forem usadas no diversos parâmetros;

R – fator de erosividade da chuva, que expressa a erosão potencial, ou poder erosivo da precipitação média anual da região, em t.m/ha.mm/hora;

K – fator de erodibilidade do solo que representa a capacidade do solo de sofrer erosão por uma determinada chuva, em t/ha/(t.m/ha.mm/hora);

L – fator topográfico que expressa o comprimento de declive;

S – fator topográfico que expressa a declividade do terreno ou o grau de declive;

C – fator que expressa o uso e manejo do solo e cultura;

P – fator que expressa a prática conservacionista do solo.

VETTER, C. P., 1937, analisando a descarga do Rio Colorado ao longo dos anos para investigação de silte concluiu que o material do leito representa uma parcela insignificante e que a maior parte da carga transportada pelos rios compreende material em suspensão.

Ainda VETTER, C. P., afirma que o material de granulometria mais fina não se encontra no leito mas, origina-se de outra parte do rio ou afluentes, não estabelecendo nenhuma relação entre a descarga e a carga de material mais fino.

Vetter, C. P., 1937, “apud” SHEN, H. W., 1975, acredita-se ser o primeiro pesquisador a relatar dois tipos de sedimentos existentes:

- um material mais grosseiro relacionado ao escoamento e;
- um material mais fino.

Einstein et al., 1940, “apud” SHEN, 1975, classificaram o sedimento grosseiro transportado como “carga do leito” e o sedimento mais fino como “wash load”. Eles analisaram dados coletados nas enchentes do Rio Enoree, próximo a Greenville, S. C., entre os dias 17 e 19 de agosto de 1939, onde concluíram que:

- o sedimento mais grosseiro transportado com diâmetro maior do que 0,351 mm parece ser função da descarga do rio;
- o sedimento mais fino, menor do que 0,351 mm não está presente no leito em quantidades suficientes e não estabelece nenhuma relação com a descarga do rio.

Einstein e Chien, 1953, “apud” SHEN, H. W., 1975, de suas pesquisas realizadas em canais de laboratório em condições de escoamento estável (MPU) e variando a alimentação de sedimentos, concluíram que as partículas de sedimento menores do que 0,06 mm comportam-se como “wash load” e sua taxa de transporte depende totalmente de sua disponibilidade dentro do escoamento. Embora a “wash load” (partículas menores do que 0,06 mm) constituam somente 5% do volume da carga do leito, ela constitui 17% dos sedimentos existentes na superfície do leito (devido à sedimentação).

Ainda Einstein e Chien, 1953, as partículas de sedimento entre 0,06 mm e 0,1 mm representam a transição entre a “wash load” e o material do leito.

WANG, S.Y., 1984, é indubitavelmente útil a distinção entre carga de material do leito (aquela parte da descarga total de sedimento composta por grãos de tamanhos iguais aos encontrados no leito e semelhante a capacidade de transporte do escoamento e não devem ser confundidos com a convencional carga do leito) e a “wash load” (aquela parte da descarga total de sedimento composta de partículas com diâmetros menores do que aqueles representativos do leito) no movimento de sedimento para o conhecimento da capacidade e mecanismo de transporte de sedimento em águas correntes.

Ainda WANG, S.Y. afirma que aplicações práticas dos métodos existentes de análise do material do leito e a “wash load” estão limitadas nos projetos de engenharia devido aos evidentes defeitos teóricos dos métodos. Conseqüentemente sugere que a carga de material do leito e a “wash load” sejam mais objetivamente e significativamente analisadas em termos do conceito de influência eficaz do sedimento, (E_e).

Segundo este conceito, considerou que as areias finas, para qual $E_e \leq 0$ em qualquer ponto e as quais estão em condições de auto-suspensão, constituem-se a “wash load. Tais partículas dificilmente depositarão, não contribuindo significativamente para o processo de formação do leito.

De modo oposto, areias grossas, que estão em condições $E_e > 0$ em alguns pontos e fixam-se nas proximidades do leito caracterizando-se como carga de material do leito. As areias grossas tem uma capacidade definida no transporte de sedimentos e estão diretamente envolvidas no processo de formação do leito.

$$E_e = W - u_* J$$

na qual:

- E_e – influência eficaz do sedimento; [cm/s]
- W – velocidade de sedimentação da partícula; [cm/s]
- u – velocidade média através da seção; [cm/s]
- J – gradiente hidráulico. [cm/cm]

Wang, S.Y., 1982, “apud” WANG, S.Y., 1984, quando os valores de $\overline{W}_{OK} \gg \overline{W}_O$ demonstram indicar que o transporte total de sedimento é completamente “wash load”. Estes resultados segundo Wang, S.Y., 1982, podem ser úteis para explicar porque capacidade de transporte de sedimentos no “Yellow River” é altíssima nos períodos de enchentes.

$$\overline{W}_{OK} = \frac{V_* J}{(1 - \overline{B} \cdot \overline{C})^{2.5}}$$

$$\overline{B}_* = \frac{1}{C_m} = (0,755 + 0,222 \log \overline{d}_{50})^{-1}$$

$$\overline{W} = \overline{W}_o (1 - \overline{B}_* \overline{C})^{2,5}$$

sendo os valores de:

- $\overline{W}_{OK}$ – valor crítico superior da velocidade média de sedimentação do “wash load”; [cm/s]
- $\overline{W}$ – velocidade de sedimentação da partículas de sedimento em movimento [cm/s]
- $\overline{W}_o$ – velocidade de sedimentação das partículas em início de movimento [cm/s]
- V – velocidade de escoamento [m/s]
- J – gradiente hidráulico; [m/1000m]
- $\overline{C}$ – concentração em volume específico através da secção do escoamento; [1]
- $\overline{d}_{50}$ – diâmetro médio do sedimento através da profundidade ou ao longo da secção do escoamento; [mm]
- $\overline{B}_*$ – coeficiente de ajuste arbitrário a um ponto ou ao valor médio através da profundidade; [1]
- C_m – valor mínimo da concentração de sedimento para iniciar a deposição no leito; [1]

Chien, N., 1982, “apud” WANG, S.Y., 1984, na China, os sedimentos que os rios conduzem são essencialmente materiais suspensos, e a capacidade de transporte de sedimento tem sido frequentemente dada pelo equacionamento empírico:

$$\rho_s^* = K' \left(\frac{V^3}{g h \overline{W}_o} \right)$$

na qual:

- ρ_s^* – capacidade de transporte de sedimento suspenso; [% em peso]
- V – velocidade; [m/s]
- $\overline{W}_o$ – velocidade de sedimentação das partículas de sedimento em início de movimento; [m/s]
- h – profundidade do escoamento; [m]
- g – aceleração da gravidade; [m/s²]
- K' – constante que dependerá das unidades dos parâmetros utilizados [1]

WANG, S. Y., 1984, afirma que a possível causa de diferença entre dados calculados e medidos não se origina de nenhuma variação das regras que regem a capacidade de transporte de sedimento, mas pode ser causada pelo fato de que a diferença entre a carga de material do leito e a “wash load” serem ignoradas.

Ainda WANG, S.Y., baseando-se na variabilidade da influência efetiva do sedimento suspenso, a seguinte conclusão pode ser feita a respeito da influência das características da carga de sedimento suspenso na constante de Von Karman (K):

(1) quando $\overline{E}_e > 0$,

- os valores de K decrescem com o aumento de $\overline{C}$ (concentração)

(2) quando $\overline{E}_e < 0$,

- os valores de K aumentam com o aumento de $\overline{C}$ (concentração)

(3) quando $\overline{E}_e = 0$,

- os valores de K não apresentam relação direta com os valores de $\overline{C}$ (concentração)

3.2 Equações para o cálculo da descarga total do leito

Para facilitar o cálculo do transporte de sedimento, e compreender claramente os dados que se exigem para a sua quantificação e agrupar convenientemente os critérios e fórmulas de transporte, ÁLVAREZ & FLORES, 1996, apresentaram seis classes de transporte, ver figura 3.2 (traduzidas neste projeto de pesquisa):

FORMAS DE TRANSPORTE

- Carga do leito (arraste + rolamento + saltitação);
- Carga do leito suspensa (=suspensão proveniente do leito);
- Carga total do leito (=carga do leito + carga do leito suspensa);
- Carga de lavagem (=”wash-load”);
- Carga em suspensão (carga do leito suspensa + carga de lavagem);
- Carga total (=carga total do leito + carga de lavagem).

Carga do leito (arraste + rolamento + saltitação) – calculado em função das características hidráulicas da corrente, geometria do canal, e propriedades físicas do material do leito.

Carga do leito suspensa (=suspensão proveniente do leito) – constituído pelos materiais do leito transportados em suspensão pela corrente. A concentração do número de partículas diminui quando a turbulência e a velocidade diminuem. São calculados em função das características hidráulicas da corrente, geometria do canal e das propriedades do fundo. Podem também serem obtidas em função da concentração de uma amostra de água com partículas suspensas e das propriedades físicas das partículas.

Carga total do leito (=carga do leito + carga do leito suspensa) – formado pelos materiais do leito em movimento e partículas suspensas originários do leito.

Carga de lavagem (=”wash-load”) – constituído por material de granulometria muito mais fina do que o material transportado em suspensão provenientes do leito. Tem como origem o processo erosivo proveniente das margens do rio e em partes também da bacia em estudo. Como este material não é função das características hidráulicas da corrente, somente podem ser avaliadas quando tomada uma amostra de água com partículas em suspensão e se separar a porcentagem representativa da carga de lavagem que não estão representada na curva granulométrica do material do fundo.

Carga em suspensão (carga do leito suspensa + carga de lavagem) - formado pela totalidade das partículas suspensas provenientes do material do leito e pela parcela proveniente da carga de lavagem. Uma amostra retirada de uma seção do rio em que as condições de velocidade sejam baixas e que as partículas do leito não apresentem força de elevação maior do que a força peso, pode-se concluir que o material provém da carga de lavagem.

Carga total (=carga total do leito + carga de lavagem) – constituída pelo material transportado junto ao leito, pelo material em suspensão originário do leito, e pela carga de lavagem.

Dentre os principais métodos apresentados por ÁLVAREZ & FLORES, 1998, para o cálculo da carga total do leito foram escolhidos para este trabalho os seguintes:

Grupo 1 - sem separação de seus componentes:

- Laursen (1958);
- Bishop, Simons e Richardson (1965);
- Shen e Hung (1971);
- Yang (1973);
- Ackers e White (1972 – 1973).

Grupo 2 - com a separação dos componentes do leito:

- Toffaleti (1968-1969);
- Van Rijn (1984)

A ilustração da figura a seguir apresenta os seis tipos de transportes de sedimento, segundo ÁLVAREZ & FLORES , 1996.

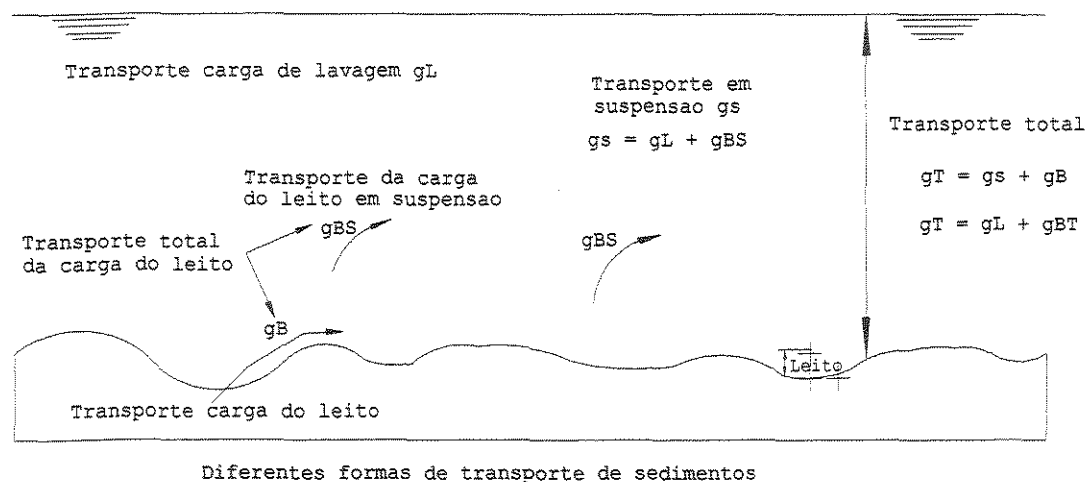


Figura 3.02 – Diferentes formas de transporte de sedimento, [ÁLVAREZ & FLORES, 1996].

A escolha dos métodos foi baseada em investigações realizadas em rios da região, por outros pesquisadores, em que a carga total do leito foi inferior à medida, portanto coerente com a teoria. Citam-se PAIVA, 1988, Rio Mogi Guaçu, e SAMANEZ, 1998, Ribeirão Feijão e Rio Atibaia.

3.2.1 Métodos do Grupo 1 (Transporte total de fundo, g_{BT})

Dentro deste grupo enquadram-se os métodos que permitem calcular o transporte total de fundo, g_{BT} , sem distinguir a parcela que se arrasta sobre o leito e a parte de transporte em suspensão proveniente do leito.

3.2.1.1. Método de Laursen (1958)

Laursen, 1958, “apud” ÁLVAREZ & FLORES, 1996; YANG, 1996; SIMONS & SENTÜRK, 1992, afirma que o transporte da carga total do leito deve-se quase que exclusivamente ao transporte da carga do leito em suspensão.

Propôs um método para obter o transporte total da carga do leito (= carga do leito + carga do leito suspensa) sem a separação dos componentes que compõem o transporte de sedimento, ou seja, determinou conjuntamente a carga de arraste do leito e a carga do leito suspensa (suspensão proveniente do leito).

A partir de uma análise teórica, concluiu que o transporte total da carga do leito depende dos seguintes parâmetros:

- Parâmetro de transporte de Laursen, que depende da relação associada ao efeito de turbulência.

$$\phi_L = f\left(\frac{U_*}{w}\right) \quad (3.01)$$

- Relação entre a tensão da corrente e a tensão crítica.

$$\left(\frac{\tau_o}{\tau_c} - 1\right) \quad (3.02)$$

$$\tau_o = \tau_o' = \gamma dS \quad (3.03)$$

Significado das relações:

$$\frac{U_*}{w} \quad (3.04)$$

$$\left(\frac{\tau_o}{\tau_c} - 1\right) \quad (3.05)$$

$\frac{U_*}{w}$ - adimensional associado a ação da turbulência, importante para o transporte em suspensão, ou seja, função dependente do número de Reynolds;

na qual:

U_* - velocidade de atrito

$$U_* = \sqrt{g.R_h.S} \quad (3.06)$$

Para canais de grande largura, tais que:

$$B = 40.d \quad (3.07)$$

Aceita-se:

$$U_* = \sqrt{g.d.S} \quad (3.08)$$

w – velocidade de queda das partículas com diâmetro D , obtido segundo o critério de Rubey (regido pelas condições de inércia), o qual estabelece que a velocidade de queda das partículas com fator de forma, SF , aproximadamente igual a 0,7 pode-se calcular com a seguinte relação:

$$w = F_1.(g.\Delta.D)^{0.5} \quad (3.09)$$

na qual:

$$F_1 = \left(\frac{2}{3} + \frac{36.v^2}{g.\Delta.D^3} \right)^{0.5} - \left(\frac{36.v^2}{g.\Delta.D^3} \right)^{0.5} \quad (3.10)$$

A seguir serão apresentadas as curvas para velocidade de sedimentação (w) segundo Rubey e segundo o Comitê Internacional das Águas.

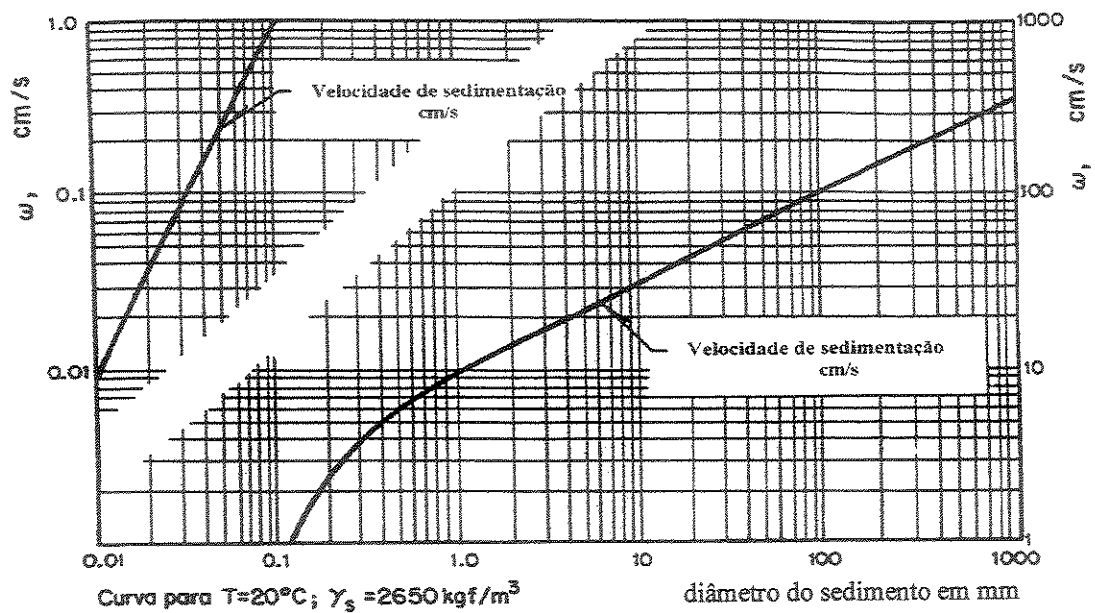


Figura 3.03 – Velocidade de sedimentação segundo Rubey, [ÁLVAREZ & FLORES, 1996].

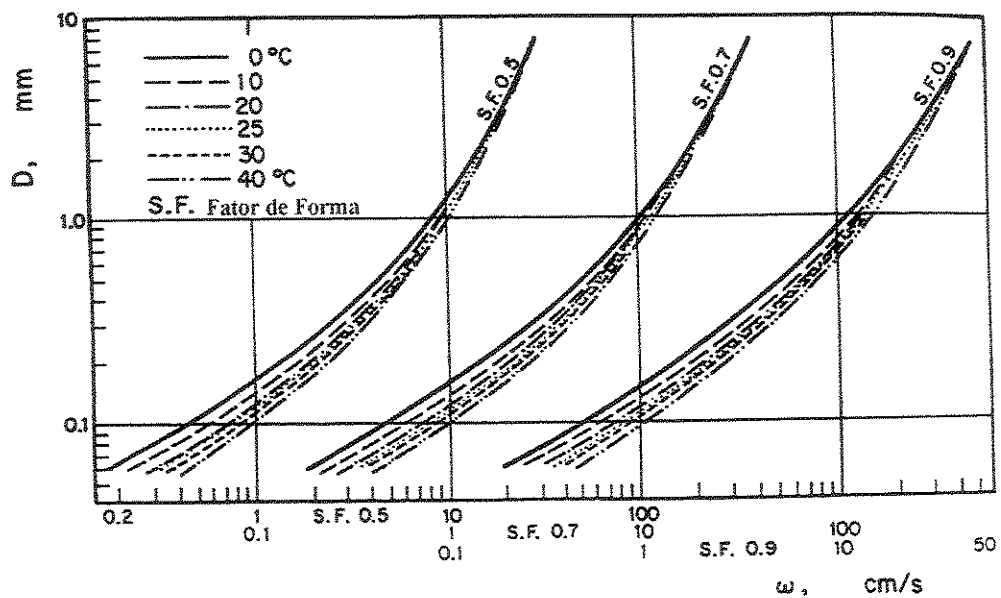
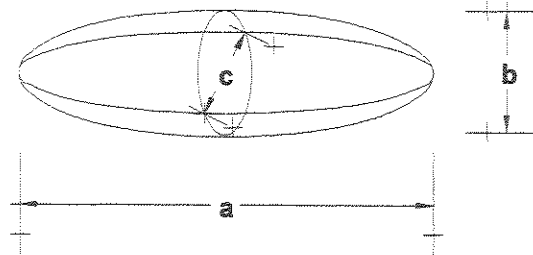


Figura 3.04 – Velocidade de sedimentação segundo o Comitê Internacional das Águas, [ÁLVAREZ & FLORES, 1996].

Definindo Fator de Forma



$$SF = \frac{c}{\sqrt{a.b}}$$

τ_c – tensão de cisalhamento crítico necessário para início do transporte das partículas de diâmetro D . Para avaliar esta tensão de cisalhamento crítico, Laursen utilizou a expressão de Shields apresentada a seguir:

$$\tau_c = \tau_* (\gamma_s - \gamma) D_m \quad (3.11)$$

Adotou-se:

$$\tau_* = 0,039 \quad \text{para} \quad 0,088 \text{ mm} \leq D_m \leq 4,08 \text{ mm} \quad (3.12)$$

Com isto, temos:

$$\tau_c = 0,039 (\gamma_s - \gamma) D_m \quad (3.13)$$

τ_o – tensão de cisalhamento produzido pelo escoamento (tensão de corrente). Laursen considera apenas a parcela da tensão atuante nas partículas e portanto a que existe quando o fundo do leito é plano, ou seja, sem ondulações (dunas, pregas, anti-dunas)

Assim num canal muito largo, em que $B \geq 40.d$, obtém-se a relação:

$$\tau_o = \tau_o' = \gamma . d . S \quad (3.14)$$

τ_o' - tensão de cisalhamento produzido pelo escoamento associado a partícula

A partir da equação de Manning se obtém a declividade hidráulica do escoamento (S).

Equação de Manning:

$$Q = \frac{1}{\eta} . \sqrt{S} . A . R h^{2/3} \quad (3.15)$$

$$R h = d \quad \text{largura} > 10d \quad (\text{canais muito largos}) \quad (3.16)$$

$$A = \frac{Q}{V} \quad (3.17)$$

$$Q = \frac{1}{\eta} . \sqrt{S} . \frac{Q}{V} . d^{2/3} \quad (3.18)$$

$$\frac{\eta . V}{d^{2/3}} = \sqrt{S} \quad (3.19)$$

$$S = \left(\frac{\eta . V}{d^{2/3}} \right)^2 \quad (3.20)$$

Para avaliar o coeficiente de rugosidade de Manning (η), dependente do diâmetro das partículas propõe-se utilizar a relação de Strickler.

$$\eta = \frac{D_{50}^{1/6}}{24} \quad D_{50} \text{ em metros} \quad (3.21)$$

Substituindo (3.21) em (3.20), tem-se:

$$S = \left(\frac{V \cdot D_{50}^{1/6}}{d^{2/3} \cdot 24} \right)^2 \quad (3.22)$$

$$S = \frac{V^2}{576} \cdot \frac{D_{50}^{1/3}}{d^{4/3}} \quad (3.23)$$

Substituindo (3.23) em (3.14):

$$\tau_o' = \gamma \cdot d \cdot \frac{V^2}{576} \cdot \frac{D_{50}^{1/3}}{d^{4/3}} \quad (3.24)$$

$$\tau_o' = \gamma \cdot \frac{V^2}{576} \cdot \frac{D_{50}^{1/3}}{d^{1/3}} \quad (3.25)$$

$$\tau_o' = \frac{\gamma \cdot V^2}{576} \cdot \left(\frac{D_{50}}{d} \right)^{1/3} \quad (3.26)$$

As unidades da expressão acima deverão estar no sistema técnico de unidades, no qual:

<i>Sistema Técnico</i>	
V	m/s
γ	kgf/m ³
D ₅₀	m
d	m
τ'_o	kgf/m ²

Para que a equação (3.26) esteja dimensionalmente correta é necessário dividi-la pela aceleração da gravidade "g".

Assim, tem-se:

$$\tau'_o = \frac{\gamma.V^2}{58.g} \left(\frac{D_{50}}{d} \right)^{1/3} \quad (3.27)$$

Supondo que $V = q/d$ a equação (3.27) pode ser rescrita, como:

$$\tau'_o = \frac{\gamma.q^2}{58.g.d^2} \left(\frac{D_{50}}{d} \right)^{1/3} \quad (3.28)$$

na qual:

q – vazão líquida unitária [m³/s.m]

$$q = \frac{Q}{b} \quad (3.29)$$

b – largura do canal [m]

Q – vazão líquida

[m³/s]

As equações 3.27 e 3.28 podem ser usadas em qualquer sistema de unidades (Sistema Técnico).

Laursen salientou que se o fundo do canal não estiver coberto por deformações tipo dunas pode-se usar indistintamente tanto τ_o como τ_o' (canal muito largo).

Como poucas vezes é possível saber com precisão qual o tipo de ondulação que se tem num canal é preferível trabalhar com τ_o' , utilizando as equações 3.27 e 3.28.

Por último, Laursen encontrou experimentalmente e intuitivamente que o transporte das partículas de sedimento depende da rugosidade relativa D/d à potência $7/6$.

$$\left(\frac{D}{d}\right)^{7/6} \quad (3.30)$$

Segundo Laursen, a expressão proposta para determinar o transporte total do leito é a seguinte:

$$\phi_L = \frac{\bar{C}}{\left(\frac{D}{d}\right)^{7/6} \left(\frac{\tau_o}{\tau_c} - 1\right)} \quad (3.31)$$

na qual:

ϕ_L – parâmetro de transporte de Laursen, função da relação U_*/w obtido com uso da figura 3.5.

$$\phi_L = f\left(\frac{U_*}{w}\right) \quad (3.32)$$

U_* - velocidade de atrito, denotando a turbulência local

$\bar{C}$ - concentração média das partículas totais do leito que são transportadas tanto sobre o leito como em suspensão.

A concentração média das partículas $(\bar{C})$ será expressa como relação entre peso específico do sedimento e o peso específico da água.

$$\bar{C} = \frac{q_{BT} \cdot \gamma_s}{q \cdot \gamma} \quad (3.33)$$

$$\bar{C} = \frac{g_{BT}}{q \cdot \gamma} \quad (3.34)$$

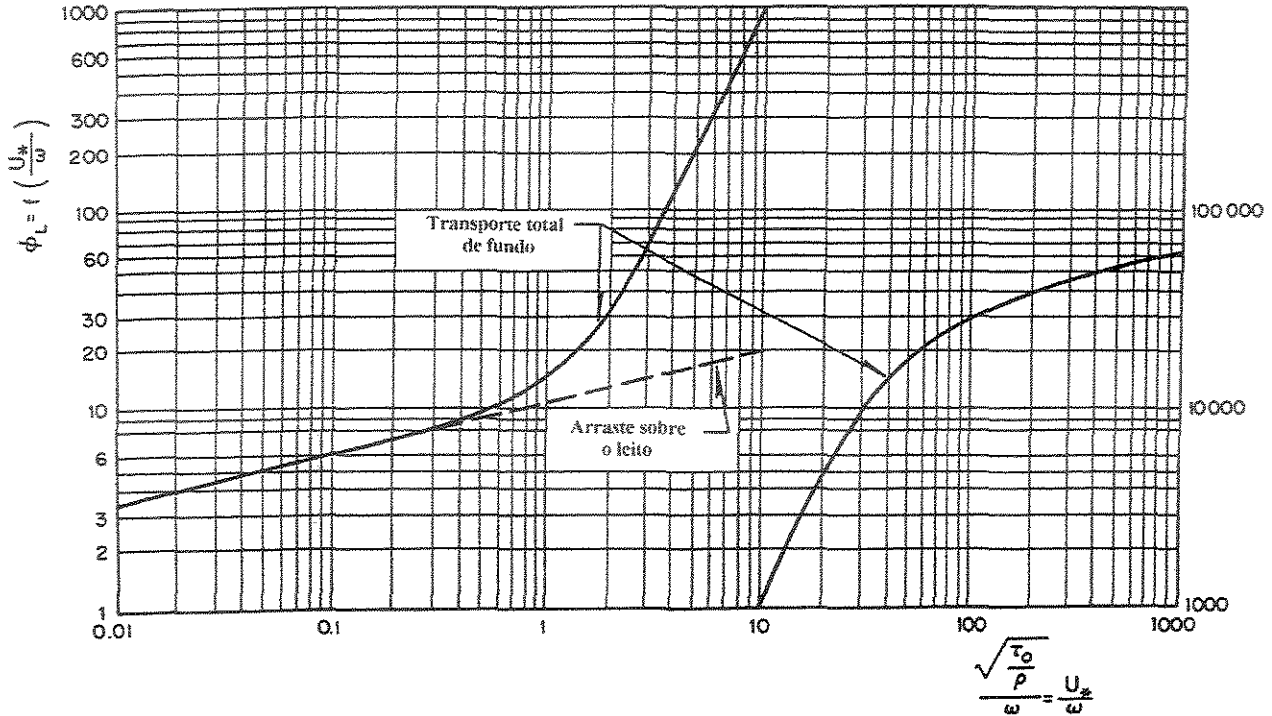


Figura 3.05 – Valores do parâmetro ϕ_L de Laursen (1958), [ÁLVAREZ & FLORES, 1996].

Da equação (3.33), tem-se:

$$g_{BT} = \bar{C} \cdot q \cdot \gamma \quad (3.35)$$

g_{BT} - transporte unitário total de leito;

Da equação (3.31), tem-se:

$$\bar{C} = \phi_L \left(\frac{D}{d} \right)^{7/6} \left(\frac{\tau_o'}{\tau_c} - 1 \right) \quad (3.36)$$

Assim:

Substituindo a equação 3.36 em 3.35 tem-se:

$$g_{BT} = \gamma \cdot q \cdot \sum_i \frac{p_i}{100} \left(\frac{D_i}{d} \right)^{7/6} \left(\frac{\tau_o'}{\tau_{ci}} - 1 \right) \phi_{L_i} \quad (3.37)$$

na qual:

g_{BT} – transporte unitário total de leito;

γ - massa específica da água;

p_i – porcentagem da fração da curva granulométrica;

D_i – diâmetro da fração da curva granulométrica;

d – profundidade;

τ_o' - tensão de cisalhamento produzido pelo fluxo das partículas de sedimento de fundo;

τ_{ci} - tensão de cisalhamento crítico para partículas de diâmetro D_i ;

ϕ_{L_i} - parâmetro de Laursen obtido para cada diâmetro D_i ;

Portanto:

$$G_{BT} = b \cdot g_{BT} \quad (3.38)$$

b – largura da base do canal;

G_{BT} – transporte total de leito;

A equação (3.38) produz resultados muito maiores do que o real. Tal equação permite obter a capacidade de transporte para cada grupo de partículas com diâmetro D_i em que se divide a curva granulométrica, independentemente se estas partículas existirem ou não na superfície do fundo.

Sabe-se que as partículas menores podem estar protegidas por debaixo das maiores, assim é melhor trabalhar com diâmetro médio.

$$D_m = \sum \frac{D_i \cdot p_i}{100} \quad (3.39)$$

Para obter-se melhores resultados utilizou-se:

$$g_{BT} = \gamma \cdot q \cdot \left(\frac{D_m}{d} \right)^{7/6} \cdot \left(\frac{\tau_o'}{\tau_{cm}} - 1 \right) \cdot \phi_{L_m} \quad (3.40)$$

na qual:

ϕ_{L_m} - parâmetro de Laursen obtido para o diâmetro D_m ;

τ_{cm} - tensão de cisalhamento crítico;

3.2.1.2. Método de Bishop, Simons e Richardson (1965)

Bishop, Simons e Richardson, 1965, “apud” ÁLVAREZ & FLORES, 1996; YANG, 1996; SIMONS & SENTÜRK, 1992, concluíram de suas observações em fluxos de pequenas profundidades, que os dados de transporte medidos em campo se aproximavam bem das curvas obtidos através de dados obtidos em canais de laboratório. Limita sua aplicação unicamente para material arenoso com diâmetro médio entre 0,19 mm e 0,93 mm.

Os trabalhos de Bishop et. al, 1965, resultaram de estudos detalhados do método de Einstein proposto em 1950, apresentando duas principais modificações.

- Modificação do método de Einstein, 1950:

A consideração que o transporte total de sedimentos provenientes do leito podem ser determinados a partir de relações entre os parâmetros ψ_* e ϕ_* dados pelas seguintes expressões.

$$\psi_* = \psi' \cdot \theta = \frac{\theta \cdot \Delta \cdot D_{35}}{R \cdot S} \quad (3.41)$$

na qual:

ψ_* - parâmetro adimensional de escoamento;

ψ' - parâmetro adimensional de escoamento associado a partícula;

θ - parâmetro associado ao adimensional de escoamento

Assim, tem-se:

$$\theta = Y^* \cdot \xi \cdot \left[\frac{\log 10,6}{\log 10,6 \cdot \frac{x \cdot X}{D_{65}}} \right] \quad (3.42)$$

na qual:

x - fator correção devido ao efeito da viscoso

X - fator de correção

Y^* - fator de correção que leva em conta a variação da força de elevação um vez que o coeficiente de elevação ou sustentação sofre variações

ξ - fator de correção que leva em conta a ocultação das partículas menores pelas maiores, aumentando a força de elevação necessária para iniciar o movimento das partículas ocultas

considerando:

$$\theta = 1 \quad (3.43)$$

Assim:

$$\psi_* = \psi' = \frac{\Delta \cdot D_{35}}{R' \cdot S} \quad (3.44)$$

na qual:

ψ_* - parâmetro adimensional da intensidade de fluxo;

R' - raio hidráulico associado as partículas de fundo, obtido segundo o método de Einstein;

Δ - densidade relativa das partículas dentro d'água

$$\Delta = S_s - 1 \quad (3.45)$$

S_s - densidade relativa das partículas

$$\phi_* = \phi_{BT} = \frac{g_{BT}}{\gamma_s} \left(\frac{1}{g \cdot \Delta \cdot D^3} \right)^{1/2} \quad (3.46)$$

na qual:

$\phi_* = \phi_{BT}$ - parâmetro adimensional da intensidade de arraste do leito

g_{BT} - transporte unitário total de leito [kgf/s.m]

Para estabelecer o valor de R' segundo o Método de Einstein, calcula-se os parâmetros seguintes:

1.0 - Raio Hidráulico

$$R = \frac{\text{Área molhada}}{\text{Perímetro molhado}} \quad (3.47)$$

2.0 - Conhecido R , K_s e S , supõe-se R' menor do que R

K_s - rugosidade representativo do leito, um pouco maior do que o diâmetro médio

$$K_s = D_{65} \quad (3.48)$$

3.0 - Velocidade de atrito obtido em função de R'

$$U_*' = \sqrt{g R' S} \quad (3.49)$$

$$4.0 - \delta_o' = \frac{11,64 \nu}{U_*'} \quad (3.50)$$

na qual:

δ_o' - espessura do filme laminar

ν - viscosidade cinemática da água

5.0 - Fator correção x devido ao efeito viscoso, com uso da figura 3.6

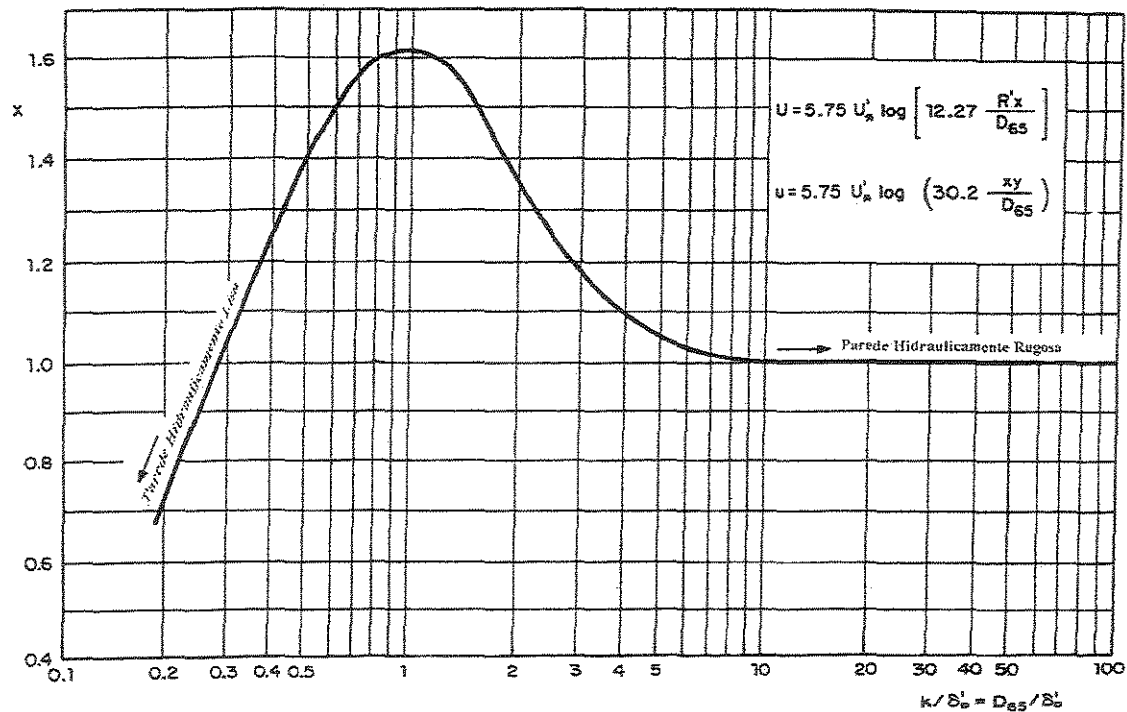


Figura 3.06 - Fator de correção, x , segundo Einstein, 1950, [ÁLVAREZ & FLORES, 1996].

$$6.0 - U = 5,75.U_*' \cdot \log \left(12,27 \cdot \frac{R'}{D_{65}} \right) \quad (3.51)$$

$$7.0 - \psi' = \frac{\Delta \cdot D_{35}}{R' \cdot S} \quad (3.52)$$

8.0 - Usando a a figura 3.7, em função de ψ' obtém-se o parâmetro U/U_*' calculando o valor de U_*' correspondente a velocidade de atrito associada as deformações do leito.

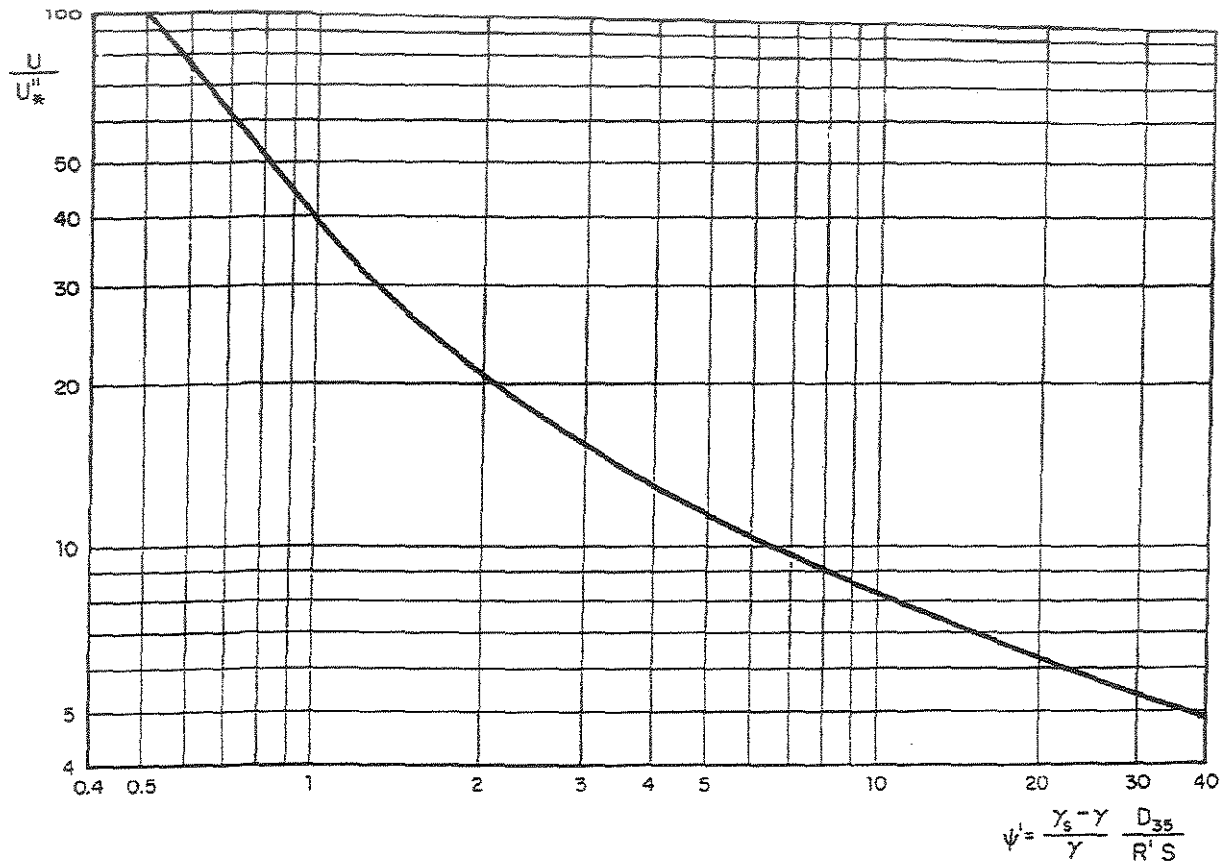


Figura 3.07 – Velocidade de atrito associada às deformações do leito, segundo Einstein, 1950, [ÁLVAREZ & FLORES, 1996].

9.0 - R'' - Raio hidráulico associado às deformações do leito

$$R'' = \frac{U_*'^2}{g.S} \quad (3.53)$$

10.0- Raio hidráulico estimado

$$R = R' + R'' \quad (3.54)$$

Se R estimado no item 10.0 for diferente do calculado no item 1 repete-se o procedimento até se ajustar o valor.

$$\text{Quando } R_{\text{item10}} = R_{\text{item 1}} \quad (3.55)$$

R' será adotado conforme ao valor suposto inicialmente.

- Modificação do Método de Einstein, 1950:

As constantes A_* e B_* consideradas por Einstein no arraste sobre o leito variam em função do diâmetro do sedimento transportado.

Para determinarem uma função que relaciona-se ϕ_{BT} e ψ' trabalharam com cinco diâmetros de sedimento em condições de escoamento distintos, tentando com isto representar todas as configurações do leito. Deste modo, obtiveram cinco curvas (curvas de probabilidade), relacionando ϕ_{BT} versus ψ' mostradas a seguir, tais curvas foram obtidas empiricamente, em canais de laboratório.

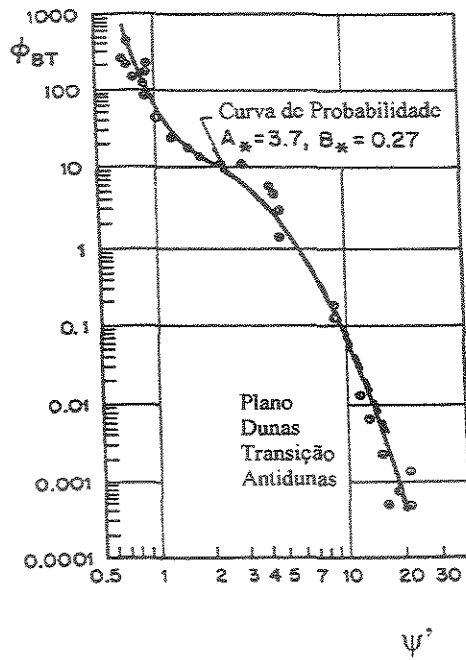


Figura 3.08 – $D=0,190$ mm,
[ÁLVAREZ & FLORES, 1996].

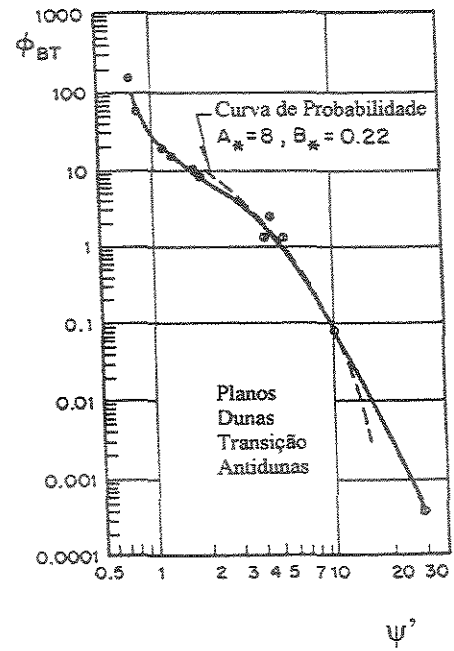


Figura 3.09 – $D=0,365$ mm,
[ÁLVAREZ & FLORES, 1996].

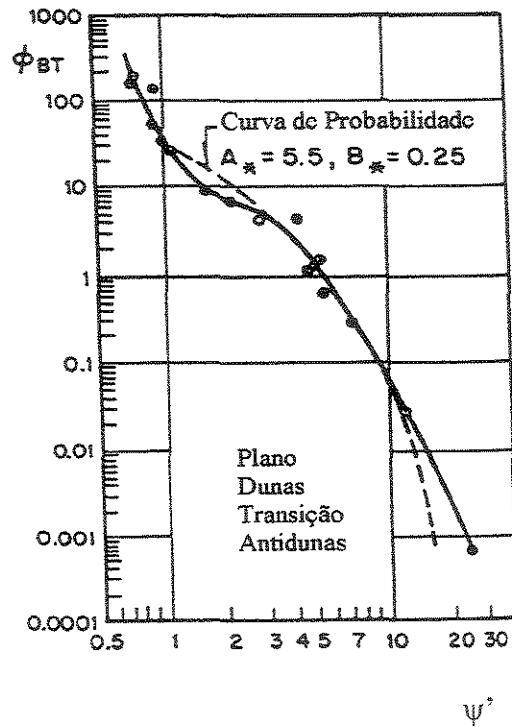


Figura 3.10 – $D=0,270$ mm,
[ÁLVAREZ & FLORES, 1996].

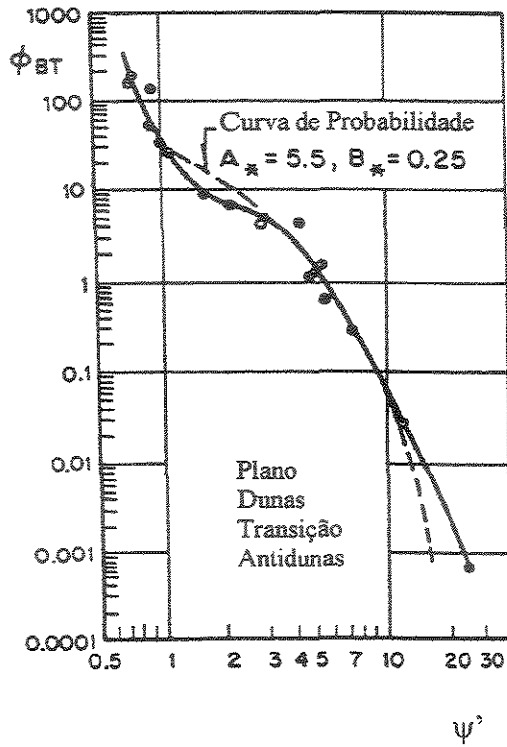


Figura 3.11 – $D = 0,470$ mm,
[ÁLVAREZ & FLORES, 1996].

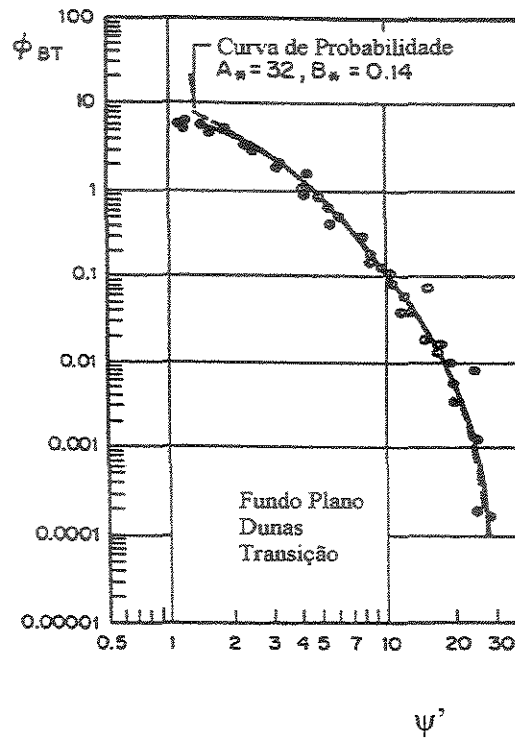


Figura 3.12 – $D = 0,930$ mm,
[ÁLVAREZ & FLORES, 1996].

As curvas resultantes tem características semelhantes e cada uma pode ser dividida em três segmentos:

- ramo inferior
- segmento de inflexão
- ramo superior

Estes três segmentos correspondem aos regimes inferior, transitório e superior da teoria de configuração de leito.

Para aplicar o método propostos por Bishop et al, calcula-se ψ' que depende das características hidráulicas do escoamento. Determinado este parâmetro e, tendo o

diâmetro médio dos sedimentos, com uso das curvas de probabilidade, obtém-se o parâmetro ϕ_{BT} .

Utilizando o valor do parâmetro ϕ_{BT} tem-se g_{BT} .

$$g_{BT} = \gamma_s \cdot \phi_{BT} \cdot (g \cdot \Delta \cdot D_m^3)^{1/2} \quad (3.56)$$

Δ – densidade relativa das partículas dentro d'água

$$\Delta = \frac{\rho_s - \rho}{\rho} = \frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma} = S_s - 1 \quad (3.57)$$

ϕ_{BT} – parâmetro adimensional

g_{BT} – transporte unitário total de fundo [kgf/s.m]

g – aceleração da gravidade [m/s²]

γ_s – massa específica das partículas de sedimento [kgf/m³]

γ - massa específica da água [kgf/m³]

D_m – diâmetro médio do material do leito [m]

$$D_m = \frac{1}{100} \sum_i p_i \cdot D_i \quad p_i (\%) \quad (3.58)$$

$$D_m = \sum_i p_i \cdot D_i \quad p_i (\text{em fração}) \quad (3.59)$$

3.2.1.3 Método de Shen e Hung (1971)

Shen e Hung, 1971, “apud” ÁLVAREZ & FLORES, 1996; YANG, 1996; SIMONS & SENTÜRK, 1992, ressaltam que os valores obtidos para as curvas provenientes do transporte de sedimento em canais de laboratório tem valores bem menores do que os obtidos em canais naturais. Isto se deve ao fato de que os sedimentos usados em laboratório apresentam granulometria mais uniforme comparados aos sedimentos dos rios naturais.

Analysaram 587 dados obtidos entre outros autores por Einstein, Chien, Nomicos, Brooks, Kennedy, Stein, Guy – Simons e Richardson, Williams, Schneider, Colby – Hembree e Hubbell – Matejka. Shen e Hung analisaram os dados por meio da série de Taylor, estimando os parâmetros de um sistema não – linear, obtendo as equações a seguir:

$$\log \bar{C}_{BT} = a_0 + a_1 x + a_2 x^2 + a_3 x^3 \quad (3.60)$$

onde:

$$x = U^{a_4} S^{a_5} W_m^{a_6} d^{a_7} \quad (3.61)$$

na qual:

$\bar{C}_{BT}$ - concentração média do material do leito, expresso em partes por milhão em peso;

S – declividade hidráulica;

w_m – velocidade de sedimentação das partículas do leito associada ao diâmetro médio;

$$w_m = F_1 \cdot (g \Delta D)^{0,5} \quad (3.62)$$

d – profundidade do fluxo;

U – velocidade média.

Shen e Hung propuseram que a “carga de lavagem” apresenta-se formada por partículas de diâmetro menor do que 0,0625 mm.

Os valores dos expoentes encontrados por Shen e Hung são mostrados abaixo:

Valores	
a_0	-107404,45938164
a_1	324214,74734085
a_2	-326309,58908739
a_3	109503,87232539
a_4	0,00750189
a_5	0,00428802
a_6	-0,00239975
a_7	0,0

Sendo $a_7 = 0$ significa que o transporte total de fundo não depende da profundidade, ao menos dentro dos padrões utilizados por Shen e Hung, e assim, a variável x se expressa como função da velocidade média (U), da declividade hidráulica (S), e da velocidade de sedimentação (w_m):

$$x = U^{a_4} \cdot S^{a_5} \cdot w_m^{a_6} \quad (3.63)$$

O parâmetro x não depende explicitamente da profundidade, mas está sendo considerada implicitamente pela velocidade média U . Assim, utilizando a fórmula de Manning temos:

$$x = \frac{1}{\eta^{a_4}} \cdot d^{\frac{2}{3} \cdot a_4} \cdot S^{\frac{a_4 + 2 \cdot a_5}{2}} \cdot W_n^{a_6} \quad (3.64)$$

Simplificando-se adotou-se:

$$a_0 + a_1 \cdot x + a_2 \cdot x^2 + a_3 \cdot x^3 = M \quad (3.65)$$

$$\log \bar{C}_{BT} = M \quad (3.66)$$

$$\bar{C}_{BT} = 10^M \quad [\text{ppm em peso}] \quad (3.67)$$

$$\text{Transformando } 1 \text{ ppm} = 10^{-3} \text{ kgf/m}^3 \quad (3.68)$$

$$\bar{C}_{BT} = 10^{M-3} \quad \bar{C}_{BT} - \text{concentração média do material do leito} \quad [\text{kgf/m}^3] \quad (3.69)$$

O transporte da descarga sólida é calculado como o produto da concentração média ($\bar{C}$) pela descarga líquida. Para expressar o transporte de sedimento em kgf/s.m tem-se:

$$g_{BT} = q \cdot 10^{M-3} \quad [\text{kgf/s.m}] \quad (3.70)$$

Para expressar o transporte de sedimento em volume, q_{BT} , em $\text{m}^3/\text{s.m}$, tem-se:

$$q_{BT} = \frac{q}{\gamma_s} \cdot 10^{M-3} \quad [\text{m}^3/\text{s.m}] \quad (3.71)$$

Para determinação da concentração pode-se utilizar as equações 3.67 e 3.69 ou a figura 3.13 proposta por Shen e Hung. Na figura 3.13, proposto por Shen e Hung entra-se com o parâmetro x da equação 3.63 elevado a potência $1/a_4$:

$$x^{1/a_4} = \frac{U_* S^{0,572}}{\omega_m^{0,32}} \quad (3.72)$$

A variável obtida da figura 3.13 é a concentração média do material do fundo ($\bar{C}$) transportado tanto sobre o leito como em suspensão, expresso em partes por milhão em peso.

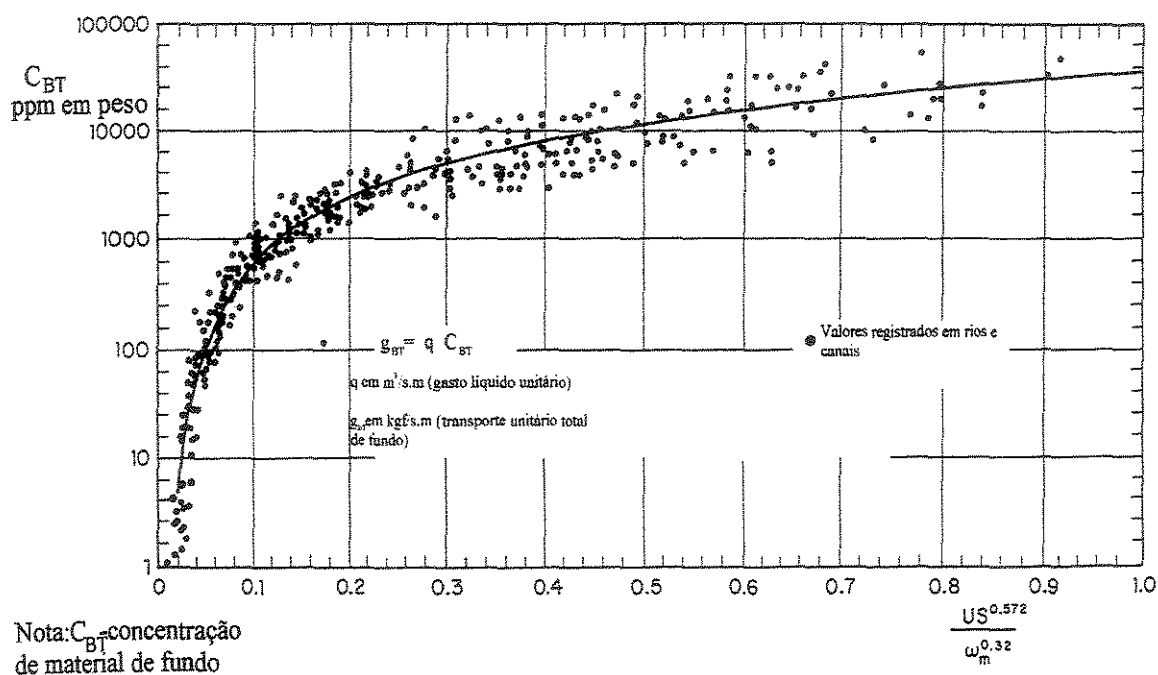


Figura 3.13 – Concentração média de material do leito, segundo Shen e Hung (1971), [ÁLVAREZ & FLORES, 1996].

3.2.1.4. Método de Yang (1973)

O Método de Yang, 1973, “apud” ÁLVAREZ & FLORES, 1996; YANG, 1996; SIMONS & SENTÜRK, 1992, considera importante a determinação da concentração total média dos sedimento de leito, adotando a aplicação de duas equações dependentes do D ; de cada fração granulométrica do material do leito.

Em 1973, Yang apresentou uma equação para quantificar a concentração total dos sedimentos do leito, C_{BT} expresso em partes por milhão em peso, e que foi simplificada em 1979.

As equações levam em conta a potência unitária do fluxo, que é igual ao produto da velocidade do escoamento U pela declividade hidráulica S . O produto US se obtém da relação entre a energia potencial consumida por peso unitário da água.

Transporte total de fundo para partículas menores (areia)

Yang considerou que as variáveis envolvidas para determinação da concentração média total dos sedimentos do leito, C_{BT} , eram:

US , U_* , ν , w , D_m

US – potência unitária de fluxo;

ν - viscosidade cinemática;

w – velocidade de sedimentação das partículas de diâmetro, D_m ;

D_m – diâmetro médio das partículas, em metros;

S – declividade hidráulica.

Usando o Teorema π de Buckingham, obtive os seguintes parâmetros adimensionais:

$$C_{BT} = f\left(\frac{US}{w}, \frac{U_*}{w}, \frac{w.D_m}{\nu}\right) \quad (3.73)$$

Destas análises em 1973, Yang propôs a seguinte relação:

$$\log C_{BT} = I + J \cdot \log\left(\frac{U.S}{w}\right) \quad (3.74)$$

na qual:

C_{BT} = concentração média dos sedimentos do leito transportados, expresso em ppm em peso;

$$I = A_1 + A_2 \cdot \log\left(\frac{w.D_m}{\nu}\right) + A_3 \cdot \log\left(\frac{U_*}{w}\right) \quad (3.75)$$

$$J = B_1 + B_2 \cdot \log\left(\frac{w.D_m}{\nu}\right) + B_3 \cdot \log\left(\frac{U_*}{w}\right) \quad (3.76)$$

Com objetivo de melhorar a precisão da equação 3.74 para concentração de sedimentos pequenos, Yang modificou a forma:

$$\log C_{BT} = I + J \cdot \log \left(\frac{U \cdot S}{w} - \frac{U_c \cdot S}{w} \right) \quad (3.77)$$

na qual:

U_c – velocidade crítica média, ou seja, velocidade média do fluxo para início do movimento das partículas;

Para determinar U_c , propôs a seguinte relação:

Se $1,2 < \frac{U_* \cdot D_m}{\nu} < 70$, então:

$$\frac{U_c}{w} = \frac{2,5}{\log \left(\frac{U_* \cdot D_m}{\nu} \right) - 0,06} + 0,66 \quad (3.78)$$

Se $\frac{U_* \cdot D_m}{\nu} \geq 70$, então:

$$\frac{U_c}{w} = 2,05 \quad (3.79)$$

Conhecendo a concentração média dos sedimentos do leito, C_{BT} , obtém-se o transporte unitário total de leito, g_{BT} expresso em kgf/s.m:

$$g_{BT} = 10^{-3} \cdot q \cdot C_{BT} = 0,001 \cdot U \cdot d \cdot C_{BT} \quad (3.80)$$

Yang, utilizou 462 dados obtidos por diferentes autores de canais de laboratório e rios, com os quais efetuou um análise de regressão múltipla e calculou os valores dos coeficientes I e J das equações 3.75 e 3.76, os quais substituíram na equação 3.77 obtendo a seguinte relação:

$$\begin{aligned}\log C_{BT} = & 5,435 - 0,286 \cdot \log\left(\frac{w \cdot D_m}{\nu}\right) - 0,457 \cdot \log\left(\frac{U_*}{w}\right) + \\ & + \left[1,799 - 0,409 \cdot \log\left(\frac{w \cdot D_m}{\nu}\right) - 0,314 \cdot \log\left(\frac{U_*}{w}\right) \right] \cdot \log\left(\frac{U \cdot S}{w} - \frac{U_c \cdot S}{w}\right)\end{aligned}\quad (3.81)$$

Substituindo na equação 3.80, tem-se:

$$\begin{aligned}g_{BT} = & 0,001 \cdot U \cdot d \cdot \exp\left\{ 12,5146 - 0,286 \cdot \ln\left(\frac{w \cdot D_m}{\nu}\right) - 0,457 \cdot \ln\left(\frac{U_*}{w}\right) + \right. \\ & \left. + \left[1,799 - 0,1581 \cdot \ln\left(\frac{w \cdot D_m}{\nu}\right) - 0,1364 \cdot \ln\left(\frac{U_*}{w}\right) \right] \cdot \ln\left(\frac{U \cdot S}{w} - \frac{U_c \cdot S}{w}\right) \right\}\end{aligned}\quad (3.82)$$

Em 1979, Yang efetuou uma nova análise de regressão múltipla em 1093 dados obtidos em canais de laboratório e 166 dados obtidos em rios. Nestas condições concluiu que quando as concentrações são maiores que 20 ppm pode-se desprezar o termo que contenha U_c , assim a equação 3.80 e 3.81 ficam:

$$\begin{aligned}\log C_{BT} = & 5,165 - 0,153 \cdot \log\left(\frac{w \cdot D_m}{\nu}\right) - 0,297 \cdot \log\left(\frac{U_*}{w}\right) + \\ & + \left[1,78 - 0,36 \cdot \log\left(\frac{w \cdot D_m}{\nu}\right) - 0,48 \cdot \log\left(\frac{U_*}{w}\right) \right] \cdot \log\left(\frac{U \cdot S}{w}\right)\end{aligned}\quad (3.83)$$

Portanto, g_{BT} :

$$\begin{aligned}g_{BT} = & 0,001 \cdot U \cdot d \cdot \exp\left\{ 11,8929 - 0,153 \cdot \ln\left(\frac{w \cdot D_m}{\nu}\right) - 0,297 \cdot \ln\left(\frac{U_*}{w}\right) + \right. \\ & \left. + \left[1,78 - 0,1563 \cdot \ln\left(\frac{w \cdot D_m}{\nu}\right) - 0,2085 \cdot \ln\left(\frac{U_*}{w}\right) \right] \cdot \ln\left(\frac{U \cdot S}{w}\right) \right\}\end{aligned}\quad (3.84)$$

na qual:

q – vazão unitária do fluxo, em $m^3/s.m$;

C_{BT} – concentração média dos sedimentos do leito, em ppm em peso;

g_{BT} – transporte unitário total de leito em $kgf/s.m$.

Transporte total de fundo para partículas maiores

Utilizando o mesmo procedimento para obtenção da equação 3.80, Yang (1984) obteve uma equação similar para ser aplicada em transporte de material de granulometria maior. Assim, tem-se:

$$\begin{aligned} \log C_{BTg} = & 6,681 - 0,633 \cdot \log\left(\frac{w \cdot D_m}{\nu}\right) - 4,816 \cdot \log\left(\frac{U_*}{w}\right) + \\ & \left(2,784 - 0,305 \cdot \log\left(\frac{w \cdot D_m}{\nu}\right) - 0,282 \cdot \log\left(\frac{U_*}{w}\right) \cdot \log\left(\frac{U \cdot S}{w} - \frac{U_c \cdot S}{w}\right)\right) \end{aligned} \quad (3.85)$$

na qual:

C_{BTg} – concentração total transportado de material grosseiro do leito, ppm em peso;

D_m – diâmetro médio do material de leito, quando bem uniforme;

Para obter os coeficientes indicados utilizou dados de Gilbert e de Casey.

O transporte unitário total de fundo quando o material transportado é formado por material grosseiro, pode ser indicado pela expressão abaixo:

$$g_{BT} = 0,001.U.d.\exp\left\{15,3836 - 0,633.\ln\left(\frac{w.D_m}{\nu}\right) - 4,816.\ln\left(\frac{U_*}{w}\right) + \right. \\ \left. \left[2,784 - 0,1327.\ln\left(\frac{w.D_m}{\nu}\right) - 0,1228.\ln\left(\frac{U_*}{w}\right)\right].\ln\left(\frac{U.S}{w} - \frac{U_c.S}{w}\right) \right\} \quad (3.86)$$

Transporte total de material bem graduado e não uniforme

Quando o material de fundo é uniforme o cálculo de g_{BT} se realiza aplicando diretamente as equações 3.80, 3.82 e 3.86, apresentadas anteriormente.

Quando o material de fundo é bem graduado, ou seja, não uniforme, as equações citadas acima se aplicam a cada fração em que se divide a curva granulométrica. Com isto a equação 3.83 aplicada às partículas menores, toma a seguinte forma:

$$\log C_{BTi} = \left\{ 5,165 - 0,153.\log\left(\frac{w_i.D_i}{\nu}\right) - 0,297.\log\left(\frac{U_*}{w_i}\right) + \right. \\ \left. \left[1,78 - 0,36.\log\left(\frac{w_i.D_i}{\nu}\right) - 0,48.\log\left(\frac{U_*}{w_i}\right) \right].\log\left(\frac{U.S}{w_i}\right) \right\} \frac{p_i}{100} \quad (3.87)$$

Por outro lado, para partículas maiores, não uniforme de diâmetro entre 2 mm a 10 mm, a equação 3.85 se aplica a cada fração da curva granulométrica. Assim a equação 3.85 toma a seguinte forma:

$$\log C_{BTgi} = \left[6,681 - 0,633 \cdot \log\left(\frac{w_i \cdot D_i}{\nu}\right) - 4,816 \cdot \log\left(\frac{U_*}{w_i}\right) + \right. \\ \left. + \left(2,784 - 0,305 \cdot \log\left(\frac{w_i \cdot D_i}{\nu}\right) - 0,282 \cdot \log\left(\frac{U_*}{w_i}\right) \right) \cdot \log\left(\frac{U \cdot S}{w_i} - \frac{U_{ci} \cdot S}{w_i}\right) \right] \cdot \frac{p_i}{100} \quad (3.88)$$

na qual:

w_i – velocidade de sedimentação para cada diâmetro D_i ;

U_{ci} – velocidade crítica para cada diâmetro D_i obtida através da equação 3.78 ou 3.79.

Nas equações anteriores p_i é a porcentagem em peso da fração da amostra com diâmetro médio D_i . O diâmetro médio, D_i , se obtém diretamente pela curva granulométrica em função de um valor médio do intervalo.

$$D_i = (D_{i\min} \cdot D_{i\max})^{1/2} \quad (3.89)$$

na qual:

$D_{i\min}$ – diâmetro mínimo da fração;

$D_{i\max}$ – diâmetro máximo da fração.

Assim, o transporte total de fundo para amostra bem graduada, em que há partículas menores (areia) e partículas maiores, a partir da equação 3.80, considerando as equações 3.87 e 3.88 segundo o tamanho D_i de cada fração granulométrica resulta em:

$$g_{BT} = 10^{-3} \cdot q \cdot \sum C_{BTi} \quad (3.90)$$

3.2.1.5 Método de Ackers e White (1972 – 1973)

O Método de Ackers e White, (1972 – 1973), “apud” ÁLVAREZ & FLORES, 1996; YANG, 1996; SIMONS & SENTÜRK, 1992, consiste em supor diferentes formas de transporte para materiais fino e grossos. Consideram que as partículas finas se distribuem em todo o fluido, e a quantidade transportada depende das perdas totais de energia do fluido. As partículas grossas se movem próximas ao fundo, e seu transporte depende da tensão de cisalhamento que o fluxo exerce sobre o fundo (ligado às deformações do leito e à granulometria do material, NOGUEIRA)

Deduziram uma função de transporte total de sedimentos baseada em três parâmetros adimensionais obtidos a partir de uma análise dimensional e de argumentos físicos.

O método foi apresentado em 1973 e se baseia num critério adotado por Ackers em 1972.

Parâmetros adimensionais desenvolvidos para o cálculo da descarga sólida de material do leito:

- granulometria, D^* ;
- mobilidade, F^* ;
- descarga sólida, G^* ;

1º - Parâmetro da partícula (granulometria), número de Yalin, D_* .

$$D_* = D \cdot \left(\frac{g \cdot \Delta}{\nu^2} \right)^{1/3} \quad [1] \quad (3.91)$$

na qual:

D – diâmetro da partícula, representando o diâmetro representativo da amostra de sedimento.

O diâmetro da partícula poderá variar conforme o desvio geométrico padrão (σ_g).

σ_g – desvio geométrico padrão:

$$\sigma_g = \frac{D_{84}}{D_{50}} = \frac{D_{50}}{D_{16}} = \left(\frac{D_{84}}{D_{16}} \right)^{1/2} \quad (3.92)$$

Quando a amostra é quase uniforme, a qual $\sigma_g \leq 3$ se utiliza:

$$D = D_{50} \quad (3.93)$$

Quando a amostra é bem graduada, $\sigma_g > 3$, utiliza-se:

$$D = D_{35} \quad (3.94)$$

2º - Parâmetro de *mobilidade do sedimento*, F_* .

O movimento do sedimento está relacionado à tensão de cisalhamento, associada a uma área unitária de fundo e ao peso submerso do sedimento. Numericamente F_* , dá-se através de:

$$F_* = \left[\frac{U}{\sqrt{g \cdot \Delta \cdot D} \cdot \sqrt{32 \cdot \log \alpha \cdot D_m / D}} \right] \left[\frac{\sqrt{32} \cdot U_* \cdot \log \alpha \cdot D_m / D}{U} \right]^n \quad [1] \quad (3.95)$$

Simplificando:

$$F_* = \frac{U_*^n}{\sqrt{g \cdot \Delta \cdot D}} \cdot \left[\frac{U}{\sqrt{32 \cdot \log \alpha \cdot D_m / D}} \right]^{1-n} \quad [1] \quad (3.96)$$

na qual:

U_* - velocidade de atrito, (m/s);

$$U_* = \sqrt{g \cdot d \cdot S} \quad (3.97)$$

D_m – profundidade média de fluxo, obtido pela relação entre a área hidráulica A e o comprimento da superfície livre B

$$D_m = \frac{A}{B} \quad (3.98)$$

n – expoente de transição que depende do tamanho do sedimento;

$n = 0$, para partículas grossas

$n = 1$, para partículas finas

Expressão geral para o expoente de transição:

$$n = 1,00 - 0,56 \cdot \log D_* \quad (3.99)$$

α - coeficiente que considera o valor 12,3 e o coeficiente β presente na relação $K_s = \beta \cdot D$, dentro da equação semi empírica para avaliar a velocidade média

$$\sqrt{32} \cdot U_* \cdot \log \frac{12,3 \cdot D_m}{K_s} = \sqrt{32} \cdot U_* \cdot \log \frac{\alpha \cdot D_m}{\beta D} \quad (3.100)$$

na qual:

U – velocidade média, m/s;

D – diâmetro representativo da amostra, segundo as equações 3.93 e 3.94;

Ao se considerar os valores extremos de n , a equação 3.96, representativa do parâmetro de mobilidade do sedimento, F_* , simplifica-se para:

a – Material grosseiro, quando $D_* > 60$, $n = 0$

Ackers e White consideram que os sedimentos grossos são transportados principalmente como carga do leito e somente uma parte da tensão de cisalhamento no leito do canal causa o movimento dos sedimentos. Da equação 3.96, tem-se:

$$F_* = \frac{U}{\sqrt{g \cdot \Delta \cdot D} \cdot \sqrt{32} \cdot \log \left(\frac{\alpha \cdot d_m}{D} \right)} \quad [1] \quad (3.101)$$

b – Material fino, quando $D_* \leq 1$, $n = 1$

Sedimentos finos são transportados como carga em suspensão devido a tensão de cisalhamento total que causa este movimento.

$$F_* = \frac{U_*}{\sqrt{g \cdot \Delta \cdot D}} \quad [1] \quad (3.102)$$

3º - Parâmetro de transporte de sedimento ou descarga sólida, G_* .

A expressão adimensional para o transporte de sedimento baseia-se no conceito de potência do escoamento, definida por Bagnold. Assim tem-se a potência do escoamento conforme o tipo de sedimento:

- para sedimento grosso, usa-se, $U \cdot \tau_o'$

- para sedimento fino, usa-se, $U \cdot \tau_o$

Sendo $U \cdot \tau_o$ definido como potência total do escoamento.

Ao levar em conta que o conceito de eficiência de transporte é função do número de mobilidade F_* , pode-se obter o parâmetro de transporte de sedimento:

$$G_* = \frac{C_{BT} \cdot d_m}{S_s \cdot D} \left[\frac{U_*}{U} \right]^n \quad [1] \quad (3.103)$$

na qual:

C_{BT} – concentração total das partículas do leito transportadas pelo fluxo, expressa pela relação entre a massa de sedimento e a massa de fluxo. Da mesma forma pode ser expressa pela relação entre o peso do sedimento e o peso do fluxo;

S_s – densidade relativa das partículas;

$$S_s = \frac{\gamma_s}{\gamma} \quad (3.104)$$

A equação 3.103 pode ser simplificada ao assumir valores extremos a n , sendo n um coeficiente dependente do material, assim:

a – Para material grosseiro, $n = 0$

$$G_* = \frac{C_{BT} \cdot d_m}{S_s \cdot D} \quad (3.105)$$

b – Para material fino, $n = 1$

$$G_* = \frac{C_{BT} \cdot d_m \cdot U_*}{S_s \cdot D \cdot U} \quad (3.106)$$

Ackers e White, determinaram que a relação de transporte de sedimento, G_* , é definido como função da mobilidade do sedimento, F_* , e do número de Yalin, D_* .

$$G_* = f[F_*, D_*] \quad (3.107)$$

Após analisar dados de diversas fontes introduziram um parâmetro para o início de movimento, F_{*c} , o qual denomina-se número crítico de mobilidade de sedimento.

Assim, Ackers e White, deduziram uma função geral de transporte de sedimento, expressa a seguir:

$$G_* = K \left[\frac{F_*}{F_{*c}} - 1 \right]^m \quad (3.108)$$

na qual:

K , F_{*c} e m são funções do parâmetro da partícula D_* .

Estes valores foram obtidos empiricamente a partir de dados experimentais de outros autores.

Expressão geral para os parâmetros K , F_{*c} , m :

$$\log K = 2,86 \cdot \log D_* - (\log D_*)^2 - 3,53 \quad (3.109)$$

$$K = \exp \{ 2,86 \cdot \ln D_* - 0,4343 \cdot (\ln D_*)^2 - 8,128 \} \quad (3.110)$$

$$F_{*c} = \frac{0,23}{\sqrt{D_*}} + 0,14 \quad (3.111)$$

$$m = \frac{9,66}{D_*} + 1,34 \quad (3.112)$$

Para F_{*c} obtiveram empiricamente o coeficiente α da equação 3.96:

$$\alpha = 10 \quad (3.113)$$

Analisando os dados, Ackers e White constataram a importância do número adimensional da partícula.

Finalmente decidiram agrupar os sedimentos em três grupos, segundo o parâmetro da partícula, D_* :

a – Sedimento grosseiro, $D_* > 60$

Os parâmetros que são função de D_* tomam valores constantes:

$$n = 0 \quad (3.114)$$

$$K = 0,025 \quad (3.115)$$

$$F_{*c} = 0,17 \quad (3.116)$$

$$m = 1,5 \quad (3.117)$$

b – Sedimento fino, $D_* < 1$

Neste grupo $n = 1$ e a função de transporte de sedimento, G_* , não é aplicada, visto que estes sedimento podem apresentar características coesivas (argilas e siltes, NOGUEIRA).

c – Sedimentos intermediários, $1 \leq D_* \leq 60$

Para este grupo são aplicadas as seguintes equações 3.99, 3.109, 3.110, 3.111, 3.112 dadas para n , K , F_{*c} e m respectivamente.

Definidos estes parâmetros conforme um dos três grupos pertencentes de sedimentos, pode-se determinar o transporte de sedimento, G_* , que é função da granulometria e da mobilidade. Assim tem-se a concentração total das partículas de fundo e com isto o transporte de sedimento total de fundo que poderá ser expresso tanto em peso, quanto em volume.

3.2.2. Métodos do Grupo 2

Neste grupo encontram-se os métodos que permitem calcular o transporte total da carga do leito, g_B , separadamente do transporte da carga do leito em suspensão, g_{Bs}

3.2.2.1. Método de Toffaleti (1968 – 1969)

No Método de Toffaleti (1968 – 1969), “apud” ÁLVAREZ & FLORES, 1996; YANG, 1996; SIMONS & SENTÜRK, 1992, o principal objetivo foi o equacionamento matemático para a determinação da descarga sólida de cada fração granulométrica do material do leito, de um escoamento com superfície livre. O trabalho apresentado por Toffaleti foi desenvolvido no Rio Atchafalaya em Simmesport e no Rio Mississippi em Vickisburg, ambos nos EUA, através de coletas de amostras de sedimentos. As amostras foram coletadas em intervalos próximos de duas semanas, a não ser durante os períodos de cheias, quando os intervalos foram mais reduzidos. Adotou-se o método de amostragens pontuais de sedimentos. Consideraram quatro zonas de transporte, caracterizadas pelas distribuições verticais de concentração e velocidade. Cada zona de transporte estudada por Toffaleti possui características distintas, definidas pelas condições do escoamento.

Para efeito de cálculo dividiu o raio hidráulico R da corrente em 4 zonas hipotéticas:

- fundo
- baixa ou inferior
- intermediária
- superior

A distribuição de concentração foi segmentada e considera uma função potencial distinta para cada zona, assim, a partir do conhecimento das descargas em cada zona tem-se a descarga total dada por:

$$g_{BT} = \sum 4 \text{zonas} \quad (3.118)$$

A distribuição de velocidades foi apresentada por uma equação potencial que incorpora a velocidade média da seção do rio, e a temperatura da água. A figura abaixo ilustra as 4 zonas propostas por Toffaleti e as relações para distribuição de velocidade e concentração.

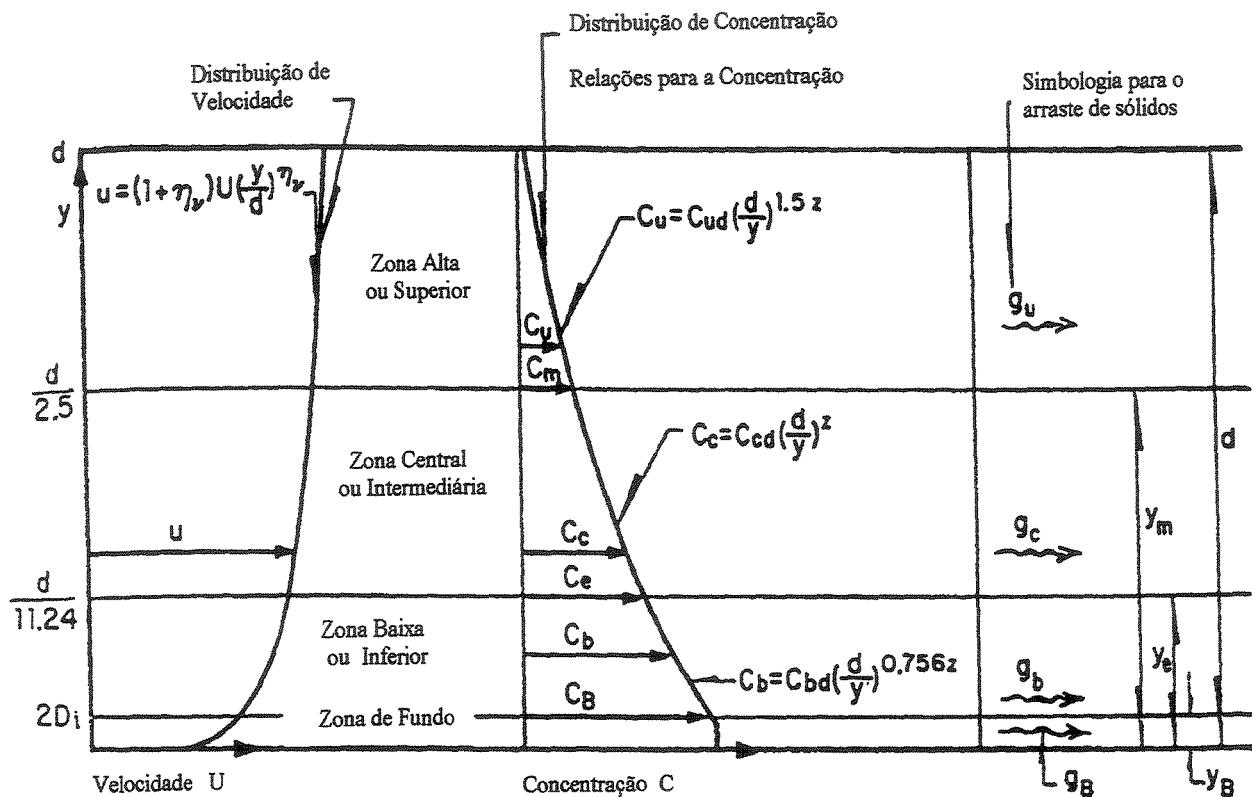


Figura 3.14 - Zonas propostas por Toffaleti e relações de distribuição de concentrações e velocidades para cálculo da descarga sólida de material do leito, [ÁLVAREZ & FLORES, 1996].

A ilustração abaixo mostra a distribuição de concentração segundo o Método de Toffaleti.

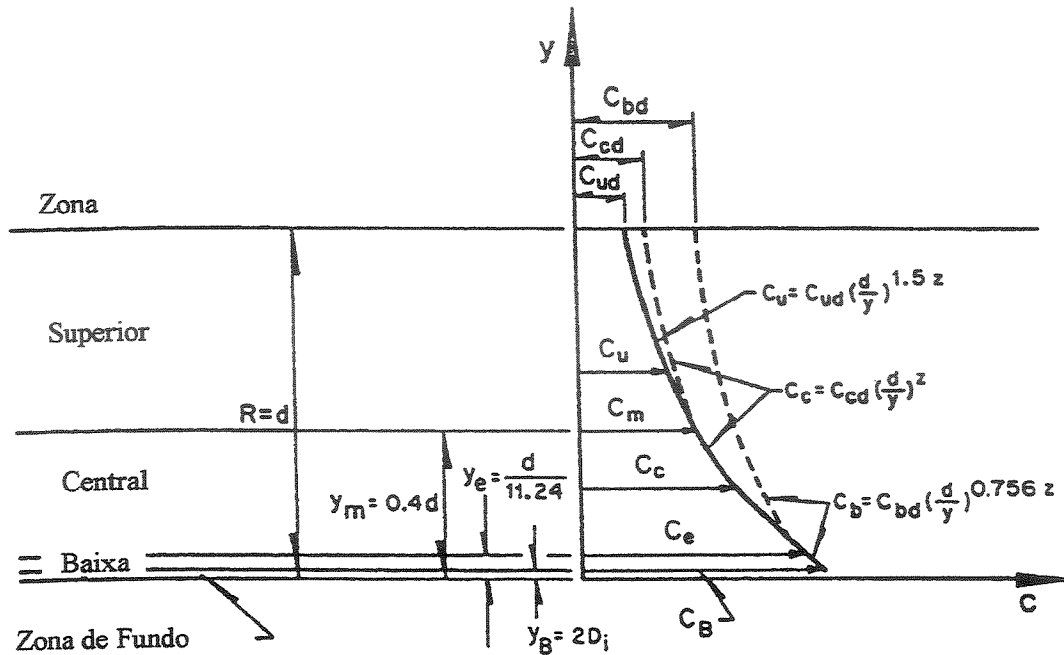


Figura 3.15 – Distribuição de concentração, segundo Toffaleti, [ÁLVAREZ & FLORES, 1996].

O transporte de sedimento associada a essas quatro camadas hipotéticas em que se dividiu o curso d'água levam a subíndices "B", "b", "c" e "u".

1ª zona de fundo – B

2ª zona baixa ou inferior– b

3ª zona intermediária – c

4ª zona superior – u

1ª Zona – Zona de Arraste:

O regime é laminar e a espessura relativa (y/d) compreendida de: 0 a $\frac{2D}{d}$

2ª Zona – Zona Inferior:

$$\frac{2D}{d} < (y/d) \leq \frac{1}{11,24}$$

3ª Zona – Zona Intermediária:

$$\frac{1}{11,24} < (y/d) \leq \frac{1}{2,5}$$

4ª Zona – Zona Superior:

$$\frac{1}{2,5} < (y/d) \leq 1$$

Para canais ou rios largos o raio hidráulico (R) iguala-se a profundidade (d), ou seja:

$$B \geq 40.d \quad (3.119)$$

LIMITES DE CADA ZONA DE TRANSPORTE

<u>ZONA</u>	<u>LIMITE</u>	<u>TRANSPORTE SÓLIDO (kgf / s.m)</u>
<i>FUNDO</i>	$Y \leq Y_{Bi}$ $Y_{Bi} = 2.D_i$	g_B
<i>BAIXA OU INFERIOR</i>	$Y_B \leq Y \leq Y_e$ $Y_e = \frac{R}{11,24}$	g_b
<i>INTERMEDIÁRIO OU CENTRAL</i>	$Y_e \leq Y \leq Y_m$ $Y_m = 0,4.R$	g_c
<i>SUPERIOR OU ALTA</i>	$Y_m \leq Y \leq R$	g_u

na qual:

Y – profundidade medida do fundo;

R – raio hidráulico.

Como Toffaleti propôs existem 4 zonas hipotéticas que podem ser caracterizadas quanto ao tipo de transporte:

- na zona inferior é produzido o arraste sobre a zona do leito;
- nas outras três zonas de transporte produz-se o transporte de fundo em suspensão

Respeitando os subíndices estabelecidos para cada zona hipotética tem-se:

- transporte unitário para o arraste sobre a zona do leito para cada diâmetro D_i ,

Portanto:

$$g_B = \sum g_{Bi} \quad (3.120)$$

- transporte unitário de fundo em suspensão para cada diâmetro D_i , obtém-se a seguinte relação:

$$g_{BSi} = g_{bi} + g_{ci} + g_{ui} \quad (3.121)$$

Assim o transporte unitário de fundo em suspensão, pode ser expresso por:

$$g_{BS} = \sum g_{BSi} = g_b + g_c + g_u \quad (3.122)$$

Por fim, o transporte unitário total de fundo para cada diâmetro D_i , obtém-se pela relação:

$$g_{BTi} = g_{Bi} + g_{BSi} \quad (3.123)$$

O transporte unitário total de fundo vale:

$$g_{BT} = \sum g_{BTi} \quad (3.124)$$

Toffaleti recomendou dividir a curva granulométrica em frações tais que o diâmetro representativo médio não ultrapasse em duas vezes o diâmetro representativo da fração adjacente inferior. Cada fração tem um diâmetro D_i e sua amplitude está indicada por porcentagem em peso p_i respectivo ao peso total da amostra.

DISTRIBUIÇÃO DE VELOCIDADE

A distribuição de velocidade na vertical dada por Toffaleti está representada na expressão abaixo ou figura 3.14:

$$u = (1 + \eta_v) U \cdot \left(\frac{Y}{R} \right)^{\eta_v} \quad (3.125)$$

na qual:

u – velocidade pontual situado a distância Y sobre o fundo [m/s]

U – velocidade média do fluxo na vertical [m/s]

$$\eta_v = 0,13516 + 0,000864.t \quad (3.126)$$

t – temperatura d'água em C°

DISTRIBUIÇÃO DE CONCENTRAÇÃO

A distribuição de concentração na vertical para cada uma das três zonas do leito dada pelas equações abaixo:

para zona inferior compreendida entre os níveis:

$$2.D_i \leq Y \leq \frac{R}{11,24} \quad (3.127)$$

$$C_{bi} = C_{bdi} \cdot \left(\frac{R}{Y} \right)^{0,756 \cdot Z_i} \quad (3.128)$$

C_{bdi} – valor teórico da concentração

para zona intermediária compreendida entre os níveis :

$$\frac{R}{11,24} = 0,089 \cdot R \leq Y \leq \frac{R}{2,5} = 0,4 \cdot R \quad (3.129)$$

$$C_{ci} = C_{cdi} \cdot \left(\frac{R}{Y} \right)^{Z_i} \quad (3.130)$$

C_{cdi} – valor teórico da concentração

para zona superior compreendida entre os níveis:

$$\frac{R}{2,5} \leq Y \leq R \quad (3.131)$$

$$C_{ui} = C_{udi} \cdot \left(\frac{R}{Y} \right)^{1,5 \cdot Z_i} \quad (3.132)$$

C_{udi} – valor teórico da concentração

O transporte de fundo em suspensão é obtido pela expressão geral:

$$g_{BSi} = \int_1^2 u \cdot C_{yi} \cdot dy \quad (3.133)$$

sendo os limites de integração 1 e 2 indicam fronteiras entre cada camada.

na qual:

C_{yi} – distribuição da concentração de partículas suspensas de diâmetro D_i dentro de cada camada ou zona

u – velocidade pontual da vertical dentro da mesma camada ou zona

Realizando a integral da equação 3.133 Toffaletti obteve as equações para avaliar o transporte de fundo em suspensão e arraste sobre o leito. As expressões propostas por Toffaletti:

• para zona inferior, (b), obtidas empiricamente

$$g_{bi} = \frac{1,0843 \cdot p_i}{\left| \frac{T_r \cdot A \cdot K_r}{U^2} \right|^{5/3} \cdot \left| \frac{D_i}{0,0001769} \right|^{5/3}} \quad (3.134)$$

$$g_{bi} = \frac{(0,01362 \cdot U)^{10/3}}{\left[(A \cdot K_r) T_r \cdot D_i \right]^{5/3}} \quad (3.135)$$

na qual:

U – [m/s]

D_i – [m]

p_i – [fração]

g_{bi} – [kgf/s.m]

Ao integrar o produto da concentração pela velocidade da equação 3.133 dentro dos limites 1 e 2, Toffaletti obteve o transporte de suspensão do fundo para as três zonas.

Como o transporte na zona inferior foi mostrado nas equações 3.134 e 3.135 a seguir Toffaletti definiu um parâmetro M_i que interferirá nas outras equações de transporte para obter o transporte de fundo em suspensão:

$$M_i = \frac{g_{bi} \cdot e_{3i}}{(v_e)^{e_{3i}} - (v_{Bi})^{e_{3i}}} \quad (3.136)$$

- para a zona central, (C):

$$g_{ci} = \frac{M_i \cdot (v_e)^{0,244 \cdot Z_i}}{e_{2i}} \cdot [(v_m)^{e_{2i}} - (v_e)^{e_{2i}}] \quad (3.137)$$

- para zona superior, (u):

$$g_u = \frac{M_i \cdot (v_e)^{0,244 \cdot Z_i} \cdot (v_m)^{0,5 \cdot Z_i}}{e_{1i}} \cdot [(R)^{e_{1i}} - (v_m)^{e_{1i}}] \quad (3.138)$$

- para o arraste sobre a zona do leito, (B):

$$g_{Bi} = M_i \cdot (6,5616 \cdot D_i)^{e_{3i}} \quad (3.139)$$

Resumindo:

- transporte sobre a zona do leito, g_B , usar as equações 3.120 e 3.139
- transporte de suspensão de fundo, g_{BS} , usar as equações 3.121, 3.122, 3.134, 3.135, 3.137, 3.138

Nas equações anteriores, g_{bi} , g_{ci} , g_{ui} e g_{Bi} , expressos em kgf/s.m, todas as distâncias em metros (m), e as velocidades em m/s.

O significado das variáveis encontram-se abaixo:

$$y_{Bi} = 2.D_i \quad (3.140)$$

$$y_e = R/11,24 \quad (3.141)$$

$$y_m = 0,4.R \quad (3.142)$$

Os expoentes seguem a relação a seguir:

$$e_{1i} = 1 + \eta_v - 1,5.z_i \quad (3.143)$$

$$e_{2i} = 1 + \eta_v - z_i \quad (3.144)$$

$$e_{3i} = 1 + \eta_v - 0,756.z_i \quad (3.145)$$

As variáveis utilizadas nas equações anteriores têm o significado descrito abaixo:

R – raio hidráulico;

$$B \geq 40.d, \quad R = d \quad (3.146)$$

d – profundidade;

η_v – parâmetro que considera a temperatura t (°C) d'água;

$$\eta_v = 0,13516 + 0,000864.t \quad (3.147)$$

z_i – fator expresso como função da temperatura d’água, velocidade de sedimentação, raio hidráulico, declividade hidráulica;

$$z_i = \frac{3,2808.w_i.U}{T_z.R.S} \quad (3.148)$$

Se $z_i < \eta_v$, tem-se :

$$z_i = 1,5.\eta_v \quad (3.149)$$

w_i – velocidade de sedimentação das partículas de diâmetro D_i , na temperatura d’água;

$$w = F_1.(g.\Delta.D)^{0,5} \quad (3.150)$$

$$F_1 = \left(\frac{2}{3} + \frac{36.v^2}{g.\Delta.D^3} \right)^{0,5} - \left(\frac{36.v^2}{g.\Delta.D^3} \right)^{0,5} \quad (3.151)$$

D_i – diâmetro das partículas, tal que i é a porcentagem, em peso;

p_i – relação entre o peso das partículas com diâmetro D_i , e o peso total, expresso em fração;

T_z – fator de correção;

$$T_z = 239,326 - 1,2006.t \quad (3.152)$$

U – velocidade média do escoamento, m/s;

T_T – fator de correção da temperatura dado por uma relação empírica;

$$T_r = 0,059268 + 0,0001782.t \quad (3.153)$$

t – temperatura d'água, °C;

K_T – fator de correção que depende do parâmetro e_o ;

$$e_o = \frac{2,208.(10^5.v)^{1/3}.(10^5.S).D_{65}}{10.U_*} \quad (3.154)$$

$$e_o = \frac{10,2487.10^5.v^{1/3}.S.D_{65}}{U_*} \quad (3.155)$$

O fator de correção (K_T) pode ser obtido com uso do gráfico abaixo:

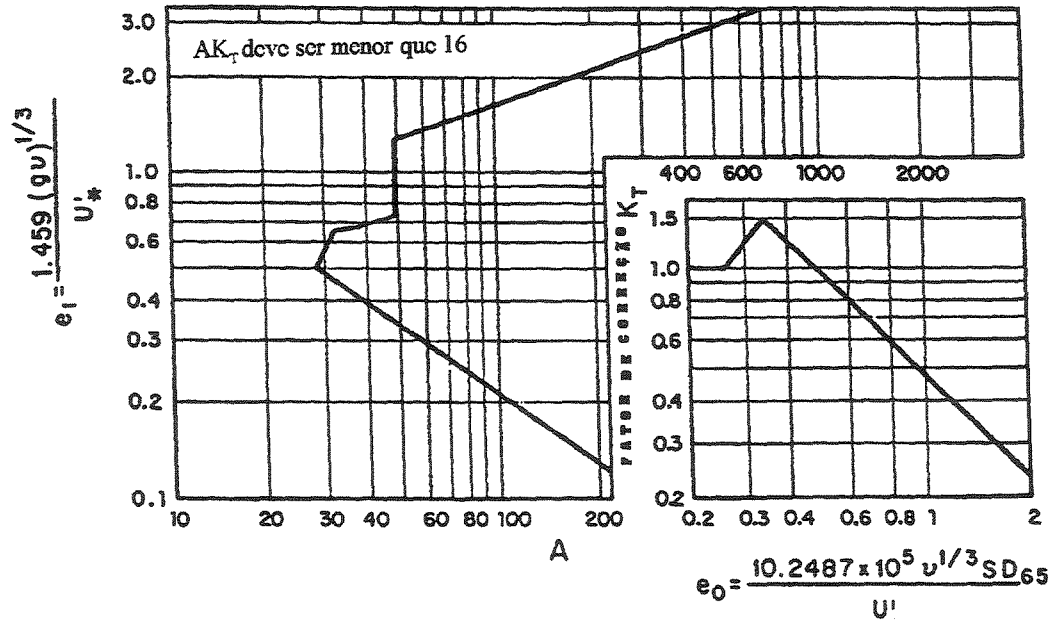


Figura 3.16 – Coeficiente A e fator de correção K_T , segundo Toffaleti (1968 – 1969), [ÁLVAREZ & FLORES, 1996].

Caso o parâmetro adimensional v_1 seja menor do que 0,25, o fator de correção K_T é unitário.

$$\text{Se } v_1 < 0,25 \quad , \quad K_T = 1 \quad (3.156)$$

A – coeficiente que depende do parâmetro e_1 .

$$e_1 = \frac{0,67298.(10^5.v)^{1/3}}{10.U_*'} \quad (3.157)$$

Simplificando e_1 obtido da figura 3.16:

$$e_1 = \frac{1,459.(g.v)^{1/3}}{U_*'} \quad (3.158)$$

U_*' - velocidade de atrito associada a rugosidade da partícula, m/s

Toffaleti, indica que deverá utilizar as figuras 3.17, originalmente deduzido por Vanoni e Brooks baseada no método de Einstein

A seguir apresentam-se as curvas para obtenção da velocidade de atrito associada a rugosidade da partícula, U_*' :

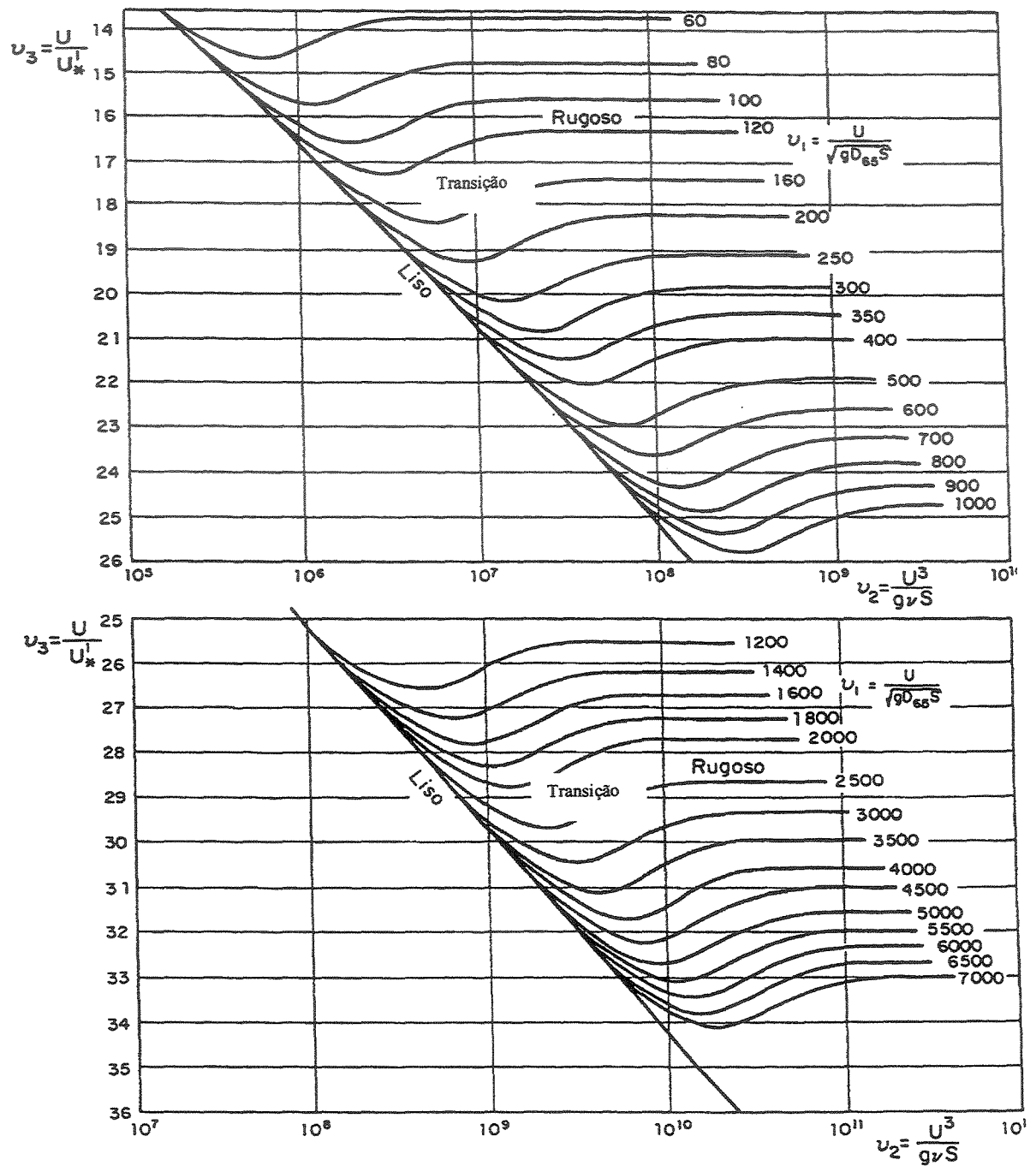


Figura 3.17 – Curvas para obter U_* em função de $\frac{U}{\sqrt{(g.D_{65}.S)}} e \frac{U^3}{g.\nu.S}$, segundo

Toffaleti (1968 – 1969), [ÁLVAREZ & FLORES, 1996].

Para utilizar as figuras 3.17 há necessidade de definir os parâmetros adimensionais ν_1 , ν_2 e ν_3 . Assim:

$$\nu_1 = \frac{U}{\sqrt{g \cdot D_{65} \cdot S}} \quad (3.159)$$

$$\nu_2 = \frac{U^3}{g \cdot \nu \cdot S} \quad (3.160)$$

Com o uso da figura 3.17, obtém-se o parâmetro adimensional, ν_3 :

$$\nu_3 = \frac{U}{U_*} \quad (3.160)$$

Com este parâmetro obtém-se U_* :

$$U_* = \frac{\nu_3}{U} \quad (3.161)$$

D_{65} – diâmetro das partículas da amostra tal que 65% tem diâmetro menor do que este diâmetro

Toffaleti indica que se o produto $A \cdot K_T$ é menor do que 16, conserva-se este parâmetro.

$$A \cdot K_T < 16 \quad , \quad A \cdot K_T = 16 \quad (3.162)$$

Todos os coeficientes expoentes, expoentes e equações são expressos no Sistema Técnico, cujas dimensões são $[F, L, T]$, e as unidades são kgf, m, s.

3.2.2.2 Método de Van Rijn (1984)

O Método de Van Rijn (1984), “apud” ÁLVAREZ & FLORES, 1996; YANG, 1996; SIMONS & SENTÜRK, 1992, válido somente quando D_{50} está compreendido entre 0,2 a 2 mm. O movimento das partículas do leito são possíveis devido às forças gravitacionais e forças hidrodinâmicas, supondo que o efeito da turbulência sobre a trajetória da partículas tem menor importância.

Arraste sobre a zona do leito

O transporte unitário sobre a zona do leito entende-se como aquele em que partículas rolam e saltitam ao longo da superfície de fundo, sendo definido em $m^3/s.m$ pela expressão abaixo:

$$q_B = U_b \cdot \delta_b \cdot C_b \quad (3.163)$$

na qual:

U_b – velocidade das partículas sobre a zona do leito, em m/s;

δ_b – altura dos saltos, que define a espessura da zona do leito, em m;

C_b – concentração das partículas da zona do leito, em m^3/m^3 ;

Parâmetros Característicos

O escoamento uniforme de água e sedimento define-se por sete variáveis básicas:

ρ - massa específica da água; $[M.L^{-3}]$

ρ_s - massa específica do sedimento; $[M.L^{-3}]$

μ - viscosidade dinâmica da água; $[L^2.T^{-1}]$

D - diâmetro da partícula; $[L]$

d - profundidade da água; $[L]$

S - declividade hidráulica; $[1]$

g - aceleração da gravidade. $[L.T^{-2}]$

Considerando as variáveis acima e mediante o teorema π de Buckingham obtém-se quatro parâmetros adimensionais. Van Rijn propôs que o transporte sobre a zona do leito poderia ser descrito com precisão pelos seguintes parâmetros:

a) Parâmetro da partícula, número de Yalin, D_*

$$D_* = D_{50} \left(\frac{(S_s - 1)g}{\nu^2} \right)^{1/3} \quad (3.164)$$

$$D_* = D_{50} \left(\frac{g\Delta}{\nu^2} \right)^{1/3} \quad (3.165)$$

b) Parâmetro de condição de transporte, T

$$T = \frac{\tau_o' - \tau_c}{\tau_c} \quad (3.166)$$

$$T = \frac{(U_*')^2 - (U_{*c})^2}{U_{*c}^2} \quad (3.167)$$

$$U_* = \sqrt{\frac{\tau_o'}{\rho}}$$

Assim, temos:

Δ - densidade relativa das partículas submersas;

S_s – densidade das partículas de sedimento;

ν - viscosidade cinemática da água, m²/s;

τ_o' – tensão de cisalhamento produzido pelo escoamento, associado a partícula

$$\tau_o' = \tau_o \left(\frac{C}{C'} \right)^2 = \gamma \left(\frac{U}{C'} \right)^2 \quad (3.168)$$

τ_o – tensão de cisalhamento produzido pelo escoamento

$$\tau_o = \gamma . d . S \quad (3.169)$$

C – coeficiente total de rugosidade do escoamento, segundo Chezy, obtido em função da velocidade média de escoamento U, do raio hidráulico R, da profundidade do escoamento d, e da declividade hidráulica, S.

$$C = \frac{U}{\sqrt{R.S}} \quad (3.170)$$

Se:

$$B \geq 40.d, \quad R = d \quad (3.171)$$

C' – coeficiente de rugosidade associado a partícula, segundo Chezy;

$$C' = 7,82 \cdot \ln \frac{12.d}{K_s} = 18 \cdot \log \frac{12.d}{3.D_{90}} \quad (3.172)$$

De acordo com a equação acima, considera-se:

$$K_s = 3.D_{90} \quad (3.173)$$

K_s – altura da rugosidade de fundo equivalente a Nikuradse

τ_c – tensão de cisalhamento crítico para início do movimento das partículas, obtido originalmente do diagrama de Shields, representado através da equação desenvolvida por Maza, em 1996;

Equação aplicada para intervalo $1 \leq D_* \leq 180$

$$\tau_c = (\gamma_s - \gamma) D_{50} \left[\frac{0,2916}{D_*} + 0,077 \cdot \exp \left\{ - \left(\frac{30,35}{D_*} \right)^{0,563} \right\} \right] \quad (3.174)$$

Para valores maiores do que 180 Van Rijn considera que:

$$\tau_c = 0,055 \quad (3.175)$$

U'_* - velocidade de atrito associada a partícula;

$$U'_* = \left(\frac{\tau'_o}{\rho} \right)^{0,5} = (g \cdot R' \cdot S)^{0,5} \quad (3.176)$$

$$U'_* = \sqrt{g} \cdot \frac{U}{C} \quad (3.177)$$

U_{*c} – velocidade de atrito crítica;

$$U_{*c} = \left(\frac{\tau_c}{\rho} \right)^{0,5} = (g \cdot R_c \cdot S)^{0,5} \quad (3.178)$$

R' – raio hidráulico associado a partícula;

R_c – raio hidráulico crítico;

Característica sobre a zona do leito

Van Rijn analisou o movimento e trajetória das partículas individualmente. Baseando-se nas equações estabelecidas por White e Schultz (1977), e calibrando os coeficientes a partir de observações efetuadas em laboratório e análises de outros pesquisadores obteve dois gráficos:

- o primeiro gráfico obtém-se a altura do salto das partículas, δ_b , (vide figura 3.18)

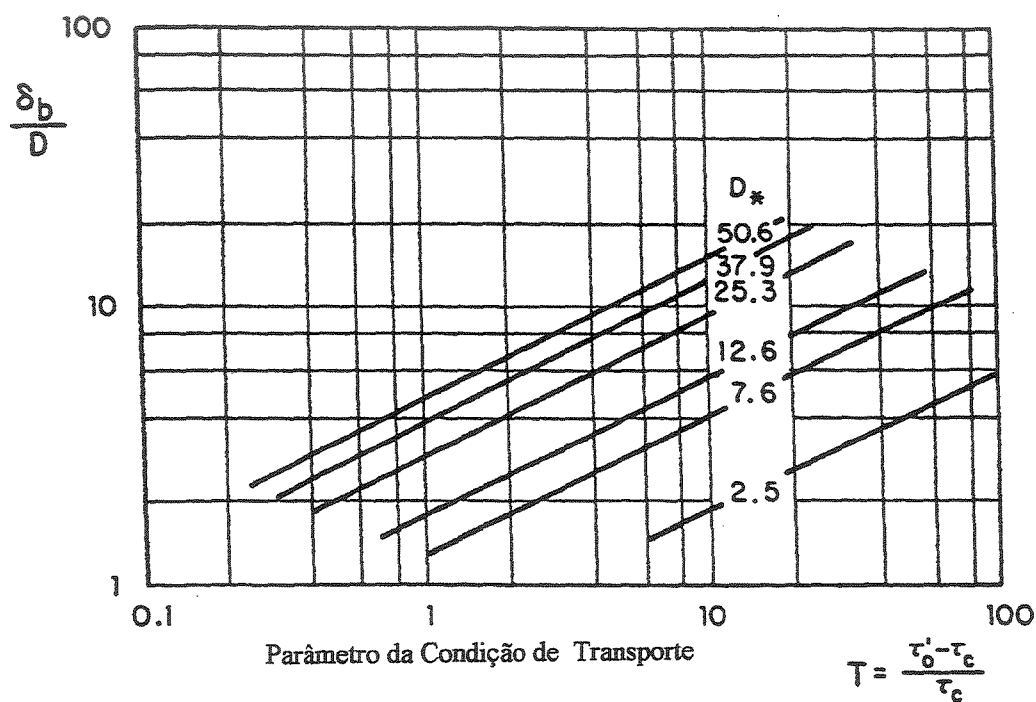


Figura 3.18 – Altura dos saltos das partículas, δ_b , em função dos parâmetros D_* e T , segundo Van Rijn (1984), [ÁLVAREZ & FLORES, 1996].

- o segundo gráfico avalia a longitude do salto das partículas, λ_b , (vide figura 3.19)

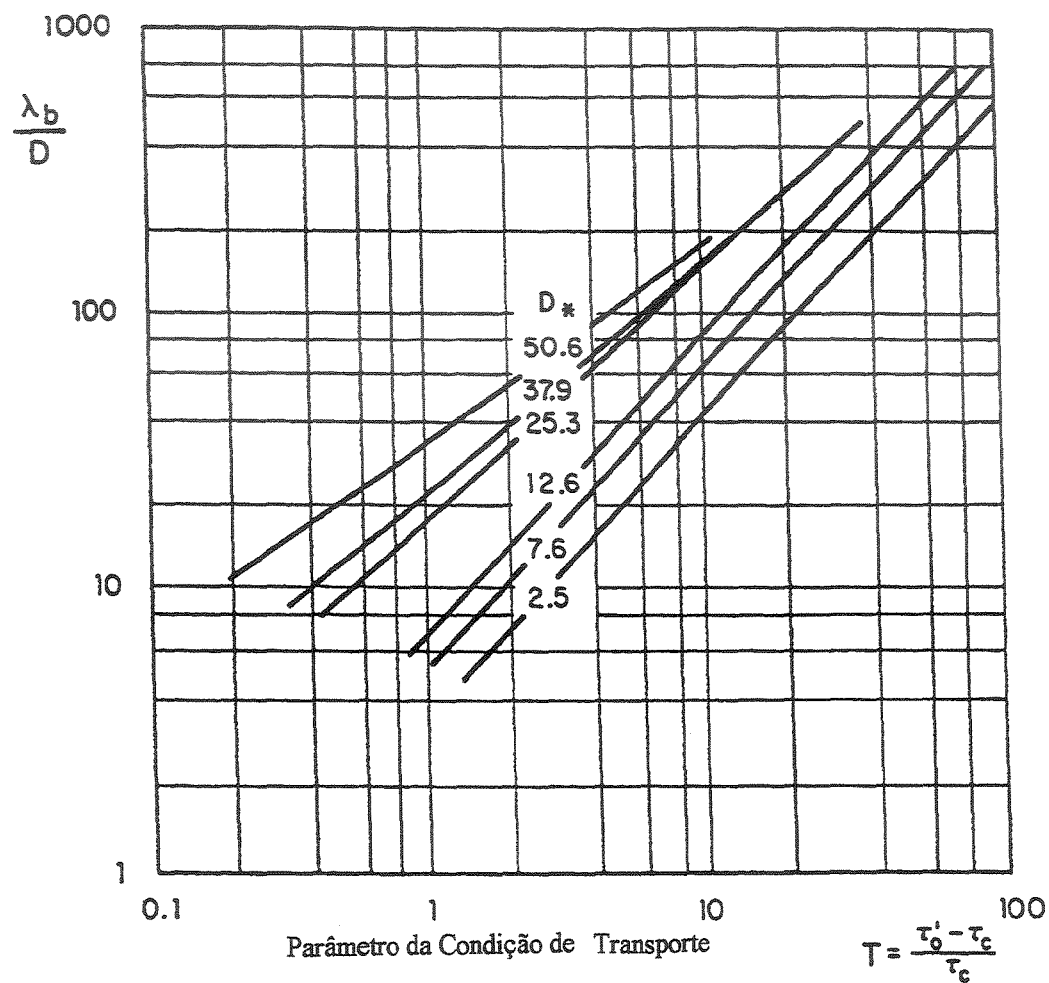


Figura 3.19 – Longitude dos saltos das partículas, λ_b , em função dos parâmetros D^* e T , segundo Van Rijn (1984), [ÁLVAREZ & FLORES, 1996].

Entre os pesquisadores observados citam-se os relacionados abaixo:

1.0 – Francis (1973), Abbott e Francis (1977) e White e Schultz para identificar as velocidades iniciais tanto vertical como horizontal das partículas;

2.0 – Fernández Luque (1974 – 1976) analisou o movimento, trajetória e velocidade das partículas quando saltitam sobre o fundo;

3.0 – Saffman (1968) verificou o coeficiente de sustentação das partículas;

4.0 – Williams (1970) e Reizes (1978) verificou a altura máxima do salto das partículas;

5.0 – Porch, Sagiv e Seginer (1970) comprovou a longitude do salto das partículas;

6.0 – Guy et al (1966), Falkner (1935), Gilbert (1914), Tsubaki et al (1959), e Williams (1970) determinou a concentração das partículas sobre a zona do leito.

Em substituição as figuras propostas por Van Rijn pode-se empregar as equações descritas a seguir:

Altura do salto das partículas, δ_b

Para obter a altura do salto das partículas, δ_b , se utiliza a equação abaixo:

$$\frac{\delta_b}{D_m} = 0,3 \cdot D_*^{0,7} \cdot T^{0,5} \quad (3.179)$$

na qual:

D_m – diâmetro médio das partículas de fundo;

D_* - parâmetro da partícula, número de Yalin;

T – parâmetro de condição de transporte.

Tal equação apresenta um desvio padrão de aproximadamente 10% quando comparado aos valores apresentados na figura 3.18.

Longitude do salto das partículas, λ_b

Para obter a longitude do salto das partículas, λ_b , propôs a equação abaixo:

$$\frac{\lambda_b}{D} = 3 \cdot D_*^{0,6} T^{0,9} \quad (3.180)$$

Os resultados obtidos com equação para obter altura do salto das partículas, λ_b , apresentam um desvio padrão de aproximadamente 50% quando comparados com os resultado da figura 3.19.

Em seus cálculos, Van Rijn considerou que a distância vertical na qual a velocidade de fluxo é igual a zero encontra-se a $0,25 D$ a partir da parte superior das partículas que formam o fundo, considerando que todas elas tem diâmetro uniforme e encontram-se acomodadas em fundo plano.

Para calcular a equação 3.163, Van Rijn propôs as seguintes expressões para avaliar cada um dos termos da equação de transporte unitário sobre a zona do leito.

a – Espessura da zona do leito, δ_b ;

Definida pela altura dos saltos das partículas.

$$2D \leq \delta_b \leq 10D \quad (3.181)$$

na qual:

δ_b – obtém-se com a equação 3.179

b – Velocidade das partículas, U_b

A partir de estudos analíticos em que se obteve a velocidade das partículas como função da condição de fluxo e do tamanho do sedimento, Van Rijn, obteve a figura 3.20.

τ_* - parâmetro adimensional para a tensão de cisalhamento τ_0

U_* - velocidade de atrito

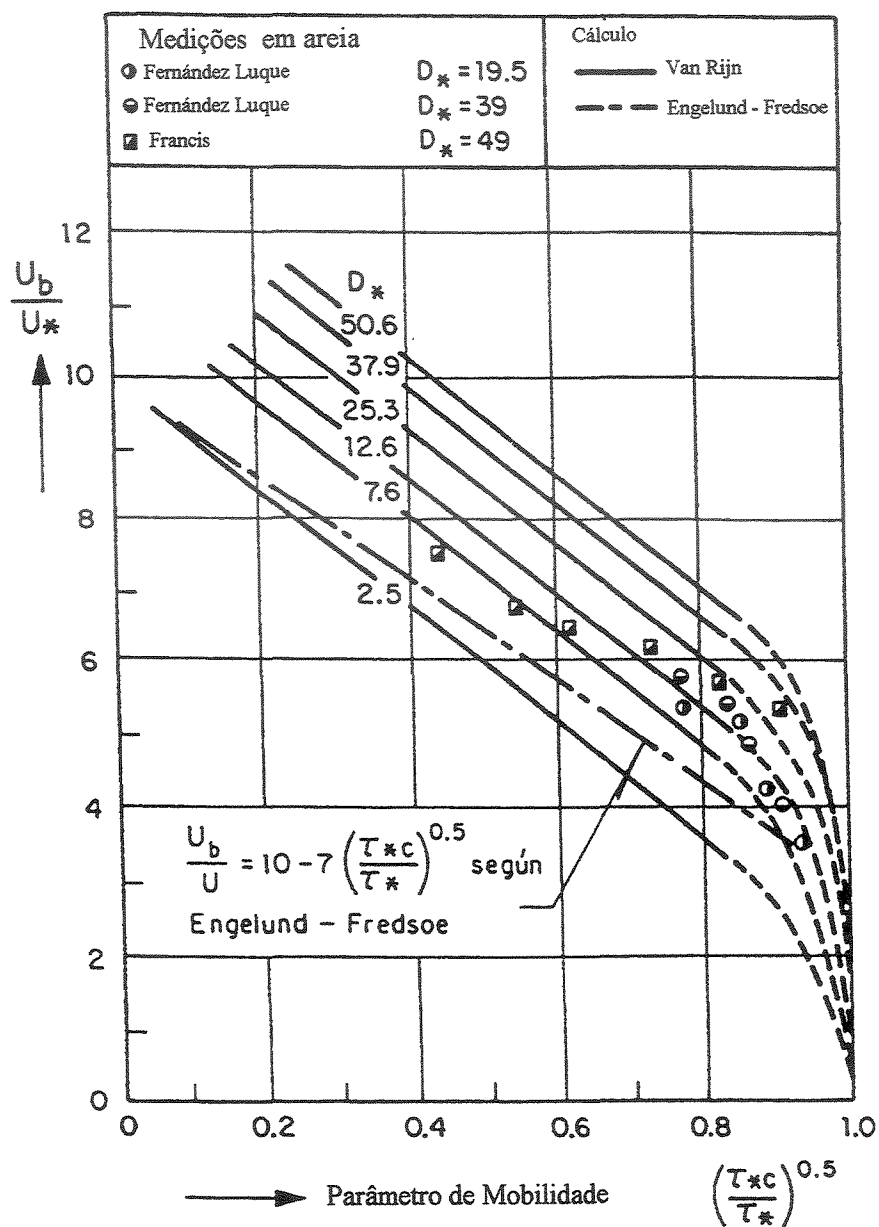


Figura 3.20 – Velocidade das partículas, U_b , em função das características do fluxo e D_* , segundo Van Rijn, [ÁLVAREZ & FLORES, 1996].

Com a figura 3.20, obteve-se velocidade das partículas U_b , e para facilitar o cálculo propôs a equação abaixo:

b1.

$$\frac{U_b}{U_*} = 9 + 1,129 \cdot \ln D_* - 8 \cdot \left(\frac{\tau_{*c}}{\tau_*} \right)^{0,5} \quad (3.182)$$

Esta equação apresenta uma discrepância de 10% com relação a figura 3.20.

Reescrevendo a equação 3.182, tem-se:

$$\frac{U_b}{U_*} = 1,129 \cdot \ln \left[\frac{2894,3 \cdot D_*}{\exp \left(7,085 \cdot \frac{\tau_{*c}}{\tau_*} \right)^{0,5}} \right] \quad (3.183)$$

Devido a insuficiência de dados disponíveis, Van Rijn não pode verificar a influência de D_* (parâmetro da partícula, nº Yalin), propondo uma segunda equação mais sensível:

b2.

$$\frac{U_b}{[(S_s - 1)g \cdot D]^{0,5}} = 1,5 \cdot T^{0,6} \quad (3.184)$$

Tal equação apresenta erro de 20% quando comparada a com a figura 3.20.

O significado das variáveis da equações 3.183 e 3.184 encontram-se abaixo:

T – parâmetro da condição de transporte

U_* - velocidade de atrito crítica;

$$U_* = \sqrt{g \cdot d \cdot S} \quad (3.185)$$

τ_* - número adimensional de Shields para a tensão de cisalhamento τ_o ;

$$\tau_* = \frac{\tau_o}{(\gamma_s - \gamma) D_{50}} = \frac{d \cdot S}{\Delta \cdot D_{50}} = \frac{d \cdot S}{(S_s - 1) D_{50}} \quad (3.186)$$

τ_{*c} – número adimensional de Shields para condição crítica;

$$\tau_{*c} = \frac{\tau_c}{(\gamma_s - \gamma) D} \quad (3.187)$$

c – Concentração das partículas em capa de fundo, C_b

Em estudo prévio, Van Rijn (1981), propôs a relação abaixo para obter a concentração sobre a zona do leito:

$$\frac{C_b}{C_o} = 0,18 \cdot \frac{T}{D_*} \quad (3.188)$$

na qual:

C_o – concentração máxima possível sobre a zona do leito:

$$C_o = 0,65 \cdot \frac{m^3}{m^3} \quad (3.189)$$

g_B – quando $T < 3$ (T – parâmetro da condição de transporte)

Substituindo as equações 3.179, 3.182, 3.184, 3.188, 3.189, na equação 3.163, obtém-se a equação final proposta por Van Rijn para calcular o arraste das partículas sobre a zona do leito.

$$\frac{q_B}{[(S_s - 1)g \cdot D_{50}^3]^{0,5}} = 0,053 \cdot \frac{T^{2,1}}{D_*^{0,3}} \quad [m^3/s.m] \quad (3.190)$$

A equação 3.190 é válida somente para partículas com diâmetro entre 0,0002 e 0,002 m se $T < 3$.

Expressando o arraste sobre a zona do leito, em kgf/s.m, tem-se :

$$g_B = 0,053 \cdot \gamma_s \cdot [(S_s - 1)g \cdot D_{50}^3]^{0,5} \cdot T^{2,1} \cdot D_*^{-0,3} \quad [kgf/s.m] \quad (3.191)$$

Substituindo D_* e T , tem-se:

$$g_B = 0,053 \cdot \gamma_s \cdot [\Delta \cdot g \cdot D_{50}^3]^{0,4} \cdot \left[\frac{\tau_o' - \tau_c}{\tau_c} \right]^{2,1} \cdot \nu^{0,2} \quad (3.192)$$

As equações 3.191 e 3.192 são válidas se $T < 3$ e o diâmetro das partículas $0,0002m \leq D_{50} \leq 0,002m$.

g_B quando $T \geq 3$

$$g_B = 0,1 \cdot \gamma_s \cdot (g \cdot \Delta \cdot D_{50}^3)^{0,5} T^{1,5} \cdot D_*^{-0,3} \quad (3.193)$$

Substituindo D_* e T , tem-se:

$$g_B = 0,1 \cdot T_s \cdot (g \cdot \Delta \cdot D_{50}^3)^{0,4} \cdot \nu^{0,2} \cdot \left[\frac{\tau_o' - \tau_c}{\tau_c} \right]^{1,5} \quad (3.194)$$

g_B em função da velocidade média

Levando em função a velocidade média, U , Van Rijn, 1989, propôs:

$$g_B = 0,005 \cdot \gamma_s \cdot U \cdot d \cdot \left(\frac{D_{50}}{d} \right)^{1,2} \cdot \left[\frac{U - U_c}{(g \cdot \Delta \cdot D_{50})^{0,5}} \right]^{2,4} \quad (3.195)$$

Simplificando:

$$g_B = \frac{0,005 \cdot \gamma_s \cdot U \cdot (U - U_c)^{2,4}}{(g \cdot \Delta)^{1,2} \cdot d^{0,2}} \quad (3.196)$$

na qual:

U_c – velocidade crítica para início do movimento das partículas que se obtém-se das relações abaixo:

Se:

$$0,0001m \leq D_{50} \leq 0,0005m$$

$$U_c = 0,082516.D_{50}^{0,1}.\ln\left(\frac{12.d}{3.D_{90}}\right) \quad (3.197)$$

Se:

$$0,0005 \leq D_{50} \leq 0,002m$$

$$U_c = 3,6915.D_{50}^{0,6}.\ln\left(\frac{12.d}{3.D_{90}}\right) \quad (3.198)$$

Transporte de fundo em suspensão, g_{BS}

A equação geral para o cálculo do transporte unitário de fundo em suspensão, entre um dado nível e a superfície:

$$g_{BS} = \int_a^d u.C.dy \quad (3.199)$$

na qual:

u - velocidade pontual média na vertical situado a uma distância y sobre o fundo;

C – concentração pontual média de sedimento de fundo em suspensão, sobre a vertical a uma distância y sobre o fundo;

a – limite inferior;

d – profundidade do fluxo;

Reescrevendo a equação 3.199, temos:

$$g_{BS} = C_a \cdot U \cdot d \cdot \frac{1}{d} \cdot \int_a^d \frac{u}{U} \cdot \frac{C}{C_a} \cdot dy \quad (3.200)$$

$$g_{BS} = C_a \cdot U \cdot d \cdot F \quad (3.201)$$

na qual:

$$F = \frac{1}{d} \cdot \int_a^d \frac{u}{U} \cdot \frac{C}{C_a} \cdot dy \quad (3.202)$$

Distribuição de velocidades

Neste método utilizou-se a expressão geral de Prandtl-Von-Karman.

$$u = \frac{U_*}{K} \cdot \ln \left(\frac{y}{y_o} \right) \quad (3.203)$$

na qual:

K – constante de Von – Karman, que varia com a concentração e que Van Rijn adotou o valor de 0,4 (água limpa), as constantes K e concentração são inversamente proporcionais;

y_o – distância sobre o leito a qual a velocidade é nula, ocorrendo quando:

$$y_o = 0,033.K_s \quad (3.204)$$

K_s – altura da rugosidade de fundo equivalente a Nikuradse.

Conhecida a velocidade média obtém-se a relação:

$$U = 2,5.U_* \ln \left(\frac{12.d}{K_s} \right) \quad (3.205)$$

$$K_s = \frac{12.d}{\exp \left(\frac{U}{2,5.U_*} \right)} \quad (3.206)$$

Nível de Referência, “a”

É o limite inferior referente ao nível em que se inicia o transporte de fundo em suspensão. Propõem-se o seguinte:

Conhecido K_s :

$$a = K_s \quad (3.207)$$

Conhecido a altura Δ_o das dunas:

$$a = \frac{\Delta_o}{2} \quad (3.208)$$

Em qualquer caso não deve ser menor que 0,01.d:

$$a \geq 0,01.d$$

(3.209)

Em fundo plano "a" deve ser igual a espessura sobre a zona do leito dado pela equação 3.179.

Distribuição de Concentração

Após analisar vários coeficientes de difusão do fluido, Van Rijn adotou como satisfatório uma distribuição parabólica até a metade da profundidade, deste ponto até a superfície apresentou uma distribuição constante, portanto para avaliar a concentração de sedimentos ao longo de uma vertical selecionou as seguintes relações:

$$\frac{C}{C_a} = \left[\left(\frac{a}{d-a} \right) \left(\frac{d-y}{y} \right) \right]^z \quad \text{se } \frac{y}{d} \leq 0,5 \quad (3.210)$$

$$\frac{C}{C_a} = \left(\frac{a}{d-a} \right)^z \cdot e^{-4.z \left(\frac{y}{d} - 0,5 \right)} \quad \text{se } \frac{y}{d} \geq 0,5 \quad (3.211)$$

na qual:

a – nível de referência definido anteriormente;

C_a – concentração no nível de referência. Para avaliá-la pode-se distinguir duas condições:

- fundo plano e,
- fundo com ondulações

Definindo:

C_a para fundo plano:

Na zona do leito, quando $y = \delta_b$ a concentração será expressada em m^3/m^3 através da seguinte relação:

$$C_a = 0,18.C_o.\frac{T}{D_*} = 0,117\frac{T}{D_*} \quad (3.212)$$

$$C_o = 0,65 \text{ m}^3/\text{m}^3 \quad (3.213)$$

C_o – concentração máxima possível sobre a zona do leito

Para concentração expressa em peso (kgf/m^3), tem-se:

$$C_a = 0,18.\gamma_s.C_o.\frac{T}{D_*} = 0,117.\gamma_s.\frac{T}{D_*} \quad (3.214)$$

C_a para fundo com ondulações:

Quando o fundo apresenta ondulações, a espessura sobre a zona do leito vale $a = K_s$ ou $a = \Delta_o/2$, o nível de referência $y = a$ e a concentração C_a expressa por:

$$C_a = 0,015.\frac{D_{s0}.T^{1,5}}{a.D_*^{0,3}} \quad (3.215)$$

Para concentração expressa em peso (kgf/m³), tem-se:

$$C_a = 0,015 \cdot \gamma_s \cdot \frac{D_{50} \cdot T^{1,5}}{a \cdot D_*^{0,3}} \quad (3.216)$$

z – parâmetro de suspensão, introduzido por Rouse, expresso como:

$$z = \frac{w_s}{\beta'_* \cdot K \cdot U_*} \quad (3.217)$$

β'_* - fator que considera a diferença entre a difusão de uma partícula do fluxo e das partículas do sedimento, sendo estas de maior peso específico:

$$\beta'_* = 1 + 2 \cdot \left(\frac{w_s}{U_*} \right)^2 \quad \text{se} \quad 0,1 < \frac{w_s}{U_*} < 0,707 \quad (3.218)$$

Recomenda-se que β não seja maior do que 2. Portanto, se $w_s/U_* > 0,707$, considera-se $\beta'_* = 2$. O fator β'_* deverá ser sempre maior do que 1, indicando influência das forças centrífugas.

w_s – velocidade de sedimentação do diâmetro representativo avaliadas pelas relações abaixo:

a) para $D_s \leq 0,0001 \text{ m}$, *segundo Stokes* :

$$w_s = \frac{\Delta \cdot g \cdot D_s^2}{18 \cdot \nu} = \frac{(S_s - 1) \cdot g \cdot D_s^2}{18 \cdot \nu} \quad (3.219)$$

b) para $0,0001\text{ m} \leq D_s \leq 0,001\text{ m}$, segundo Zanke :

$$w_s = 10 \cdot \frac{\nu}{D_s} \cdot \left[\left(1 + \frac{0,01 \cdot \Delta \cdot g \cdot D_s^3}{\nu^2} \right)^{0,5} - 1 \right] \quad (3.220)$$

c) para $D_s \geq 0,001\text{ m}$

$$w_s = 1,1 \cdot (\Delta \cdot g \cdot D_s)^{0,5} \quad (3.221)$$

D_s – diâmetro representativo das partículas em suspensão, segundo as relações abaixo:

$$D_s = D_{50} [1 + 0,011 (\sigma_g - 1)] \quad \text{se } T < 25 \quad (3.222)$$

$$D_s = D_{50} \quad \text{se } T \geq 25 \quad (3.223)$$

σ_g – desvio geométrico padrão

Quando a distribuição dos diâmetros é log – normal (caso mais frequente) se obtém a relação:

$$\sigma_g = \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{D_{84}}{D_{50}} + \frac{D_{50}}{D_{16}} \right) = \left(\frac{D_{84}}{D_{16}} \right)^{0,5} \quad (3.224)$$

Van Rijn, introduziu uma modificação ao fator z , com o objetivo de simplificar o procedimento de cálculo. Assim propôs utilizar z' que vale:

$$z' = z + \psi \quad (3.225)$$

Na qual ψ é um fator global de correção, dado por:

$$\psi = 2,5 \cdot \left(\frac{w_s}{U_*} \right)^{0,8} \cdot \left(\frac{C_a}{C_o} \right)^{0,4} \quad (3.226)$$

na qual:

C_o – concentração máxima a um nível y de referência igual a $0,65 \text{ m}^3/\text{m}^3$;

Sendo a concentração C_a expressa em peso, C_o deverá estar em kgf/m^3 , cujo valor é igual a $0,65 \cdot \gamma_s$.

$$C_o = 0,65 \text{ m}^3/\text{m}^3 \quad (3.227)$$

$$C_o = 0,65 \cdot \gamma_s \quad [\text{kgf}/\text{s} \cdot \text{m}^3] \quad (3.228)$$

A equação 3.226 é utilizada quando:

$$C > 0,001 \text{ m}^3 / \text{m}^3 = 2,5 \text{ kgf} / \text{m}^3 \quad (3.229)$$

válida no intervalo de :

$$0,01 \leq \frac{w_s}{U_*} \leq 1 \quad (3.230)$$

Com isto pode-se obter resultados com erro máximo de 25%.

Substituindo as equação 3.203, 3.210, 3.211 na equação 3.199, tem-se a relação geral para avaliar o transporte unitário de fundo em suspensão, em peso ($\text{kgf}/\text{s} \cdot \text{m}$):

equação 3.199 - $g_{BS} = \int_a^d u.C.dy$

$$g_{BS} = \frac{U_* . Ca}{K} \left(\frac{a}{d-a} \right)^{z'} \left[\int_a^{0,5.d} \left(\frac{d-y}{y} \right)^{z'} . \ln \left(\frac{y}{y_o} \right) . dy + \int_{0,5.d}^d e^{-4.z' \left(\frac{y}{d} - 0,5 \right)} . \ln \left(\frac{y}{y_o} \right) . dy \right] \quad (3.231)$$

Assim:

$$g_{BS} = \frac{U_* . Ca . d}{k} \left(\frac{1}{A-1} \right)^{z'} \left[\int_A^{0,5} \left(\frac{1-E}{E} \right)^{z'} . \ln \left(\frac{E.d}{y_o} \right) . dE + \int_{0,5}^1 e^{-4.z' . (E-0,5)} . \ln \left(\frac{E.d}{y_o} \right) . dE \right] \quad (3.232)$$

na qual:

$$y_o = 0,033 . K_s \quad (3.233)$$

$$K_s = (\text{equação 3.206})$$

$$A = a/d \quad (3.234)$$

$$E = y/d \quad (3.235)$$

Z' = fator expresso como função da temperatura d'água, velocidade de sedimentação, raio hidráulico e declividade hidráulica

Nas equações 3.231 e 3.232 o nível de referência $y = a$ e a concentração C_a é expressa em peso, kgf/m^3 . Se for expressa em volume, m^3/m^3 , obtém-se o transporte unitário de fundo em suspensão, q_B expresso em $\text{m}^3/\text{s.m}$.

Sendo o transporte de sedimento expresso segundo a equação 3.201

$$\text{equação (3.201)} - g_{BS} = C_a \cdot d \cdot U \cdot F$$

em que C_a expressa em kgf/m^3 , e o fator F igual a:

$$F = \frac{U_*}{K \cdot U \cdot d} \cdot \left(\frac{a}{d-a} \right)^{z'} \cdot \left[\int_a^{0,5 \cdot d} \left(\frac{d-y}{y} \right)^{z'} \cdot \ln \left(\frac{y}{y_o} \right) \cdot dy + \right. \\ \left. + \int_{0,5 \cdot d}^d \exp \left\{ -4z' \cdot \left(\frac{y-0,5 \cdot d}{d} \right) \right\} \cdot \ln \left(\frac{y}{y_o} \right) \cdot dy \right] \quad (3.236)$$

Assim:

$$F = \frac{U_* \cdot d}{K \cdot U} \cdot \left(\frac{1}{A-1} \right)^{z'} \cdot \left[\int_A^{0,5} \left(\frac{1-E}{E} \right)^{z'} \cdot \ln \left(\frac{E \cdot d}{y_o} \right) \cdot dE + \right. \\ \left. + \int_{0,5}^1 \exp \left\{ -4z' \cdot (E-0,5) \cdot \ln \left(\frac{E \cdot d}{y_o} \right) \right\} \cdot dE \right] \quad (3.237)$$

Para facilitar a solução analítica, Van Rijn propôs uma fórmula simplificada para avaliar F , a qual difere em 25% com as equações 3.236 e 3.237. Esta fórmula simplificada pode-se aplicar aos seguintes intervalos:

$$0,3 \leq z' \leq 3 \quad e \quad 0,01 \leq \frac{a}{d} \leq 0,1$$

Fórmula simplificada:

$$F = \frac{A^{z'} - A^{1,2}}{(1-A)^{z'} \cdot (1,2 - z')} \quad (3.238)$$

na qual:

$$A = \frac{a}{d} \quad (3.239)$$

Conhecidos g_B e g_{BS} , tem o transporte total de fundo:

$$g_{BT} = g_B + g_{BS} \quad (3.240)$$

Transporte total de fundo em função da velocidade média

a – Transporte de fundo em suspensão

Para avaliar o transporte de fundo em suspensão como função da velocidade média de fluxo, Van Rijn propôs a seguinte equação aproximada:

$$g_{BS} = 0,012 \cdot \gamma_s \cdot U \cdot d \cdot \left(\frac{U - U_c}{\sqrt{g \cdot \Delta \cdot D_{50}}} \right)^{2,4} \cdot \left(\frac{D_{50}}{d} \right) \cdot \frac{1}{D_*^{0,6}} \quad (3.241)$$

na qual:

U – velocidade média, em m³/s;

U_c – velocidade crítica necessário para início do movimento das partículas com diâmetro D_{50} , obtido com equação 3.197 e 3.198;

d – profundidade do fluxo, em metros;

Δ - densidade relativa das partículas submersas;

D_* - parâmetro adimensional da partícula, obtido em função de D_{50} ;

Simplificando, a equação 3.241, tem-se:

$$g_{BS} = \frac{0,012 \cdot \gamma_s \cdot U \cdot D_{50}}{D_*^{0,6}} \cdot \left(\frac{U - U_c}{\sqrt{g \cdot \Delta \cdot D_{50}}} \right)^{2,4} \quad (3.242)$$

As equações 3.241 e 3.242, são válidas para os seguintes intervalos:

$$1,00 \text{ m} \leq d \leq 20,00 \text{ m}$$

$$0,50 \text{ m/s} \leq U \leq 2,50 \text{ m/s}$$

$$0,0001 \text{ m} \leq D \leq 0,002 \text{ m}$$

Segundo a equação 3.242, o transporte de sedimentos de fundo em suspensão não depende explicitamente da profundidade “d” do fluxo, sendo levado em conta implicitamente pelas velocidades U e U_c .

b – Arraste sobre a zona do leito

O arraste sobre a zona do leito, expressado em função da velocidade média do fluxo, é dado pelas equações 3.195 e 3.196.

c – Transporte total de fundo

$$g_{BT} = 0,005 \cdot \gamma_s \cdot U \cdot D_{50} \cdot \left(\frac{U - U_c}{\sqrt{g \cdot \Delta \cdot D_{50}}} \right)^{2,4} \cdot \left[\left(\frac{D_{50}}{d} \right)^{0,2} + \frac{2,4}{D_*^{0,6}} \right] \quad (3.243)$$

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. Introdução

Os dados experimentais para o desenvolvimento desta pesquisa, originaram-se da seção do Rio Atibaia, passarela de pedestre, Distrito de Sousas, Campinas, SP.

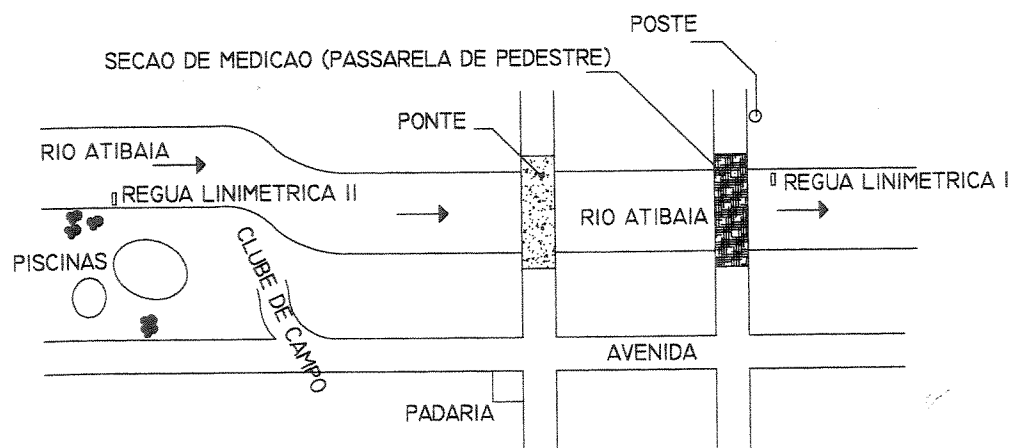


Figura 4.01 – Esquema ilustrativo para posições das réguas linimétricas e a seção de medição.

A figura a seguir ilustra o perfil transversal da seção de medição do Rio Atibaia, elemento deste estudo de pesquisa.

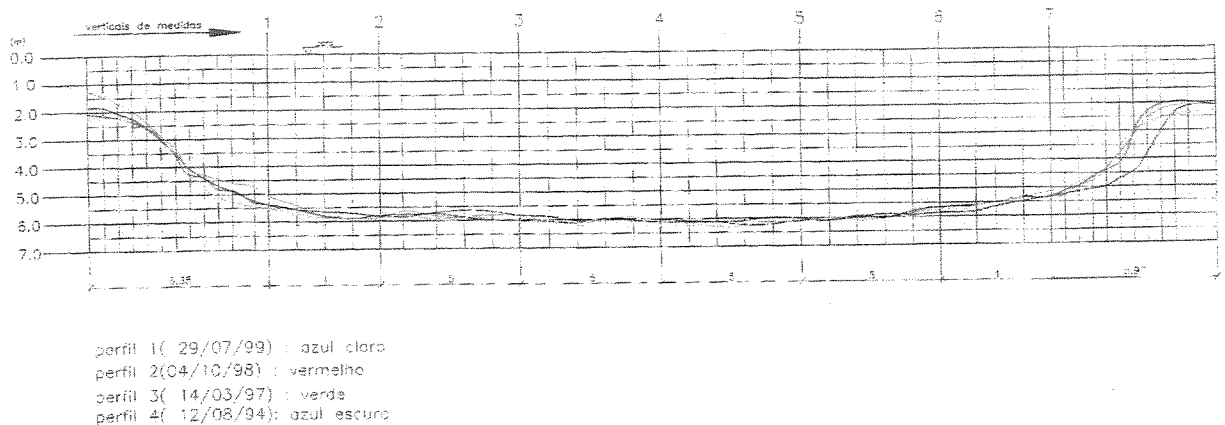


Figura 4.02 – Seção de estudo no Rio Atibaia, Distrito de Sousas, Campinas e posição das sete verticais de medição.

Para o estudo proposto neste trabalho realizou-se, medições, determinações e cálculos dos seguintes parâmetros :

Q = vazão líquida;

A = área molhada;

P = perímetro molhado;

S = declividade da linha d'água;

V_i = velocidades nas posições: 0,0.D; 0,2.D; 0,6.D; 0,8.D e aproximadamente 1,0.D;

C_i = concentrações nas posições: 0,0.D; 0,2.D; 0,6.D; 0,8.D e aproximadamente 1,0.D;

Q_{ss} = descarga sólida em suspensão (carga do leito suspensa + carga de lavagem);

Q_{sa} = descarga sólida transportada junto ao leito (arraste, rolamento e saltitação);

d_i = diâmetros representativos do material que constitui o leito;

d_{ss} = diâmetros representativos do material sólido transportado em suspensão;

Conhecidos os parâmetro A e P calculou-se o raio hidráulico (Rh) através da seguinte relação:

$$Rh = \frac{A}{P} \quad (4.1)$$

4.2. O trecho em estudo

O trecho em estudo do Rio Atibaia está localizado no Distrito de Sousas na Cidade de Campinas, entre a passarela de pedestre e o Clube de Campo de Sousas.



Figura 4.03 – Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí, [Comitê das bacias dos Rios, Piracicaba, Capivari e Jundiaí (CBH – PCJ), 1996].

4.3. A seção de medidas

A seção de medidas coincide com a seção onde se localiza uma passarela de pedestre (antiga ponte de trem). A seção é bem simétrica, com aproximadamente 35 metros de largura.

4.4. Hidrometria

4.4.1. Medição de vazão

As medições de vazões realizaram-se pelo método de integração, que consiste nas seguintes operações:

- a) Realização da batimetria na seção de medição para a determinação da área de escoamento e do perímetro molhado;
- b) Medições das velocidades médias nas verticais definidas, num total de sete;
- c) Leitura da régua linimétrica instalada na extremidade a jusante do trecho em estudo.

O cálculo da vazão é dada por:

$$Q = \sum_{i=1}^n \overline{V_i} Y_{mi} L_i \quad (4.2)$$

na qual:

$\overline{V}_i$ - velocidade média medida na vertical i ;

$\overline{Y}_{mi}$ - profundidade da faixa de influência i ;

l_i - largura da faixa de influência.

As medidas de velocidades realizaram-se com um micromolinete fluviométrico da marca OTT. Testes anteriormente feitos, posicionando o molinete nos pontos 0,0Y; 0,2Y; 0,4Y; 0,6Y; 0,8Y e Y indicaram que a velocidade média coincide com aquela localizada a 0,6Y. Portanto, o molinete foi posicionado a 0,6Y, onde Y é a profundidade total. No caso o referencial foi a superfície livre da água.

4.4.2. Medição da declividade

Para a obtenção da declividade instalaram-se duas réguas linimétricas. Uma à jusante e outra à montante do trecho em estudo. Levantamentos altimétricos permitiram estabelecer cotas nas réguas em relação a um mesmo referencial. O zero superior da régua de jusante corresponde à cota 998,008m e o da régua de montante corresponde à cota 998,436m. Feitas as leituras e por subtrações determina-se o desnível da superfície livre d'água. A declividade da linha d'água será:

$$S = \frac{\Delta h}{l} \quad (4.3)$$

na qual:

Δh - desnível da linha d'água em metros;

l - distância longitudinal entre as réguas: 598,36m.

4.4.3. Medidas do perfil de velocidade

Para a determinação experimental do perfil de velocidades efetuaram-se medidas de velocidades nas seguintes posições:

Ponto (1) - superfície livre;

Ponto (2) - localizado a 0,20 de D (D = profundidade total);

Ponto (3) - localizado a 0,6 de D ;

Ponto (4) - localizado a 0,8 de D ;

Ponto (5) - localizado próximo do fundo.

As medidas de velocidades pontuais efetuaram-se através de um molinete fluviométrico da marca OTT devidamente calibrado.

4.5. Sedimentometria

4.5.1 .Medição de vazão sólida de fundo

Para a quantificação do material de fundo do escoamento empregou-se o método direto, utilizando-se um amostrador do tipo ARNHEM - BTMA. O processo de medição consiste em fazer descer o aparelho ao fundo, deixando-o nesta posição por um determinado período, e recolhendo-o posteriormente. Após um período de testes

concluiu-se em deixar o amostrado no fundo do rio em três posições durante quarenta minutos em cada.

O cálculo da descarga sólida de fundo é feito através da fórmula:

$$Q_{sa} = \frac{\sum g_{sai} \cdot l_i}{0,085} \quad (\text{ton/dia}) \quad (4.4)$$

na qual:

l_i - faixa de influência da medição em (m);

g_{sai} - descarga sólida em peso seco que passa pela boca do aparelho, onde:

$$g_{sai} = \sum_{i=1}^n \frac{K_i \cdot P_s}{\Delta t_i} \quad (4.5)$$

P_s - peso do sólido seco coletado pelo aparelho num intervalo de tempo Δt_i em ton;

K_i - constante de correção do aparelho 0,70.

O aparelho a ser utilizado ARNHEM BTMA, é do tipo deprimogêneo, e consiste numa caixa de tela, com formato divergente na parte posterior, que provoca uma diminuição de pressão, e conseqüentemente no aumento da velocidade, compensando assim a energia cinética provocada pela presença da tela. O uso deste aparelho é recomendado para cursos de baixa declividade, com material fino superior a 0,3 mm (diâmetro da tela).

Peso do sólido seco coletado (P_s)

Obtido o material sólido coletado através do amostrador ARNHEM - BTMA colocou-se num cadim de peso conhecido (pc) e submetido inicialmente à secagem em estufa durante 24 horas e 103°C. Decorrido este período resfriou-se o cadim num desecador até atingir a temperatura ambiente e pesado obtendo-se o peso (pca). A diferença (pca - pc) resulta o peso dos sólidos totais recolhidos pelo amostrador.

4.5.2. Medição da descarga sólida em suspensão

O equipamento utilizado para a medição da descarga sólida em suspensão, foi o amostrador do tipo AMS - 3, que consiste numa peça de ferro fundido de formato hidrodinâmico, com aletas direcionadoras e um bocal, para a coleta do material. No seu interior é colocada a garrafa amostradora com capacidade de 1 litro.

Este tipo de amostrador possibilita somente a amostragem do tipo integrado, ou seja, a coleta é feita em uma vertical durante o trajeto de descida do aparelho até as proximidades do fundo, e subida até a superfície, com a mesma velocidade, tal que a garrafa coleta um volume máximo, igual ou inferior a 3/4 do litro. As amostragens deram-se nas sete verticais estabelecidas ao longo da seção transversal.

A descarga sólida medida numa determinada vertical é dada pela expressão:

$$g_{ssi} = C_i \cdot P_i \cdot Q_i \cdot 0,0864 \quad (4.6)$$

na qual:

g_{ssi} - descarga sólida em suspensão da vertical i em ton/dia;

C_i - concentração medida em ppm;

P_i - porcentagem de vazão líquida que passa na faixa de influência desta vertical;

Q_i - vazão líquida total em m³/s.

A descarga sólida total do material em suspensão que passa pela seção é dada pela somatória das descargas sólidas parciais:

$$G_{sst} = \sum_i^n g_{sst} \quad (4.7)$$

Determinação da concentração (C_i)

De cada amostra coletada pela garrafa amostradora; após a agitação da amostra para uma homogeneização perfeita, retirou-se mais ou menos 200ml da amostra para filtragem num microfiltro (GF/G; 1,2mm de abertura, "WHATMAN"), utilizando-se de uma bomba a vácuo acoplada num suporte milipor para filtro de 4,7cm de diâmetro. Antes da filtragem, com auxílio da mufla a 550°C secou-se o microfiltro durante 15 minutos. Decorrido este tempo, resfriou-se o microfiltro num dessecador até atingir a temperatura ambiente e pesou-se obtendo-se o peso (pf) em mg.

Secou-se o microfiltro e os sólidos retidos na operação de filtração foram secos numa estufa a 103°C, durante 24 horas. Decorridas estas horas, resfriou-se o filtro num dessecador até atingir a temperatura ambiente e pesando-o obteve-se o peso (pfa). A diferença (pfa - pf) resulta o peso dos sólidos totais, retidos pelo microfiltro, existente no volume filtrado (vf).

Calculou-se as concentrações C_i de cada amostra através das seguintes relações:

$$C_i = \frac{pfa - pf}{vf} \quad (4.8)$$

na qual:

C_i - concentração dos sólidos totais em suspensão em ppm;

pfa - peso dos sólidos totais retidos pelo microfiltro em mg;

pf - peso do microfiltro em mg;

vf - volume da amostra filtrada em litros.

4.5.3. Granulometria do material sólido que constitui o leito do rio

Amostras

Coletaram-se amostras do material sólido constituinte do leito do rio por um draga do tipo PETERSEN, em bronze fundido, com um dispositivo de desarme tipo alavanca de braço móvel. A draga desce com as caçambas abertas, pela alavanca. Ao chegar ao fundo, pelo alívio das tensões de tração, a alavanca desarma-se, permitindo que a draga, ao ser levantada, feche automaticamente, coletando sedimento. No fechamento, a própria alavanca mantém as caçambas fechadas através de um pino de travagem. A draga utilizada tem um volume útil de 1,5 litro.

Tomaram-se amostras do leito do rio em três posições. De cada campanha juntaram-se todas as amostras, constituindo uma única amostra, seca em estufa a 103°C, durante 24 horas e destorroadas. Por quarteamento separou-se 500 gramas da amostra, as quais, por agitação, e posteriormente peneiradas numa série de peneiras, constituída pelas peneiras série TYLER: 9; 4; 20; 35; 60; 100 e 200. O tempo de peneiramento foi de 20 minutos.

Pesou-se o material retido em cada peneira, constituindo uma fração com o diâmetro médio inferior ao da peneira anterior e superior ao da peneira na qual foi retida. Assim para as frações com diâmetros superiores a 0,074mm (peneira n° 200) empregou-se o método do peneiramento. Para a fração retida no prato, ou seja, com diâmetro médio inferior a 0,074mm empregou-se o método da análise por sedimentação contínua num meio líquido, caso a fração represente em peso um valor superior a 5% do total.

No método de análise por sedimentação, uma certa quantidade de solo é dispersa num frasco contendo água (100 gramas do solo seco em um litro d'água) e um agente antifloculante, a fim de obtenção uma suspensão fina. As partículas caíram então, sob a ação da gravidade, em um meio resistente, segundo a Lei de Stokes, com velocidades uniformes proporcionais ao diâmetro da partícula.

A partir do conhecimento dos pesos das diversas frações determinou-se a curva granulométrica, da qual retiram-se os diâmetros representativos necessários do material que constitui o leito.

4.5.4. Granulometria do material sólido em suspensão

Utilizou-se o método do tubo de remoção pelo base, segundo metodologia apresentada por CARVALHO, 1994. Este método determina a concentração e a granulometria do material contido na amostra. A determinação é feita a partir da precipitação do material coletado em aparelhagem especial.

4.5.5. Medidas do perfil de concentrações

Para a determinação experimental do perfil de concentrações efetuaram-se medidas de concentrações nas seguintes posições:

Ponto (1) - superfície livre;

Ponto (2) - localizado a 0,20 de D (D = profundidade total);

Ponto (3) - localizado a 0,6 de D;

Ponto (4) - localizado a 0,8 de D;

Ponto (5) - localizado próximo do fundo.

Coletou-se amostras com amostrador do tipo pontual, e determinou-se as concentrações em laboratório, seguindo o mesmo procedimento citado no item 4.5.2.

5.Resultados e Discussões

Para alcançar os objetivos propostos nesta pesquisa realizou-se 171 campanhas de medições (Anexo B), iniciadas em março de 1993 até abril de 2000, obtendo-se:

- parâmetros hidráulicos e geométricos da seção transversal em estudo (Posto Sousas/Campinas/SP);
- velocidades e concentrações pontuais, medidas na vertical do talvegue;
- descargas líquidas e sólidas transportadas por arraste e suspensão;
- análise granulométrica do material do leito, e dos sólidos transportados em suspensão.

Empregaram-se neste estudo sete métodos para a determinação da descarga total do leito segundo os métodos de Laursen (1958), Bishop, Simons e Richardson (1965), Shen e Hung (1971), Yang (1973), Ackers e White (1972-1973), Toffaleti (1968-1969), Van Rijn (1984).

Segundo YANG, 1996, esta parcela de partículas finíssimas chamada de “wash load” poderia ser determinada por subtração entre as parcelas de descarga total do leito e descarga total medida diretamente na seção em estudo.

Na figura 5.01 apresentou-se os valores de descarga de lavagem determinadas a partir das diferenças entre as descargas sólidas totais medidas na seção do Rio Atibaia e as descargas totais do leito calculadas a partir dos métodos referenciados acima, em função da descarga líquida, ajustadas segundo uma função potencial.

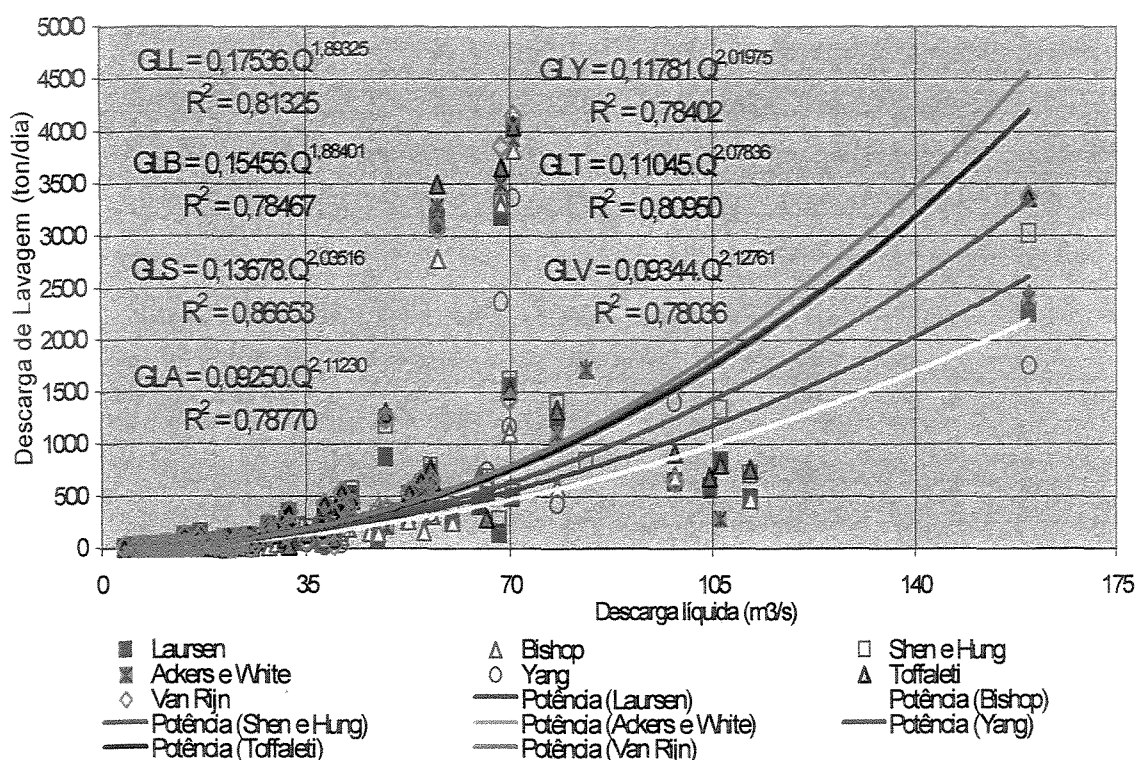


Figura 5.01 – Ajuste potencial para descarga de lavagem em função da descarga líquida

Pode-se notar um alto coeficiente de correlação, segundo os Métodos de Laursen (1958) - 0,81; Bishop, Simons e Richardson (1965) - 0,78; Shen e Hung (1971) - 0,87; Yang (1973) - 0,78; Ackers e White (1972-1973) - 0,79; Toffaleti (1968-1969) - 0,81; Van Rijn (1984) - 0,78, ajustadas a uma função potencial.

Na figura 5.02 relacionaram-se os valores de descarga de lavagem (“wash load”) segundo os métodos Laursen (1958), Bishop, Simons e Richardson (1965), Shen e Hung (1971), Yang (1973), Ackers e White (1972-1973), Toffaleti (1968-1969), Van Rijn (1984), em função da descarga líquida, ajustadas segundo uma única função potencial média. Tal ajuste potencial deu-se através da equação média resultante da utilização dos métodos acima. O objetivo desta análise era estabelecer uma equação para representação do regime de produção de “wash load” neste local de estudo.

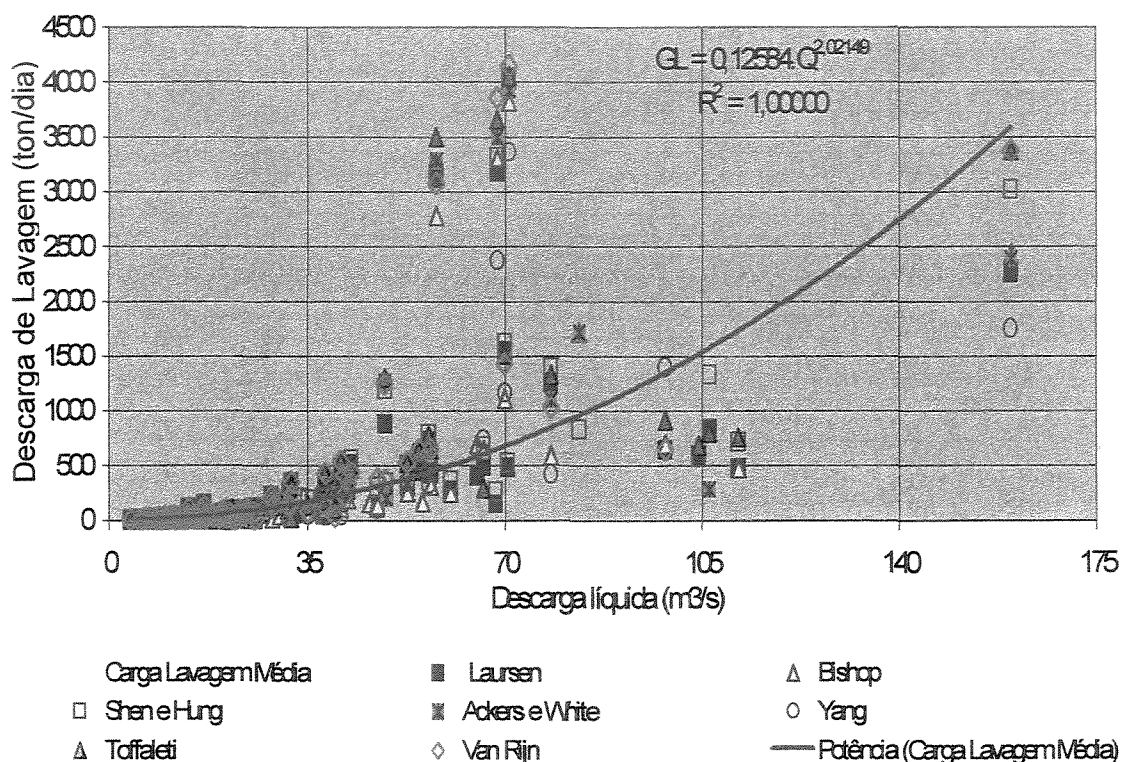


Figura 5.02 – Ajuste potencial médio para descarga de lavagem em função da descarga líquida

Procedendo as análises para o caso em estudo, verificou-se que a parcela de “wash load” apresenta pouca relação com parâmetros hidráulicos, geometria da seção, e material do leito, o que fica evidenciado na análise da figura 5.03. Isto provavelmente

devido ao fato de que a carga de lavagem é originária principalmente das ações erosivas que ocorrem na bacia hidrográfica pelo escoamento superficial durante eventos pluviosos. Na figura 5.03 observa-se uma grande dispersão dos pontos e baixos coeficientes de correlação para ajustes potenciais.

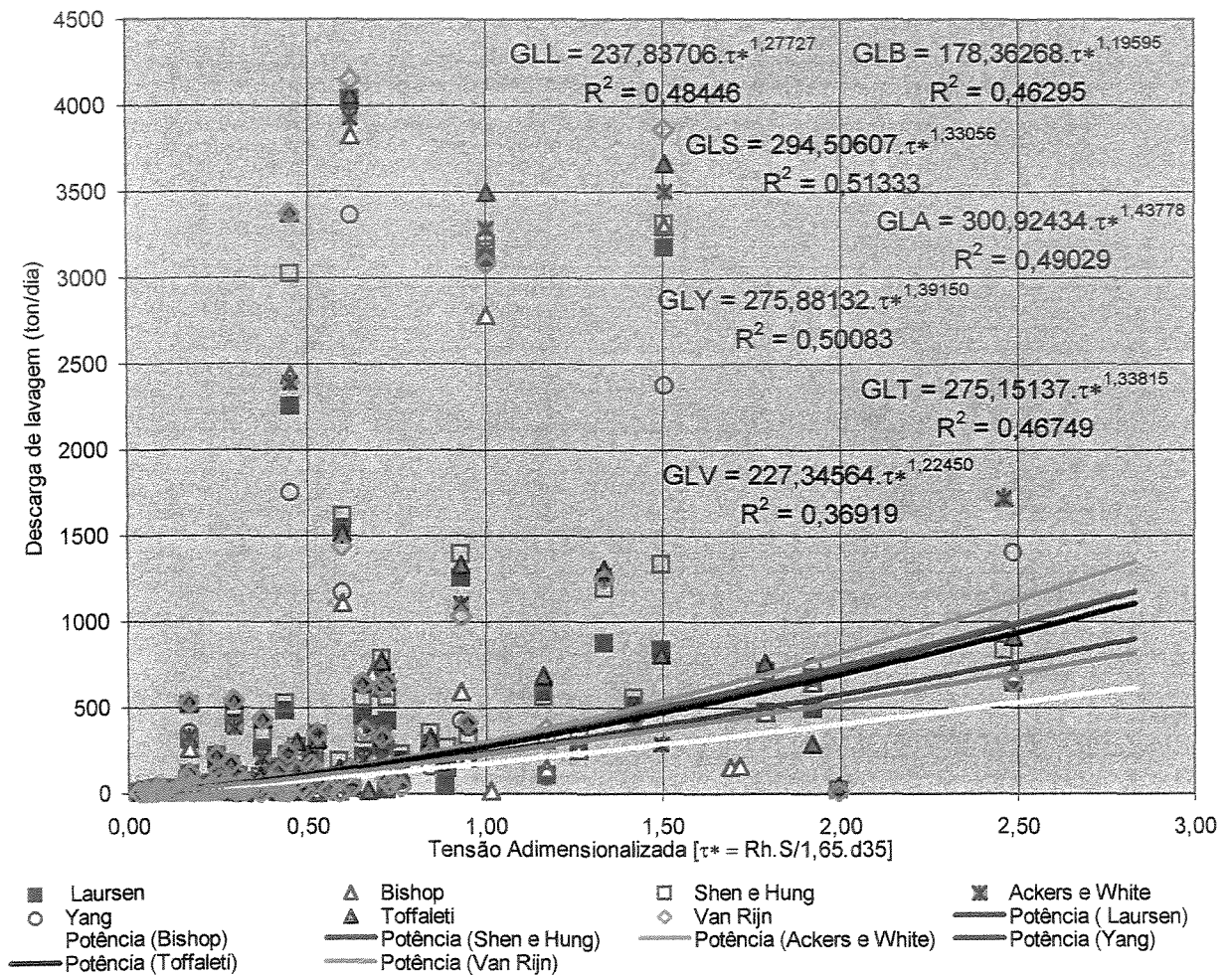


Figura 5.03 – Descarga de lavagem em função da tensão adimensionalizada

A figura 5.04, mostra as relações percentuais entre a descarga de lavagem e a descarga sólida total transportada em função do Número de Froude do escoamento, indicando altos percentuais evidenciando que a “wash load” representa uma parcela significativa dentro do transporte sólido total. Segundo CHOW, [7], 1964, e RENDON-HERRERO, [16], 1974, estima-se que a “wash load” represente 80% a 90% da descarga sólida total. Tal afirmativa pode-se constatar observando os percentuais obtidos da figura 5.04, indicando que na média a descarga de lavagem segundo os métodos de Laursen (1958), Bishop, Simons e Richardson (1965), Shen e Hung (1971), Yang (1973), Ackers e White (1972-1973), Toffaleti (1968-1969), Van Rijn (1984) vale, respectivamente, 80,62%; 70,15%; 93,14%; 82,78%; 80,41%; 90,14%; 87,95%. O número de Froude < 1 caracterizou o regime de escoamento deste estudo como fluvial ou subcrítico.

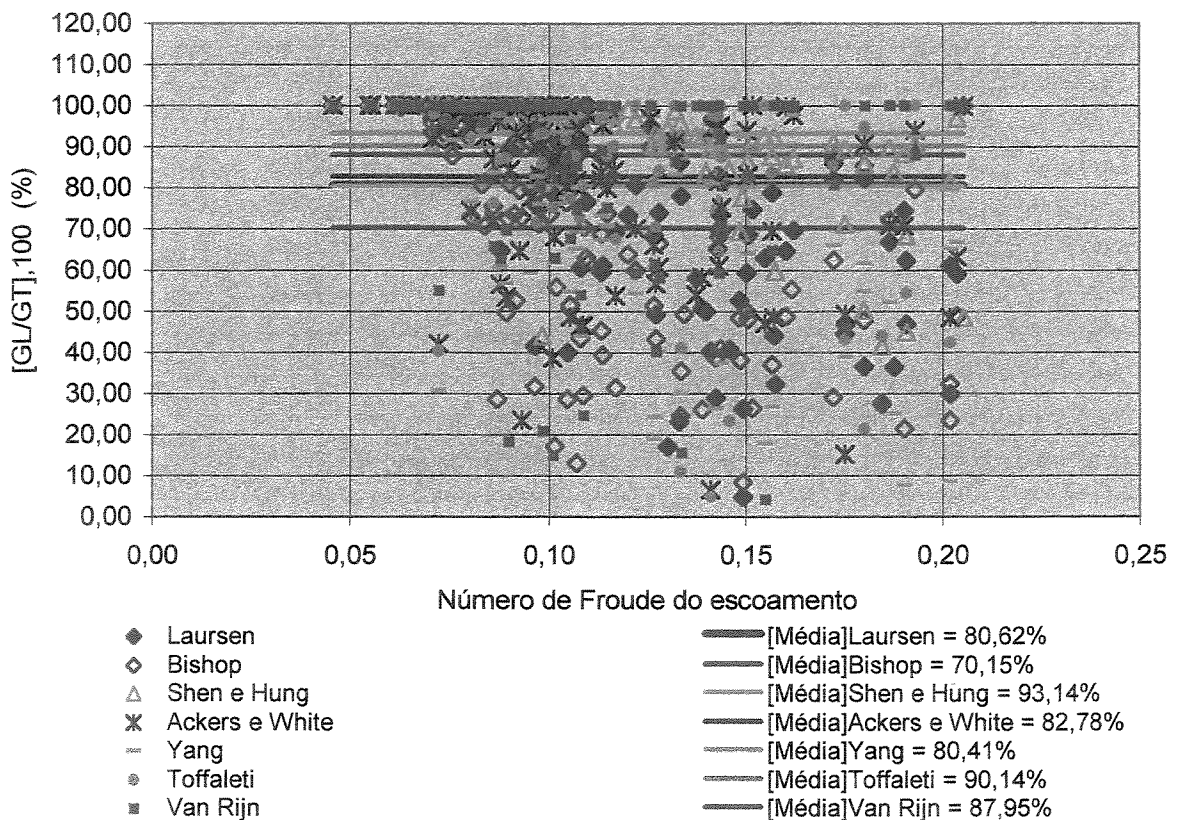


Figura 5.04 – Coeficiente entre a descarga de lavagem e a descarga sólida total transportada, em função do Número de Froude do escoamento.

Na figura 5.05 estão relacionados os percentuais entre a descarga de lavagem e a descarga sólida total transportada em função da descarga líquida, para os métodos propostos neste estudo, confirmando que a “wash load” pouco se relaciona com as características hidrodinâmicas do escoamento.

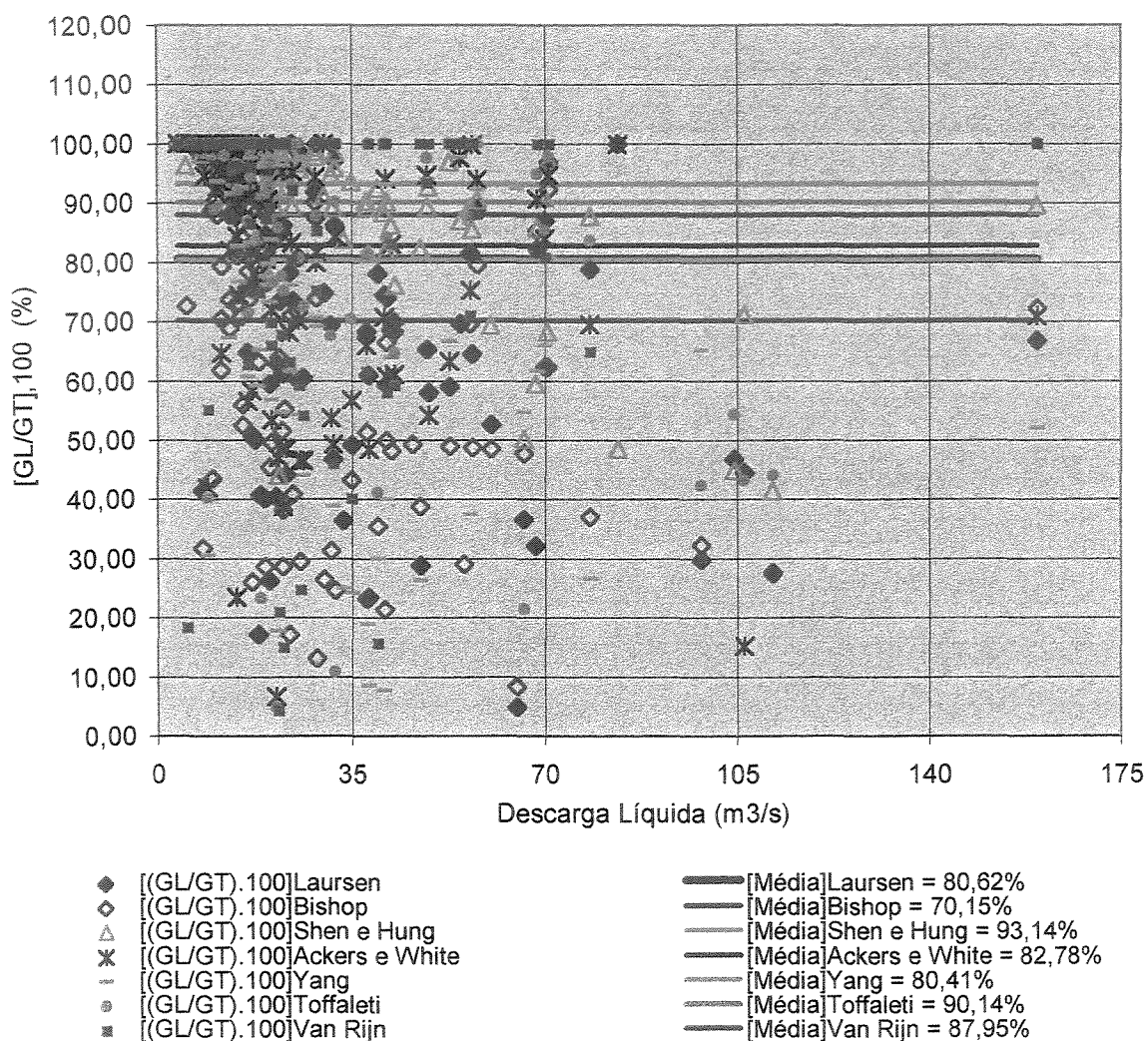


Figura 5.05 – Percentual da descarga de lavagem em relação a descarga sólida total transportada em função da descarga líquida.

Na figura 5.06 o diâmetro médio dos sedimentos transportados em suspensão estão apresentados em função do Número de Froude do escoamento. Para efeito de comparação apresenta-se também o diâmetro $d = 0,0625$ mm, valor este limite para a caracterização da carga de lavagem, segundo Einstein e Chien, 1953, “apud” SHEN, 1975 [18]; RAUDKIVI, 1976 [15]; ÁLVAREZ E FLORES, 1996 [1]. Verifica-se que todos os valores de diâmetros médios são inferiores ao valor $0,0625$ mm, confirmando portanto a validade deste critério.

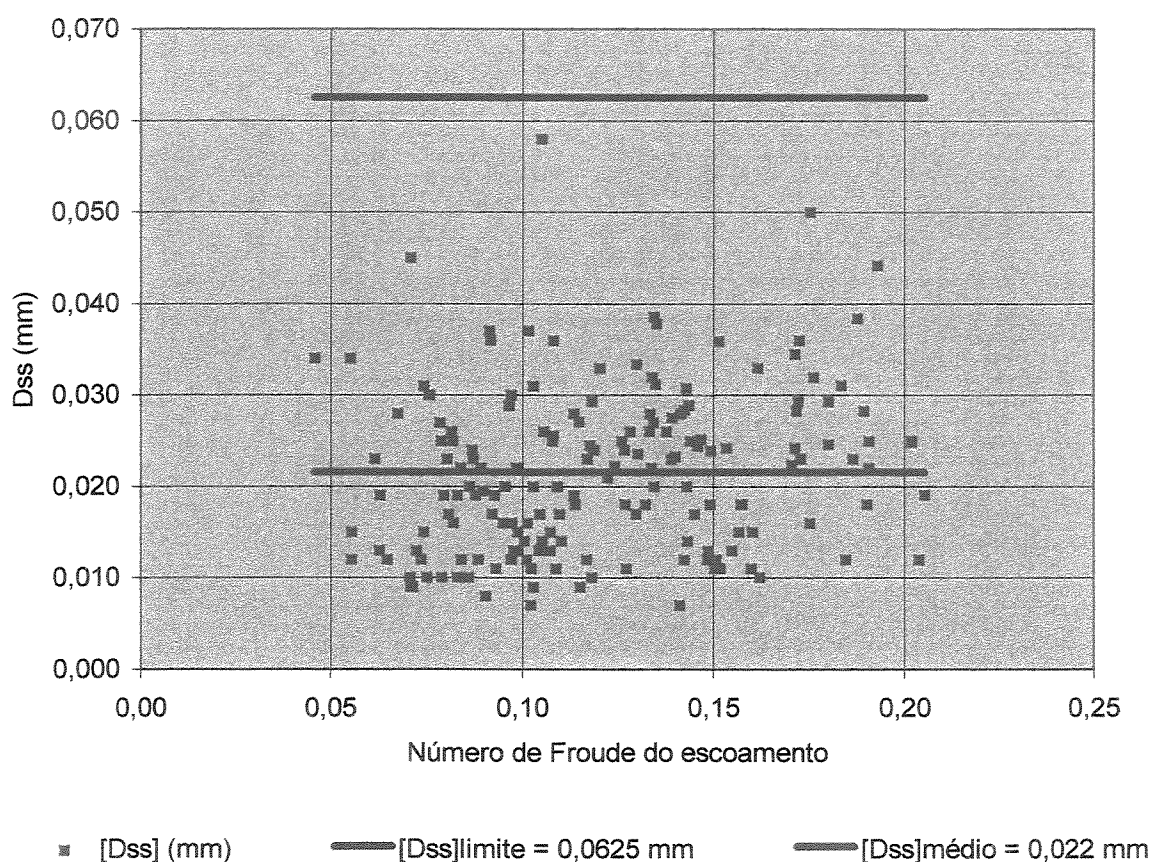


Figura 5.06 – Diâmetro médio dos sedimentos transportados em suspensão em função do Número de Froude do escoamento e diâmetro limite para partícula de sedimento igual a $0,0625$ mm.

A figura 5.07 estabelece um valor médio da “wash load” produzida na seção em estudo, Rio Atibaia/ Distrito de Sousas, Campinas/SP, tomando como base os valores médios de “wash load” para os diversos métodos propostos.

O valor médio para “wash load” encontrado foi de 83,60% da descarga total transportada pelo Rio Atibaia/SP.

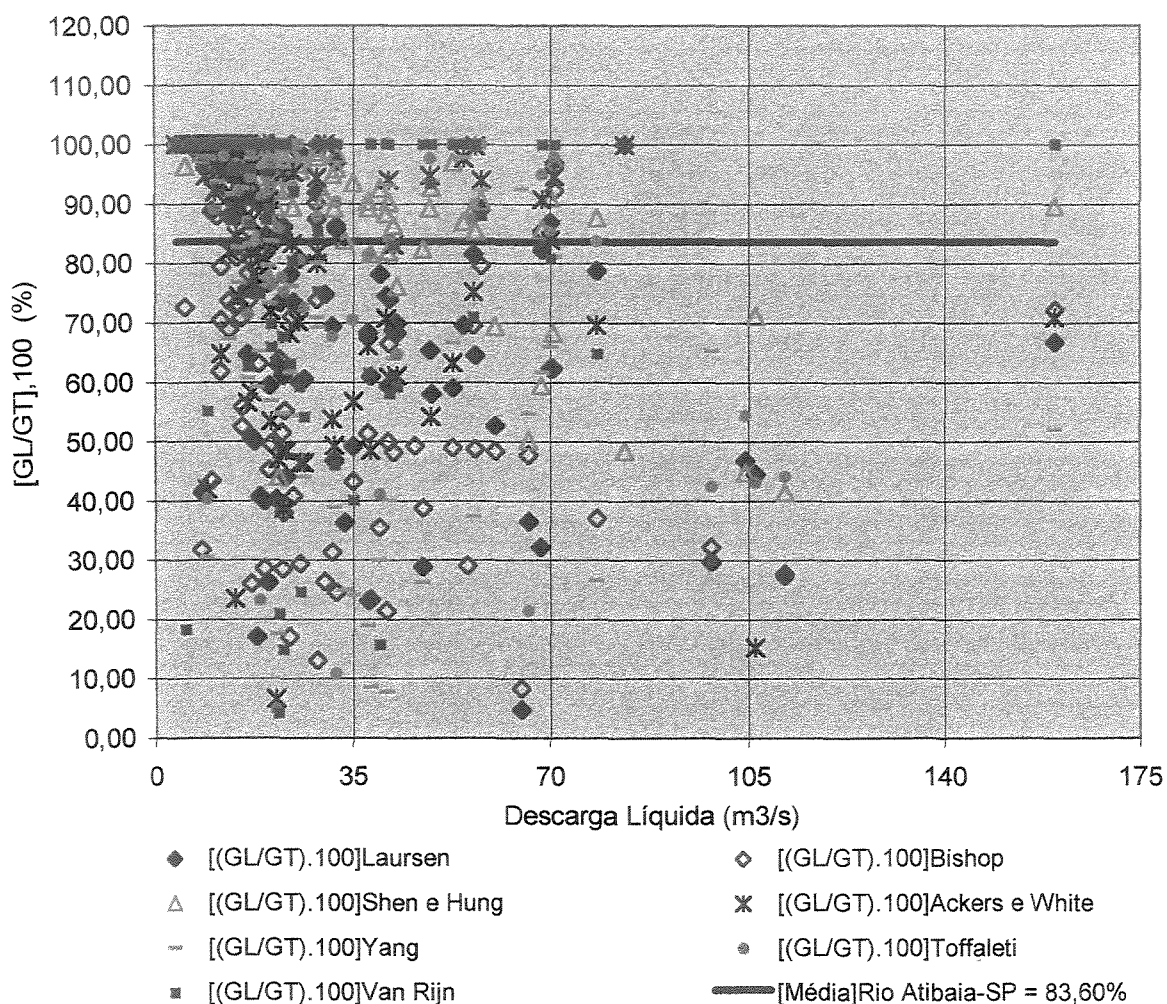


Figura 5.07 – Percentual médio da descarga de lavagem em relação a descarga sólida total transportada pelo Rio Atibaia/Sousas/SP

6. Conclusões

A nível nacional este trabalho é um dos poucos sobre a estimativa da carga de lavagem transportada por rios, em especial para o trecho em estudo do Rio Atibaia, o qual fornecerá subsídios para o planeamento dos recursos hídricos da região.

A fim de estabelecer uma equação que rege o processo de produção de “Wash Load” para a seção de estudo do Rio Atibaia, ajustou-se aos valores calculados a equação $GL = 0,12584.Q^{2,02149}$. Com base nesta equação poderá ser feita uma previsão de vida útil dos reservatórios pertencentes ao Rio Atibaia e por extrapolação para outros reservatórios de rios da região.

Os resultados deste trabalho de pesquisa na seção em estudo, Rio Atibaia, Distrito de Sousas, Campinas/SP apontaram para a grande predominância da “Wash Load” dentro da descarga sólida total, em média 83,60%, valor este dentro da faixa citada por CHOW, 1964 [7]; e RENDON-HERRERO, 1974 [16].

Empregou-se sete métodos para a determinação da descarga total do leito, a qual subtraída da descarga total medida nos forneceu a “Wash Load”. Dentre estes métodos os que mais se assemelharam quanto aos valores de “Wash Load” foram os de

Laursen (1958), Ackers e White (1972-1973), Yang (1973), com 80,62%; 82,78%; 80,41% respectivamente, Shen e Hung (1971), Toffaleti (1968-1969) e Van Rijn (1984), com 93,14%; 90,14%; 87,95% e Bishop, Simon e Richardson (1965) com 70,15%.

Analizou-se um total de 171 campanhas, dentre as quais algumas tiveram que ser descartadas devido ao fato de superestimarem a descarga total do leito, provavelmente devido às limitações dos métodos.

Os resultados permitem também concluir que o trecho em estudo do Rio Atibaia/SP apresenta baixa declividade, sendo um rio de planície, transportando assim material muito fino, sob um regime de escoamento subcrítico com número de Froude menor do que 1 (um).

Conclui-se que a “Wash Load” é representada por material muito fino com diâmetro médio dos sedimentos suspensos igual a 0,022 mm, valor este menor do que 0,0625mm valor limite da “Wash Load” estabelecido por Einstein e Chien, 1953, “apud” SHEN, 1975 [18]; RAUDKIVI, 1976 [15]; ALVAREZ E FLORES, 1996 [1].

7. Recomendações

Recomendamos que este trabalho de pesquisa a respeito da carga de lavagem transportada pelo Rio Atibaia, SP continue ser investigado, pois é um fenômeno que tende a aumentar ao longo dos anos, visto ao crescimento urbano desordenado.

Enquanto não existirem modelos que possam estimar com segurança o transporte em suspensão, “wash load”, as medições devem continuar e o procedimento adotado para determinação da carga de lavagem deve ser através da diferença entre a descarga sólida total medida diretamente em “loco” e a descarga total do leito obtida com auxílio dos métodos existentes na literatura.

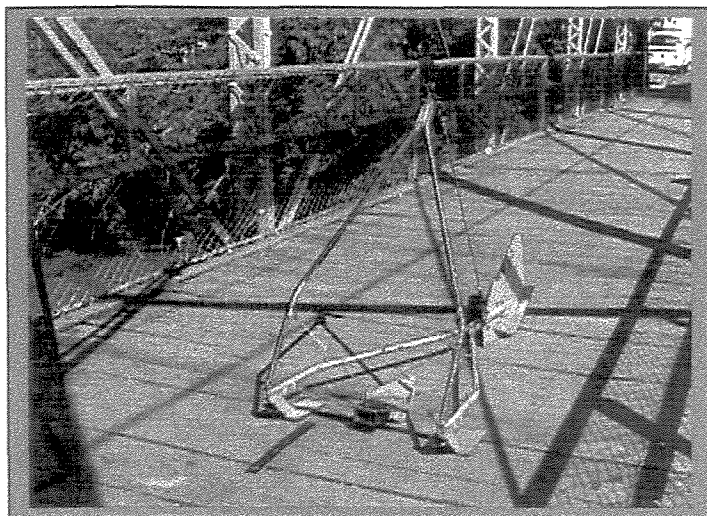
ANEXOS

ANEXO A

Fotos ilustrativas das medições na seção em estudo
Rio Atibaia – Sousas/SP



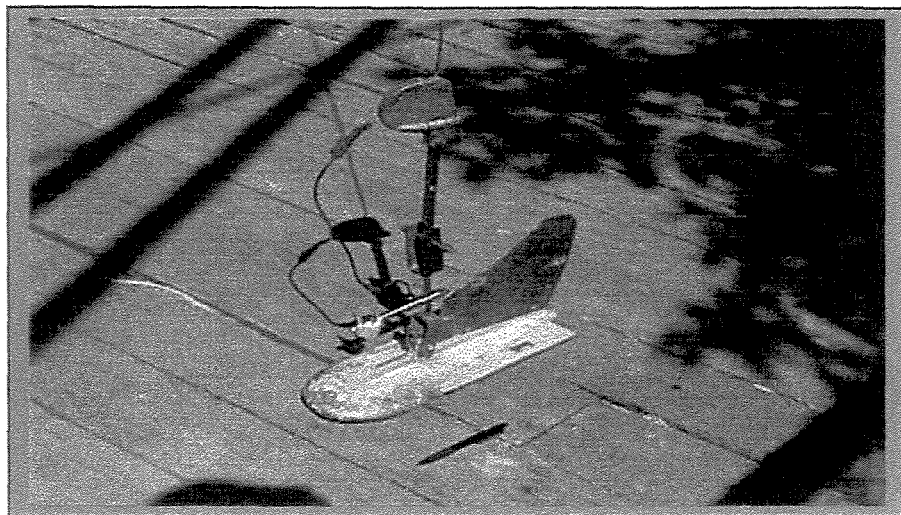
RIO ATIBAIA, DISTRITO DE SOUSAS – CAMPINAS/SP



**AMOSTRADOR TIPO
ARNHEM – BTMA
UTILIZADO PARA MEDIR O
MATERIAL
TRANSPORTADO JUNTO
AO FUNDO**



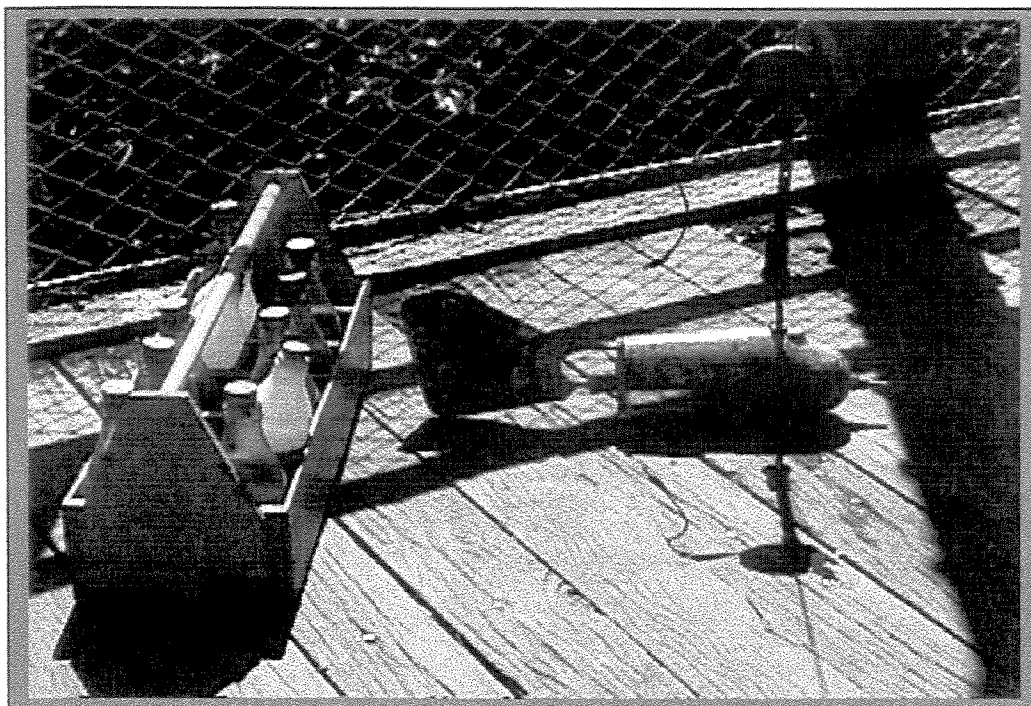
**AMOSTRADOR ARNHEM - BTMA, SENDO RETIRADO APÓS UM CERTO
TEMPO DO FUNDO DO
RIO ATIBAIA**



**MOLINETE SENDO PREPARADO PARA MEDIR A VELOCIDADE
A 0,60.D METROS DA PROFUNDIDADE DO RIO ATIBAIA
(24/03/2000)**



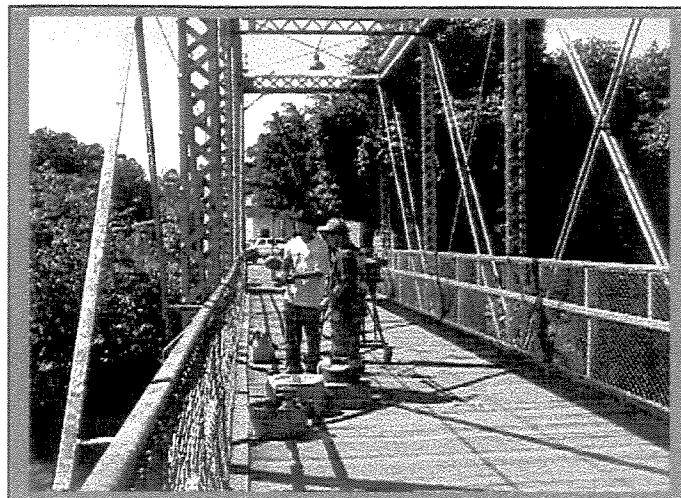
**AMOSTRADOR
TIPO AMS – 3
USADO PARA MEDIÇÃO
DE DESCARGA SÓLIDA
EM SUSPENSÃO**



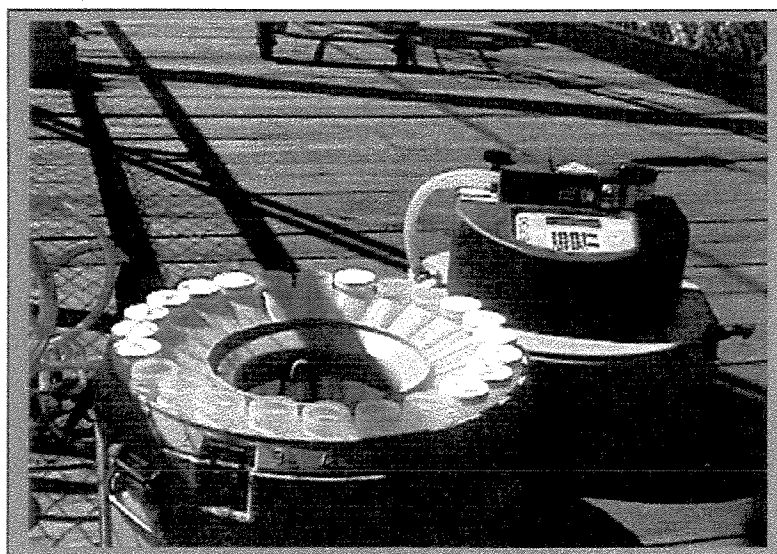
**GARRAFAS COLETORAS E
AMOSTRADOR TIPO AMS – 3, CONSTITUÍDO DE UMA
PEÇA DE FERRO FUNDIDO
DE FORMATO HIDRODINÂMICO COM ALETAS DIRECIONADAS
E UM BOCAL PARA A COLETA DE MATERIAL**



**DRAGA TIPO PETERSEN, EM BRONZE FUNDIDO COM UM DISPOSITIVO DE
DESARME TIPO ALAVANCA DE BRAÇO MÓVEL, EMPREGADA PARA
COLETAR MATERIAL SÓLIDO DO LEITO DO RIO
CAMPINAS (24/03/2000)**



**VISTA DA PASSARELA DE PEDESTRE,
LOCAL ONDE FORAM REALIZADAS AS COLETAS.
TAL SEÇÃO APRESENTA-SE BEM SIMÉTRICA
COM APROXIMADAMENTE 35 METROS DE LARGURA**



AMOSTRADOR ISCO

ANEXO B

- Parâmetros hidráulicos e geométricos da seção transversal em estudo (Posto Sousas/Campinas/SP)**
- Velocidades e concentrações pontuais, medidas na vertical do talvegue**
- Descargas líquidas e sólidas transportadas por arraste e suspensão**
- Análise granulométrica do material do leito, e dos sólidos transportados em suspensão**

Tabela 5.1.1: Parâmetros hidráulicos e geométricos da seção transversal em estudo (Posto Sousas/Campinas/SP)

Nº	DATA	Q (m ³ /s)	S (m/m)	A (m ²)	P (m)	R _H (m)	D _m (m)	B (m)	V (m/s)
1	26/03/93	31,69	1,94.10-4	49,63	36,50	1,36	1,43	34,70	0,64
2	06/04/93	21,73	1,97.10-4	41,73	36,30	1,15	1,20	34,87	0,52
3	20/04/93	16,78	1,85.10-4	38,78	35,80	1,08	1,11	34,88	0,43
4	04/05/93	22,67	2,11.10-4	44,71	37,40	1,20	1,29	34,78	0,51
5	18/05/93	13,12	1,63.10-4	36,60	35,50	1,03	1,06	34,38	0,36
6	01/06/93	40,92	2,31.10-4	55,70	37,10	1,50	1,58	35,24	0,73
7	08/06/93	23,11	1,64.10-4	43,63	37,65	1,16	1,25	34,91	0,53
8	15/06/93	17,03	1,81.10-4	37,96	35,40	1,07	1,11	34,21	0,45
9	22/06/93	16,91	1,72.10-4	37,60	37,23	1,01	1,09	34,54	0,45
10	29/06/93	9,48	1,64.10-4	31,40	36,00	0,87	0,92	33,99	0,3
11	06/07/93	8,26	1,05.10-4	31,18	35,5	0,88	0,92	33,77	0,26
12	21/07/93	7,03	0,89.10-4	29,13	35,20	0,83	0,87	33,64	0,24
13	03/08/93	3,74	0,64.10-4	25,71	34,43	0,75	0,78	32,82	0,15
14	17/08/93	5,93	0,30.10-4	27,41	35,20	0,78	0,82	33,53	0,22
15	31/08/93	6,13	0,47.10-4	31,48	35,60	0,88	0,93	33,74	0,19
16	21/09/93	10,95	1,47.10-4	34,11	35,60	0,96	1,00	33,97	0,32
17	28/09/93	38,11	2,31.10-4	51,42	37,65	1,37	1,47	34,92	0,74
18	05/10/93	14,02	1,47.10-4	35,54	36,30	0,98	1,03	34,38	0,39
19	21/10/93	22,83	1,89.10-4	42,15	37,40	1,14	1,21	34,84	0,54
20	28/10/93	28,94	2,06.10-4	47,48	37,50	1,27	1,36	34,88	0,61
21	04/11/93	7,25	0,80.10-4	30,01	35,50	0,85	0,89	33,82	0,24
22	09/11/93	9,90	1,30.10-4	31,47	35,35	0,89	0,93	34,01	0,31
23	20/12/93	21,41	1,97.10-4	42,79	35,50	1,21	1,24	34,64	0,50
24	10/02/94	52,61	0,80.10-4	64,04	38,70	1,65	1,80	35,65	0,82
25	29/03/94	37,70	1,97.10-4	68,50	35,75	1,92	1,99	34,34	0,55
26	19/04/94	20,09	1,30.10-4	51,34	34,80	1,47	1,51	34,00	0,39
27	06/05/94	12,10	0,96.10-4	44,60	34,20	1,30	1,33	33,6	0,27
28	20/05/94	12,58	1,14.10-4	44,60	34,20	1,30	1,33	33,6	0,28
29	17/06/94	12,82	0,72.10-4	44,80	34,60	1,29	1,33	33,64	0,29
30	01/07/94	13,71	1,14.10-4	47,45	34,54	1,38	1,40	33,81	0,29
31	15/07/94	10,56	0,64.10-4	44,28	34,22	1,29	1,32	33,64	0,24
32	29/07/94	13,98	1,14.10-4	47,3	34,48	1,37	1,40	33,81	0,3
33	12/08/94	6,91	0,47.10-4	42,61	34,06	1,25	1,28	33,26	0,16
34	26/08/94	9,44	0,62.10-4	46,19	34,19	1,35	1,38	33,47	0,2
35	08/09/94	10,93	0,80.10-4	47,28	34,48	1,37	1,40	33,68	0,23
36	22/09/94	14,32	1,30.10-4	50,30	34,70	1,45	1,48	33,92	0,28
37	06/10/94	9,67	0,47.10-4	44,94	34,30	1,31	1,34	33,49	0,22
38	27/10/94	28,50	1,22.10-4	63,31	35,50	1,78	1,84	34,48	0,45
39	23/11/94	11,00	0,47.10-4	55,61	34,33	1,33	1,66	33,52	0,2
40	22/12/94	70,64	2,14.10-4	98,56	37,28	2,64	2,76	35,68	0,72
41	05/01/95	56,36	2,31.10-4	82,62	36,26	2,28	2,34	35,27	0,68
42	19/01/95	19,98	1,47.10-4	52,84	34,82	1,51	1,56	33,92	0,38
43	26/01/95	17,01	1,47.10-4	50,97	34,77	1,46	1,50	33,93	0,33
44	09/02/95	159,81	1,14.10-4	143,85	39,85	3,61	3,57	40,30	1,11
45	16/02/95	68,21	2,47.10-4	89,00	36,46	2,44	2,51	35,40	0,77

Tabela 5.1.2: Parâmetros hidráulicos e geométricos da seção transversal em estudo (Posto Sousas/Campinas/SP)

Nº	DATA	Q (m³/s)	S (m/m)	A (m²)	P (m)	R _H (m)	D _m (m)	B (m)	V (m/s)
46	08/03/95	31,34	1,72.10-4	63,57	35,53	1,79	1,82	34,94	0,49
47	24/03/95	64,81	1,80.10-4	89,07	36,47	2,44	2,52	35,38	0,73
48	07/04/95	47,36	1,97.10-4	74,26	35,98	2,06	2,12	35,05	0,64
49	28/04/95	29,99	1,80.10-4	61,54	35,43	1,74	1,78	34,63	0,49
50	12/05/95	37,76	1,80.10-4	66,61	35,68	1,87	1,92	34,74	0,57
51	09/06/95	20,51	1,47.10-4	57,87	35,06	1,57	1,68	34,35	0,35
52	23/06/95	20,50	1,04.10-4	53,43	36,18	1,98	1,56	34,34	0,38
53	05/07/95	16,29	1,47.10-4	50,01	34,70	1,44	1,46	34,19	0,33
54	12/07/95	45,94	2,39.10-4	75,71	36,02	2,10	2,16	35,03	0,61
55	19/07/95	22,54	1,55.10-4	56,29	35,14	2,16	1,63	34,59	0,40
56	26/07/95	26,29	1,64.10-4	59,62	35,32	1,69	1,72	34,61	0,44
57	10/08/95	14,71	1,22.10-4	49,26	34,64	1,42	1,44	34,09	0,30
58	31/08/95	10,61	0,80.10-4	43,28	34,13	1,27	1,29	33,65	0,25
59	21/09/95	21,80	4,73.10-4	56,17	35,13	1,60	1,64	34,28	0,39
60	28/09/95	23,78	1,30.10-4	58,45	35,26	1,66	1,69	34,68	0,41
61	05/10/95	13,59	0,97.10-4	48,18	34,55	1,39	1,41	34,16	0,28
62	19/10/95	48,82	1,88.10-4	77,21	36,08	2,14	2,20	35,02	0,63
63	23/11/95	15,11	0,97.10-4	48,00	34,50	1,39	1,41	34,05	0,31
64	07/12/95	9,25	0,64.10-4	42,47	33,96	1,25	1,27	33,39	0,22
65	10/01/96	106,31	2,14.10-4	112,07	37,37	3,00	3,04	36,91	0,95
66	31/01/96	22,38	1,47.10-4	54,00	34,99	1,54	1,58	34,12	0,41
67	07/02/96	39,74	1,64.10-4	68,59	35,75	1,92	1,95	35,12	0,58
68	06/03/96	60,16	2,06.10-4	84,79	36,33	2,33	2,40	35,36	0,71
69	20/03/96	111,45	2,47.10-4	111,68	37,37	2,99	3,06	36,55	1,00
70	03/04/96	35,03	1,80.10-4	65,41	35,62	1,84	1,88	34,87	0,54
71	16/04/96	32,34	1,64.10-4	65,31	35,62	1,83	1,89	34,52	0,50
72	15/05/96	25,67	1,47.10-4	58,86	35,28	1,67	1,72	34,24	0,44
73	22/05/96	22,58	1,47.10-4	56,30	35,13	1,60	1,65	34,20	0,40
74	19/06/96	13,76	0,97.10-4	49,15	34,64	1,42	1,46	33,76	0,28
75	03/06/96	16,83	1,14.10-4	52,61	34,89	1,51	1,54	34,07	0,32
76	17/07/96	12,79	0,97.10-4	47,41	34,5	1,37	1,40	33,81	0,27
77	31/07/96	12,23	1,05.10-4	46,64	34,43	1,35	1,34	34,75	0,26
78	07/08/96	12,60	0,80.10-4	47,65	34,52	1,38	1,40	34,04	0,26
79	14/08/96	14,24	1,05.10-4	50,3	34,72	1,45	1,48	33,99	0,28
80	21/08/96	15,09	0,89.10-4	51,00	34,78	1,47	1,50	33,89	0,30
81	28/08/96	12,25	0,97.10-4	47,41	34,50	1,37	1,41	33,73	0,26
82	04/09/96	24,13	1,47.10-4	60,37	35,37	1,71	1,75	34,56	0,40
83	11/09/96	78,24	2,31.10-4	97,96	36,77	2,66	2,73	35,84	0,80
84	02/10/96	17,00	1,05.10-4	51,20	34,80	1,50	1,50	34,1	0,33
85	16/10/96	28,70	1,50.10-4	63,40	35,50	1,80	1,83	34,7	0,45
86	06/11/96	32,10	1,60.10-4	65,80	35,60	1,80	1,90	34,7	0,49
87	20/11/96	27,90	1,30.10-4	65,20	35,60	1,80	1,88	34,7	0,43
88	06/12/96	24,36	1,30.10-4	58,60	35,30	1,70	1,69	34,6	0,42
89	09/01/97	28,58	1,47.10-4	59,32	35,51	1,78	1,71	34,68	0,48

Tabela 5.1.3: Parâmetros hidráulicos e geométricos da seção transversal em estudo (Posto Sousas/Campinas/SP)

Nº	DATA	Q (m ³ /s)	S (m/m)	A (m ²)	P (m)	R _H (m)	D _m (m)	B (m)	V (m/s)
90	22/01/97	41,34	2,14.10 ⁻⁴	72,48	35,91	2,02	2,08	34,78	0,57
91	03/02/97	104,46	2,14.10 ⁻⁴	106,79	39,77	2,69	2,93	36,46	0,98
92	12/03/97	25,44	1,47.10 ⁻⁴	53,99	35,70	1,51	1,57	34,32	0,47
93	26/03/97	18,42	1,22.10 ⁻⁴	47,22	35,09	1,35	1,40	33,84	0,39
94	16/04/97	14,59	0,97.10 ⁻⁴	43,44	36,68	1,25	1,29	33,64	0,34
95	14/05/97	11,3	1,05.10 ⁻⁴	41,08	34,40	1,19	1,24	33,16	0,28
96	04/06/97	15,35	1,22.10 ⁻⁴	46,01	34,96	1,32	1,37	33,64	0,33
97	02/07/97	14,99	1,22.10 ⁻⁴	45,71	34,93	1,31	1,35	33,84	0,33
98	12/08/97	16,38	1,13.10 ⁻⁴	46,6	35,02	1,33	1,37	33,93	0,35
99	26/08/97	19,34	1,47.10 ⁻⁴	49,68	35,32	1,41	1,46	33,97	0,39
100	09/09/97	9,16	1,05.10 ⁻⁴	38,03	34,00	1,12	1,14	33,40	0,24
101	23/09/97	17,79	7,90.10 ⁻⁴	47,94	35,16	1,36	1,41	33,96	0,37
102	07/10/97	16,42	1,40.10 ⁻⁴	46,43	35,01	1,33	1,37	33,98	0,35
103	21/10/97	19,54	0,70.10 ⁻⁴	50,41	35,39	1,42	1,48	34,07	0,39
104	04/11/97	14,40	1,10.10 ⁻⁴	44,70	34,82	1,28	1,32	33,8	0,32
105	02/12/97	22,51	1,20.10 ⁻⁴	51,85	35,52	1,46	1,52	34,22	0,43
106	16/12/97	41,24	2,10.10 ⁻⁴	65,47	36,49	1,79	1,88	34,77	0,63
107	13/01/98	42,74	3,31.10 ⁻⁴	68,72	36,02	1,91	1,97	34,82	0,62
108	27/01/98	21,94	0,80.10 ⁻⁴	48,98	34,33	1,43	1,44	34,01	0,45
109	11/02/98	54,61	2,14.10 ⁻⁴	75,26	36,43	2,07	2,14	35,24	0,73
110	26/02/98	69,92	2,14.10 ⁻⁴	85,70	37,06	2,31	2,48	34,55	0,82
111	11/03/98	32,01	1,81.10 ⁻⁴	58,75	35,28	1,67	1,69	34,68	0,54
112	25/03/98	42,21	1,97.10 ⁻⁴	65,93	35,28	1,84	1,87	35,22	0,64
113	08/04/98	18,31	1,30.10 ⁻⁴	46,18	34,00	1,36	1,38	33,54	0,40
114	22/04/98	17,93	0,72.10 ⁻⁴	49,87	34,43	1,45	1,47	33,96	0,36
115	06/05/98	56,68	1,80.10 ⁻⁴	77,66	36,57	2,12	2,20	35,22	0,73
116	21/05/98	16,46	1,64.10 ⁻⁴	48,45	34,27	1,41	1,42	34,01	0,34
117	03/06/98	20,11	1,30.10 ⁻⁴	47,89	34,20	1,40	1,42	33,70	0,42
118	17/06/98	14,17	1,11.10 ⁻⁴	43,11	33,60	1,28	1,30	33,04	0,33
119	15/07/98	15,58	1,30.10 ⁻⁴	43,46	33,65	1,29	1,32	33,02	0,36
120	29/07/98	11,60	0,97.10 ⁻⁴	37,36	32,73	1,14	1,15	32,50	0,31
121	12/08/98	12,96	1,17.10 ⁻⁴	38,55	32,93	1,17	1,18	32,77	0,34
122	25/08/98	8,72	0,89.10 ⁻⁴	34,12	32,17	1,06	1,06	32,08	0,26
123	02/09/98	15,34	0,97.10 ⁻⁴	42,71	33,54	1,27	1,30	32,90	0,36
124	16/09/98	12,00	0,64.10 ⁻⁴	38,04	32,84	1,16	1,16	32,90	0,32
125	30/09/98	15,22	0,80.10 ⁻⁴	43,24	33,61	1,29	1,32	32,87	0,35
126	14/10/98	30,02	2,10.10 ⁻⁴	51,43	34,59	1,49	1,55	33,28	0,58
127	28/10/98	21,36	1,97.10 ⁻⁴	43,03	33,59	1,28	1,31	32,92	0,50
128	11/11/98	11,59	1,47.10 ⁻⁴	33,49	31,99	1,05	1,07	31,40	0,35
129	25/11/98	11,51	1,80.10 ⁻⁴	32,99	31,92	1,03	1,05	31,29	0,35
130	09/12/98	24,34	2,30.10 ⁻⁴	46,23	33,34	1,39	1,39	33,18	0,53
131	22/12/98	22,01	2,10.10 ⁻⁴	43,21	33,06	1,31	1,31	32,95	0,51
132	06/01/99	48,65	2,30.10 ⁻⁴	74,45	35,33	2,11	2,14	34,79	0,65
133	21/01/99	70,39	2,80.10 ⁻⁴	83,5	35,96	2,32	2,37	35,23	0,84

Tabela 5.1.4: Parâmetros hidráulicos e geométricos da seção transversal em estudo (Posto Sousas/Campinas/SP)

Nº	DATA	Q (m ³ /s)	S (m/m)	A (m ²)	P (m)	R _H (m)	D _m (m)	B (m)	V (m/s)
134	28/01/99	98,49	3,00.10-4	96,25	37,08	2,60	2,69	35,81	1,02
135	03/02/99	55,26	2,50.10-4	71,61	35,15	2,04	2,04	35,18	0,77
136	11/02/99	69,25	2,80.10-4	80,13	35,71	2,24	2,27	35,26	0,86
137	25/02/99	70,42	2,50.10-4	79,3	35,66	2,22	2,23	35,52	0,89
138	11/03/99	68,53	2,30.10-4	81,07	35,78	2,27	2,3	35,2	0,85
139	25/03/99	66,09	3,00.10-4	79,14	35,64	2,22	2,26	34,99	0,84
140	15/04/99	23,75	2,30.10-4	47,23	33,43	1,41	1,40	33,72	0,50
141	29/04/99	16,54	8,20.10-4	40,72	32,81	1,24	1,22	33,27	0,41
142	13/05/99	20,69	2,60.10-4	43,14	33,05	1,31	1,29	33,41	0,48
143	09/06/99	18,06	2,00.10-4	39,95	32,73	1,22	1,20	33,29	0,45
144	22/07/99	14,45	2,10.10-4	32,65	32,00	1,02	1,00	32,52	0,44
145	05/08/99	12,64	2,14.10-4	32,27	32,09	1,01	0,99	32,65	0,39
146	19/08/99	13,18	2,10.10-4	32,94	32,18	1,02	1,00	32,78	0,4
147	02/09/99	10,02	0,50.10-4	30,22	31,8	0,95	0,94	32,07	0,33
148	15/09/99	19,51	2,10.10-4	41,44	33,17	1,25	1,24	33,31	0,47
149	30/09/99	8,25	1,80.10-4	28,91	31,58	0,92	0,90	32,02	0,29
150	14/10/99	10,41	2,10.10-4	29,95	31,58	0,95	0,92	32,41	0,35
151	28/10/99	14,18	2,30.10-4	33,94	31,58	1,07	1,03	32,88	0,42
152	11/11/99	11,74	2,00.10-4	31,73	31,58	1,00	0,97	32,80	0,37
153	25/11/99	22,41	2,30.10-4	41,97	31,58	1,33	1,28	32,88	0,53
154	09/12/99	22,85	2,60.10-4	41,46	31,58	1,31	1,25	33,19	0,55
155	23/12/99	5,33	4,80.10-4	22,28	30,51	0,73	0,73	30,48	0,24
156	06/01/00	83,2	2,80.10-4	85,07	36,74	2,32	2,38	35,69	0,98
157	13/01/00	17,56	2,50.10-4	37,68	32,77	1,15	1,14	32,91	0,47
158	20/01/00	18,52	2,50.10-4	37,78	32,78	1,15	1,14	33,27	0,49
159	27/01/00	22,03	2,60.10-4	41,42	33,17	1,25	1,25	33,25	0,53
160	03/02/00	31,18	4,10.10-4	48,89	33,87	1,44	1,44	34,00	0,64
161	09/02/00	19,99	2,30.10-4	39,3	32,94	1,19	1,19	33,10	0,51
162	18/02/00	41,3	2,80.10-4	54,97	34,36	1,6	1,58	34,7	0,75
163	24/02/00	28,13	1,30.10-4	44,82	32,5	1,38	1,34	33,56	0,63
164	03/03/00	26,11	4,60.10-4	42,91	33,33	1,29	1,28	33,42	0,61
165	10/03/00	19,40	2,80.10-4	36,47	32,62	1,12	1,11	32,88	0,53
166	17/03/00	22,24	3,60.10-4	38,56	32,87	1,17	1,16	33,27	0,58
167	24/03/00	33,55	2,00.10-4	47,82	33,78	1,42	1,40	34,12	0,70
168	31/03/00	57,66	3,00.10-4	68,26	35,31	1,93	1,94	35,27	0,84
169	07/04/00	14,55	2,60.10-4	33,62	32,27	1,04	1,03	32,77	0,43
170	14/04/00	12,12	2,30.10-4	29,74	31,75	0,94	0,92	32,20	0,41
171	19/04/00	11,24	2,50.10-4	29,01	31,61	0,92	0,91	31,99	0,39

Tabela 5.2.1: Parâmetros hidráulicos e geométricos da seção transversal em estudo e velocidades pontuais medidas na vertical do talvegue (Posto Sousas/Campinas/SP)

Nº	DATA	Q (m ³ /s)	D ₄ (m)	Velocidades Pontuais (m/s)					V = Q/A (m/s)	Vm por int
				1,0.D ₄	0,8.D ₄	0,4.D ₄	0,2.D ₄	16cm		
01	26/03/93	31,69	2,35	0,62	0,84	0,70	0,53	0,40	0,64	0,65
02	06/04/93	21,73	2,03	0,75	0,62	0,62	0,48	0,40	0,52	0,56
03	20/04/93	16,78	1,95	0,62	0,62	0,48	0,40	0,35	0,43	0,49
04	04/05/93	22,67	2,13	0,70	0,75	0,62	0,48	0,35	0,51	0,59
05	18/05/93	13,12	1,78	0,48	0,53	0,44	0,35	0,31	0,36	0,42
06	01/06/93	40,92	2,72	0,79	0,97	0,79	0,62	0,53	0,73	0,76
07	08/06/93	23,11	2,03	0,70	0,70	0,62	0,53	0,44	0,53	0,59
08	15/06/93	17,03	1,82	0,62	0,57	0,53	0,44	0,53	0,45	0,49
09	22/06/93	16,91	1,82	0,62	0,57	0,53	0,44	0,35	0,45	0,49
10	29/06/93	9,48	1,54	0,44	0,40	0,35	0,26	0,22	0,30	0,33
11	06/07/93	8,26	1,58	0,44	0,40	0,31	0,26	0,18	0,26	0,31
12	21/07/93	7,03	1,54	0,40	0,35	0,31	0,22	0,18	0,24	0,29
13	03/08/93	3,74	1,40	0,31	0,26	0,18	0,16	0,13	0,15	0,2
14	17/08/93	5,93	1,42	0,40	0,35	0,31	0,22	0,18	0,22	0,29
15	31/08/93	6,13	1,55	0,44	0,40	0,31	0,22	0,18	0,19	0,31
16	21/09/93	10,95	1,65	0,40	0,40	0,35	0,26	0,22	0,32	0,33
17	28/09/93	38,11	2,68	0,97	0,92	0,79	0,66	0,40	0,74	0,76
18	05/10/93	14,02	1,76	0,53	0,44	0,40	0,35	0,22	0,39	0,38
19	21/10/93	22,83	2,06	0,75	0,75	0,57	0,48	0,31	0,54	0,58
20	28/10/93	28,94	2,33	0,75	0,70	0,53	0,44	0,31	0,61	0,55
21	04/11/93	7,25	1,41	0,35	0,35	0,31	0,26	0,22	0,24	0,29
22	09/11/93	9,90	1,53	0,44	0,40	0,35	0,26	0,22	0,31	0,33
23	20/12/93	21,41	2,10	0,70	0,66	0,53	0,40	0,35	0,50	0,53
24	10/02/94	52,61	3,00	1,10	1,01	0,88	0,74	0,44	0,82	0,85
25	29/03/94	37,70	2,30	0,79	0,75	0,62	0,53	0,40	0,55	0,62
26	19/04/94	20,09	1,70	0,53	0,53	0,44	0,40	0,31	0,39	0,44
27	06/05/94	12,10	1,52	0,44	0,35	0,35	0,26	0,22	0,27	0,31
28	20/05/94	12,58	1,58	0,44	0,40	0,35	0,26	0,26	0,28	0,33
29	17/06/94	12,82	1,50	0,26	0,40	0,35	0,35	0,26	0,29	0,33
30	01/07/94	13,71	1,59	0,40	0,35	0,35	0,31	0,26	0,29	0,32
31	15/07/94	10,56	1,51	0,26	0,35	0,29	0,26	0,22	0,24	0,28
32	29/07/94	13,98	1,58	0,44	0,40	0,35	0,26	0,22	0,30	0,33
33	12/08/94	6,91	1,35	0,31	0,26	0,26	0,18	0,09	0,16	0,22
34	26/08/94	9,44	1,48	0,31	0,35	0,31	0,18	0,18	0,20	0,27
35	08/09/94	10,93	1,58	0,44	0,35	0,35	0,26	0,22	0,23	0,32
36	22/09/94	14,32	1,70	0,48	0,44	0,40	0,31	0,22	0,28	0,37
37	06/10/94	9,67	1,55	0,31	0,31	0,31	0,22	0,18	0,22	0,27
38	27/10/94	28,50	2,10	0,62	0,66	0,53	0,48	0,31	0,45	0,53
39	23/11/94	11,00	1,54	0,40	0,31	0,35	0,26	0,26	0,20	0,3
40	22/12/94	70,64	3,05	0,92	0,97	0,92	0,88	0,57	0,72	0,87
41	05/01/95	56,36	2,67	0,92	0,92	0,75	0,66	0,48	0,68	0,75
42	19/01/95	19,98	1,73	0,53	0,53	0,48	0,44	0,31	0,38	0,45

Tabela 5.2.2: Parâmetros hidráulicos e geométricos da seção transversal em estudo e velocidades pontuais medidas na vertical do talvegue (Posto Sousas/Campinas/SP)

Nº	DATA	Q (m³/s)	D ₄ (m)	Velocidades Pontuais (m/s)					V = Q/A (m/s)	Vm por/Int
				1,0.D ₄	0,8.D ₄	0,4.D ₄	0,2.D ₄	16cm		
43	26/01/95	17,01	1,75	0,53	0,48	0,40	0,35	0,22	0,33	0,37
44	09/02/95	159,81	4,23	1,32	1,43	1,28	1,10	0,92	1,11	0,24
45	16/02/95	68,21	2,77	0,92	0,95	0,88	0,75	0,53	0,77	0,82
46	08/03/95	31,34	2,08	0,70	0,73	0,66	0,51	0,44	0,49	0,64
47	24/03/95	64,81	2,78	0,88	0,92	0,92	0,75	0,48	0,73	0,82
48	07/04/95	47,36	2,37	0,88	0,88	0,70	0,53	0,42	0,64	0,69
49	28/04/95	29,99	2,02	0,73	0,68	0,70	0,48	0,35	0,49	0,6
50	12/05/95	37,76	2,14	0,79	0,75	0,70	0,62	0,40	0,57	0,65
51	09/06/95	20,51	1,80	0,62	0,59	0,53	0,35	0,44	0,35	0,47
52	23/06/95	20,50	1,77	0,57	0,48	0,44	0,40	0,26	0,38	0,42
53	05/07/95	16,29	1,61	0,51	0,53	0,40	0,37	0,22	0,33	0,41
54	12/07/95	45,94	2,41	0,79	0,79	0,75	0,66	0,48	0,61	0,70
55	19/07/95	22,54	1,83	0,62	0,66	0,53	0,40	0,26	0,40	0,51
56	26/07/95	26,29	1,90	0,66	0,66	0,53	0,48	0,31	0,44	0,53
57	10/08/95	14,71	1,65	0,44	0,48	0,37	0,33	0,26	0,30	0,38
58	31/08/95	10,61	1,48	0,35	0,35	0,31	0,26	0,22	0,25	0,29
59	21/09/95	21,80	1,84	0,62	0,48	0,48	0,40	0,26	0,39	0,44
60	28/09/95	23,78	1,89	0,66	0,57	0,57	0,44	0,35	0,41	0,51
61	05/10/95	13,59	1,65	0,46	0,44	0,40	0,36	0,31	0,28	0,38
62	19/10/95	48,82	2,36	0,79	0,84	0,66	0,62	0,48	0,63	0,68
63	23/11/95	15,11	1,59	0,40	0,40	0,35	0,31	0,26	0,31	0,34
64	07/12/95	9,25	1,39	0,35	0,31	0,26	0,26	0,18	0,22	0,26
65	10/01/96	106,31	3,39	1,50	1,23	1,08	1,01	0,77	0,95	1,10
66	31/01/96	22,38	1,81	0,57	0,62	0,53	0,44	0,35	0,41	0,51
67	07/02/96	39,74	2,20	0,79	0,84	0,70	0,62	0,44	0,58	0,29
68	06/03/96	60,16	2,63	0,92	1,06	0,92	0,84	0,57	0,71	0,89
69	20/03/96	111,45	3,35	1,28	1,28	1,10	0,92	0,70	1,00	1,07
70	03/04/96	35,03	2,10	0,77	0,77	0,64	0,55	0,42	0,54	0,63
71	16/04/96	32,34	2,14	0,68	0,73	0,59	0,51	0,42	0,50	0,59
72	15/05/96	25,67	1,96	0,59	0,64	0,55	0,46	0,33	0,44	0,52
73	22/05/96	22,58	1,87	0,55	0,55	0,55	0,42	0,37	0,40	0,49
74	19/06/96	13,76	1,68	0,46	0,42	0,37	0,24	0,20	0,28	0,34
75	03/06/96	16,83	1,76	0,51	0,51	0,42	0,33	0,24	0,32	0,41
76	17/07/96	12,79	1,61	0,37	0,37	0,33	0,29	0,20	0,27	0,31
77	31/07/96	12,23	1,59	0,37	0,37	0,29	0,24	0,20	0,26	0,29
78	07/08/96	12,60	1,61	0,37	0,42	0,37	0,29	0,24	0,26	0,34
79	14/08/96	14,24	1,70	0,46	0,42	0,37	0,33	0,20	0,28	0,35
80	21/08/96	15,09	1,68	0,42	0,42	0,39	0,33	0,24	0,30	0,36
81	28/08/96	12,25	1,62	0,42	0,42	0,33	0,29	0,24	0,26	0,33
82	04/09/96	24,13	1,99	0,55	0,59	0,51	0,42	0,33	0,40	0,48
83	11/09/96	78,24	3,00	0,90	0,99	0,86	0,64	0,55	0,80	0,81
84	02/10/96	17,00	1,70	0,51	0,51	0,46	0,33	0,29	0,33	0,42

Tabela 5.2.3: Parâmetros hidráulicos e geométricos da seção transversal em estudo e velocidades pontuais medidas na vertical do talvegue (Posto Sousas/Campinas/SP)

Nº	DATA	Q (m ³ /s)	D ₄ (m)	Velocidades Pontuais (m/s)					V = Q/A (m/s)	Vm p/ int.
				1,0.D ₄	0,8.D ₄	0,4.D ₄	0,2.D ₄	16cm		
85	16/10/96	28,70	2,05	0,64	0,64	0,64	0,46	0,42	0,45	0,56
86	06/11/96	32,10	2,15	0,68	0,73	0,59	0,51	0,42	0,49	0,59
87	20/11/96	27,90	2,12	0,59	0,68	0,59	0,51	0,37	0,43	0,56
88	06/12/96	24,36	1,97	0,55	0,59	0,51	0,46	0,29	0,42	0,49
89	09/01/97	28,58	2,04	0,70	0,66	0,57	0,48	0,40	0,48	0,56
90	22/01/97	41,34	2,32	0,70	0,75	0,66	0,57	0,44	0,57	0,63
91	03/02/97	104,46	3,44	1,19	1,28	1,10	0,92	0,66	0,98	1,06
92	12/03/97	25,44	1,87	0,66	0,70	0,62	0,48	0,44	0,47	0,58
93	26/03/97	18,42	1,67	0,59	0,60	0,50	0,48	0,37	0,39	0,50
94	16/04/97	14,59	1,56	0,48	0,49	0,46	0,39	0,29	0,34	0,42
95	14/05/97	11,30	1,49	0,44	0,45	0,39	0,32	0,26	0,28	0,51
96	04/06/97	15,35	1,56	0,44	0,54	0,49	0,43	0,38	0,33	0,46
97	02/07/97	14,99	1,60	0,54	0,57	0,50	0,41	0,36	0,33	0,47
98	12/08/97	16,38	1,63	0,52	0,52	0,46	0,40	0,10	0,35	0,42
99	26/08/97	19,34	1,78	0,52	0,52	0,48	0,41	0,22	0,39	0,44
100	09/09/97	9,16	1,40	0,38	0,38	0,33	0,28	0,17	0,24	0,31
101	23/09/97	17,79	1,71	0,54	0,53	0,44	0,38	0,27	0,37	0,43
102	07/10/97	16,42	1,74	0,45	0,50	0,39	0,36	0,25	0,35	0,43
103	21/10/97	19,54	1,78	0,47	0,59	0,52	0,35	0,29	0,39	0,45
104	04/11/97	14,40	1,55	0,49	0,46	0,44	0,36	0,36	0,32	0,41
105	02/12/97	22,51	1,80	0,60	0,65	0,55	0,49	0,35	0,43	0,53
106	16/12/97	41,24	2,21	0,84	0,89	0,85	0,70	0,50	0,63	0,77
107	13/01/98	42,74	2,27	0,71	0,86	0,79	0,71	0,57	0,62	0,74
108	27/01/98	21,94	1,72	0,59	0,63	0,59	0,52	0,51	0,45	0,56
109	11/02/98	54,61	2,50	0,81	1,01	0,82	0,66	0,62	0,73	0,80
110	26/02/98	69,92	2,74	0,91	1,06	0,96	0,85	0,71	0,82	0,91
111	11/03/98	32,01	2,02	0,76	0,82	0,75	0,64	0,44	0,54	0,69
112	25/03/98	42,21	2,16	0,81	0,82	0,78	0,77	0,38	0,64	0,72
113	08/04/98	18,31	1,73	0,59	0,58	0,51	0,43	0,38	0,40	0,49
114	22/04/98	17,93	1,73	0,42	0,50	0,46	0,44	0,29	0,36	0,43
115	06/05/98	56,68	2,55	0,75	0,90	0,85	0,80	0,54	0,73	0,79
116	21/05/98	16,46	1,79	0,43	0,48	0,45	0,35	0,17	0,34	0,39
117	03/06/98	20,11	1,78	0,61	0,64	0,57	0,47	0,32	0,42	0,52
118	17/06/98	14,17	1,56	0,42	0,46	0,40	0,34	0,21	0,33	0,37
119	15/07/98	15,58	1,60	0,51	0,51	0,47	0,40	0,27	0,36	0,43
120	29/07/98	11,60	1,39	0,46	0,44	0,39	0,29	0,33	0,31	0,38
121	12/08/98	12,96	1,47	0,45	0,48	0,42	0,33	0,27	0,34	0,39
122	25/08/98	8,72	1,31	0,40	0,40	0,36	0,17	0,14	0,26	0,29
123	02/09/98	15,34	1,54	0,46	0,50	0,46	0,38	0,22	0,36	0,40
124	16/09/98	12,00	1,35	0,45	0,47	0,39	0,34	0,31	0,32	0,39
125	30/09/98	15,22	1,62	0,53	0,49	0,45	0,38	0,25	0,35	0,42
126	14/10/98	30,02	1,82	0,66	0,77	0,70	0,63	0,32	0,58	0,62
127	28/10/98	21,36	1,49	0,66	0,68	0,64	0,58	0,49	0,50	0,61
128	11/11/98	11,59	1,27	0,53	0,54	0,47	0,36	0,33	0,35	0,45

Tabela 5.2.4: Parâmetros hidráulicos e geométricos da seção transversal em estudo e velocidades pontuais medidas na vertical do talvegue (Posto Sousas/Campinas/SP)

Nº	DATA	Q (m³/s)	D ₄ (m)	Velocidades Pontuais (m/s)					V = Q/A (m/s)	Vm p/ int
				1,0.D ₄	0,8.D ₄	0,6.D ₄	0,2.D ₄	16cm		
129	25/11/98	11,51	1,18	0,49	0,52	0,51	0,44	0,33	0,35	0,46
130	09/12/98	24,34	1,60	0,69	0,76	0,69	0,59	0,48	0,53	0,64
131	22/12/98	22,01	1,50	0,68	0,69	0,67	0,55	0,49	0,51	0,62
132	06/01/99	48,65	1,76	0,89	0,92	0,91	0,81	0,39	0,65	0,78
133	21/01/99	70,39	2,83	1,11	1,20	1,05	0,95	0,74	0,84	1,01
134	28/01/99	98,49	3,04	1,19	1,27	1,28	1,09	0,89	1,02	1,14
135	03/02/99	55,26	2,36	1,01	1,06	1,00	0,88	0,80	0,77	0,95
136	11/02/99	69,25	2,56	1,09	1,20	1,10	0,86	0,74	0,86	1,00
137	25/02/99	70,42	2,66	1,14	1,28	1,18	0,96	0,61	0,89	1,03
138	11/03/99	68,53	2,63	1,12	1,12	1,01	0,92	0,47	0,85	0,93
139	25/03/99	66,09	2,57	1,11	1,19	1,04	0,90	0,30	0,84	0,91
140	15/04/99	23,75	1,57	0,74	0,72	0,69	0,59	0,54	0,50	0,66
141	29/04/99	16,54	1,53	0,70	0,67	0,57	0,36	0,31	0,41	0,52
142	13/05/99	20,69	1,60	0,69	0,72	0,63	0,43	0,40	0,48	0,57
143	09/06/99	18,06	1,37	0,63	0,68	0,59	0,56	0,49	0,45	0,59
144	22/07/99	14,45	1,20	0,58	0,56	0,49	0,42	0,28	0,44	0,47
145	05/08/99	12,64	1,23	0,55	0,56	0,52	0,43	0,42	0,39	0,50
146	19/08/99	13,18	1,20	0,59	0,58	0,54	0,39	0,43	0,40	0,51
147	02/09/99	10,02	1,08	0,53	0,50	0,41	0,41	0,34	0,33	0,44
148	15/09/99	19,51	1,42	0,71	0,71	0,65	0,56	0,57	0,47	0,64
149	30/09/99	8,25	1,18	0,67	0,45	0,36	0,29	0,25	0,29	0,40
150	14/10/99	10,41	1,21	0,55	0,52	0,44	0,36	0,29	0,35	0,43
151	28/10/99	14,18	1,34	0,62	0,59	0,52	0,45	0,40	0,42	0,52
152	11/11/99	11,74	1,33	0,55	0,56	0,45	0,37	0,33	0,37	0,45
153	25/11/99	22,41	1,58	0,71	0,76	0,67	0,52	0,40	0,53	0,61
154	09/12/99	22,85	1,60	0,65	0,73	0,68	0,55	0,53	0,55	0,63
155	23/12/99	5,33	1,02	0,34	0,39	0,35	0,17	0,12	0,24	0,27
156	06/01/00	83,20	3,00	1,12	1,25	1,14	0,94	0,69	0,98	1,03
157	13/01/00	17,56	1,49	0,71	0,75	0,63	0,55	0,47	0,47	0,62
158	20/01/00	18,52	1,43	0,67	0,69	0,64	0,54	0,43	0,49	0,59
159	27/01/00	22,03	1,52	0,72	0,77	0,63	0,59	0,46	0,53	0,63
160	03/02/00	31,18	1,88	0,69	0,90	0,78	0,66	0,61	0,64	0,73
161	09/02/00	19,99	1,44	0,74	0,74	0,65	0,59	0,28	0,51	0,60
162	18/02/00	41,30	1,93	1,03	1,03	0,98	0,85	0,71	0,75	0,92
163	24/02/00	28,13	1,69	0,77	0,90	0,85	0,71	0,53	0,63	0,75
164	03/03/00	26,11	1,57	0,85	0,87	0,79	0,71	0,58	0,61	0,76
165	10/03/00	19,40	1,35	0,80	0,78	0,69	0,67	0,55	0,53	0,70
166	17/03/00	22,24	1,42	0,80	0,79	0,72	0,67	0,48	0,58	0,69
167	24/03/00	33,55	1,72	0,94	0,98	0,86	0,71	0,64	0,70	0,83
168	31/03/00	57,66	2,40	1,05	1,11	0,96	0,94	0,74	0,84	0,96
169	07/04/00	14,55	1,31	0,81	0,78	0,74	0,67	0,47	0,43	0,69
170	14/04/00	12,12	1,10	0,60	0,60	0,52	0,53	0,34	0,41	0,52
171	19/04/00	11,24	1,15	0,53	0,57	0,55	0,49	0,38	0,39	0,50

Tabela 5.3.1: Parâmetros hidráulicos e geométricos da seção transversal em estudo e concentrações pontuais medidas na vertical do talvegue (Posto Sosas/Campinas/SP)

Nº	DATA	Q (m ³ /s)	D ₄ (m)	Concentrações Pontuais (mg/l)					V (m/s)
				1,0. D ₄	0,8. D ₄	0,4. D ₄	0,2. D ₄	3,5cm	
01	26/03/01	31,69	2,35	96,10	117,40	113,20	107,40	118,30	0,64
02	06/04/93	21,73	2,03	51,35	56,34	55,50	53,48	53,83	0,52
03	20/04/93	16,78	1,95	89,58	94,91	100,89	104,38	103,14	0,43
04	04/05/93	22,67	2,13	86,71	88,94	87,94	91,19	101,52	0,51
05	18/05/93	13,12	1,78	25,05	23,54	23,76	25,67	26,57	0,36
06	01/06/93	40,92	2,72	13,91	148,67	148,60	158,81	154,68	0,73
07	08/06/93	23,11	2,03	39,95	39,09	41,80	53,64	41,06	0,53
08	15/06/93	17,03	1,82	21,28	23,13	21,95	19,63	26,95	0,45
09	22/06/93	16,91	1,82	22,80	21,08	21,50	23,49	16,83	0,45
10	29/06/93	9,48	1,54	17,39	19,52	17,38	16,63	18,86	0,30
11	06/07/93	8,26	1,60	15,36	18,57	26,44	17,76	28,30	0,26
12	21/07/93	7,03	1,50	21,62	22,85	21,61	17,38	23,86	0,24
13	03/08/93	3,74	1,40	11,49	13,11	14,68	13,06	14,88	0,15
14	17/08/93	5,93	1,40	7,13	10,42	9,76	7,05	14,81	0,22
15	31/08/93	6,13	1,60	15,05	16,68	15,14	16,18	15,77	0,19
16	21/09/93	10,95	1,70	25,10	29,65	27,00	27,23	27,10	0,32
17	28/09/93	38,11	2,70	131,36	127,17	131,30	138,52	127,38	0,74
18	05/10/93	14,02	1,80	83,74	89,55	89,18	86,96	177,73	0,39
19	21/10/93	22,83	2,10	75,42	81,00	86,20	82,72	91,64	0,54
20	28/10/93	28,94	2,30	150,11	154,71	157,48	161,77	155,84	0,61
21	04/11/93	7,25	1,40	33,26	37,33	34,05	30,60	35,67	0,24
22	09/11/93	9,90	1,50	31,91	31,33	32,38	24,13	35,02	0,31
23	20/12/93	21,41	2,10	87,12	85,61	87,42	85,55	92,29	0,50
24	10/02/94	52,61	3,00	109,87	114,46	123,23	133,63	115,74	0,82
25	29/03/94	37,70	2,30	64,84	74,00	73,85	74,33	74,42	0,55
26	19/04/94	20,09	1,70	32,46	38,14	33,06	37,14	35,00	0,39
27	06/05/94	12,10	1,50	22,52	33,00	22,46	23,70	26,77	0,27
28	20/05/94	12,58	1,60	23,00	21,87	25,82	23,82	25,49	0,28
29	17/06/94	12,82	1,50	8,84	10,28	9,52	10,42	41,60	0,29
30	01/07/94	13,71	1,60	10,35	12,87	12,50	10,76	32,68	0,29
31	15/07/94	10,56	1,50	12,50	15,39	14,00	16,27	24,73	0,24
32	29/07/94	13,98	1,60	32,73	38,30	37,83	34,64	46,76	0,30
33	12/08/94	6,91	1,40	2,50	14,44	14,48	13,54	14,39	0,16
34	26/08/94	9,44	1,50	13,62	17,51	14,00	11,36	13,96	0,20
35	08/09/94	10,93	1,60	7,38	8,69	8,10	7,35	11,10	0,23
36	22/09/94	14,32	1,70	16,39	18,00	14,00	17,32	17,76	0,28
37	06/10/94	9,67	1,60	13,74	20,00	14,34	12,23	16,39	0,22
38	27/10/94	28,50	2,10	77,43	84,30	84,98	81,47	84,58	0,45
39	23/11/94	11,00	1,50	14,12	22,83	22,54	22,05	24,05	0,20
40	22/12/94	70,64	3,10	743,68	808,58	787,46	769,62	740,84	0,72
41	05/01/95	56,36	2,70	166,33	178,40	171,00	183,65	172,23	0,68
42	19/01/95	19,98	1,70	31,89	35,61	34,55	34,16	41,94	0,38

Tabela 5.3.2: Parâmetros hidráulicos e geométricos da seção transversal em estudo e concentrações pontuais medidas na vertical do talvegue (Posto Sousas/Campinas/SP)

Nº	DATA	Q (m ³ /s)	D ₄ (m)	Concentrações Pontuais (mg/l)					V (m/s)
				1,0. D ₄	0,8. D ₄	0,4. D ₄	0,2. D ₄	3,5cm	
43	26/01/95	17,01	1,80	29,84	35,67	33,28	27,44	31,89	0,33
44	09/02/95	159,81	4,20	204,27	205,48	204,80	214,85	236,86	1,11
45	16/02/95	68,21	2,80	68,74	73,53	73,45	72,61	74,58	0,77
46	08/03/95	31,34	2,10	36,50	56,32	52,20	48,16	62,21	0,49
47	24/03/95	64,81	2,80	1220,78	1357,74	1357,27	1432,01	1302,41	0,73
48	07/04/95	47,36	2,40	83,47	86,15	90,06	84,22	90,38	0,64
49	28/04/95	29,99	2,00	26,15	35,64	33,44	31,38	30,93	0,49
50	12/05/95	37,76	2,10	47,92	50,97	56,86	48,68	48,51	0,57
51	09/06/95	20,51	1,80	17,21	18,09	19,34	28,31	17,50	0,35
52	23/06/95	20,50	1,80	16,52	15,22	21,91	17,55	17,72	0,38
53	05/07/95	16,29	1,60	12,95	13,59	16,97	15,49	14,94	0,33
54	12/07/95	45,94	2,40	69,37	77,22	80,37	78,18	82,93	0,61
55	19/07/95	22,54	1,80	23,75	25,62	27,21	25,28	25,75	0,40
56	26/07/95	26,29	1,90	25,45	25,75	23,86	22,84	27,50	0,44
57	10/08/95	14,71	1,70	10,39	11,61	12,92	14,10	11,44	0,30
58	31/08/95	10,61	1,50	14,46	12,72	13,19	9,49	11,80	0,25
59	21/09/95	21,80	1,80	25,26	28,66	26,29	29,37	27,78	0,39
60	28/09/95	23,78	1,90	33,56	32,72	33,12	35,18	33,74	0,41
61	05/10/95	13,59	1,70	8,75	11,87	7,65	8,88	16,57	0,28
62	19/10/95	48,82	2,40	100,00	69,13	108,55	71,25	101,19	0,63
63	23/11/95	15,11	1,60	12,66	15,52	17,58	15,57	22,16	0,31
64	07/12/95	9,25	1,40	20,48	12,73	16,27	21,29	10,06	0,22
65	10/01/96	106,31	3,40	162,21	172,44	176,77	176,10	177,36	0,95
66	31/01/96	22,38	1,80	28,85	33,77	36,67	38,32	38,00	0,41
67	07/02/96	39,74	2,20	61,04	70,62	68,71	70,81	74,23	0,58
68	06/03/96	60,16	2,60	95,68	101,25	102,56	96,86	117,82	0,71
69	20/03/96	111,45	3,40	192,48	181,50	195,60	194,81	221,60	1,00
70	03/04/96	35,03	2,10	39,95	39,09	41,80	40,00	41,06	0,54
71	16/04/96	32,34	2,10	45,51	52,17	54,71	52,73	58,67	0,50
72	15/05/96	25,67	2,00	18,06	19,61	23,68	24,50	22,15	0,44
73	22/05/96	22,58	1,90	22,44	42,67	43,04	18,83	27,10	0,40
74	19/06/96	13,76	1,70	9,21	11,04	12,90	9,82	14,57	0,28
75	03/06/96	16,83	1,80	16,15	12,67	16,25	15,53	15,53	0,32
76	17/07/96	12,79	1,60	10,30	6,83	5,39	9,15	4,43	0,27
77	31/07/96	12,23	1,60	12,50	13,84	9,79	13,45	10,56	0,26
78	07/08/96	12,60	1,60	10,98	10,84	12,97	12,77	11,45	0,26
79	14/08/96	14,24	1,70	13,25	10,76	13,29	15,43	13,48	0,28
80	21/08/96	15,09	1,70	14,97	14,81	16,00	16,46	16,67	0,30
81	28/08/96	12,25	1,60	11,11	11,80	12,36	11,05	9,41	0,26
82	04/09/96	24,13	2,00	30,77	36,99	41,25	43,18	45,29	0,40
83	11/09/96	78,24	3,00	180,51	185,98	199,08	194,50	227,87	0,80
84	02/10/96	17,00	1,70	15,95	16,23	14,97	17,44	18,24	0,33

Tabela 5.3.3: Parâmetros hidráulicos e geométricos da seção transversal em estudo e concentrações pontuais medidas na vertical do talvegue (Posto Sousas/Campinas/SP)

Nº	DATA	Q (m ³ /s)	D ₄ (m)	Concentrações Pontuais (mg/l)					V (m/s)
				1,0. D ₄	0,8. D ₄	0,4. D ₄	0,2. D ₄	3,5cm	
85	16/10/96	28,70	2,10	52,56	55,10	29,17	50,00	61,11	0,45
86	06/11/96	32,10	2,20	44,96	52,10	50,85	53,25	53,67	0,49
87	20/11/96	27,90	2,10	106,49	110,96	118,44	123,97	114,46	0,43
88	06/12/96	24,36	1,97	32,37	29,14	22,38	91,18	113,33	0,42
89	09/01/97	28,58	2,04	70,81	51,06	52,53	40,86	58,85	0,48
90	22/01/97	41,34	2,32	98,22	100,00	100,55	105,13	109,09	0,57
91	03/02/97	104,46	3,44	112,92	116,56	129,52	135,67	125,00	0,98
92	12/03/97	25,44	1,87	45,50	54,83	51,19	57,30	50,93	0,47
93	26/03/97	18,42	1,67	26,68	30,48	30,81	29,21	38,05	0,39
94	16/04/97	14,59	1,56	19,74	20,77	16,23	15,65	18,26	0,34
95	14/05/97	11,30	1,49	7,60	12,11	9,92	10,10	18,92	0,28
96	04/06/97	15,35	1,56	16,12	11,58	13,76	13,13	26,07	0,33
97	02/07/97	14,99	1,60	18,26	23,95	25,57	27,94	27,21	0,33
98	12/08/97	16,38	1,63	6,85	13,13	14,04	13,26	14,11	0,35
99	26/08/97	19,34	1,78	14,77	20,61	23,97	10,47	20,18	0,39
100	09/09/97	9,16	1,40	15,67	17,20	16,85	14,84	21,23	0,24
101	23/09/97	17,79	1,71	21,67	21,57	22,35	22,89	25,61	0,37
102	07/10/97	16,42	1,74	40,54	38,83	41,50	41,67	50,00	0,35
103	21/10/97	19,54	1,78	20,89	22,00	23,13	23,81	26,67	0,39
104	04/11/97	14,40	1,55	30,10	20,59	24,14	20,11	26,20	0,32
105	02/12/97	22,51	1,80	28,64	33,54	26,92	32,41	33,73	0,43
106	16/12/97	41,24	2,21	115,75	106,67	118,24	122,22	129,05	0,63
107	13/01/98	42,74	2,27	151,75	113,28	142,65	122,97	126,67	0,62
108	27/01/98	21,94	1,72	41,36	45,05	45,74	50,49	58,90	0,45
109	11/02/98	54,61	2,50	119,32	125,95	137,35	127,33	134,42	0,73
110	26/02/98	69,92	2,74	295,83	295,83	295,83	295,83	295,83	0,82
111	11/03/98	32,01	2,02	71,43	85,78	63,27	74,35	64,63	0,54
112	25/03/98	42,21	2,16	107,55	110,31	111,06	116,33	111,71	0,64
113	08/04/98	18,31	1,73	19,23	24,17	26,67	24,78	29,02	0,40
114	22/04/98	17,93	1,73	18,37	30,00	18,84	27,27	40,00	0,36
115	06/05/98	56,68	2,55	113,81	146,19	104,59	131,67	132,89	0,73
116	21/05/98	16,46	1,79	15,31	6,45	30,53	13,50	20,37	0,34
117	03/06/98	20,11	1,78	25,48	20,62	28,30	29,91	36,87	0,42
118	17/06/98	14,17	1,56	20,09	8,64	24,07	21,19	21,96	0,33
119	15/07/98	15,58	1,60	8,62	6,00	11,27	10,89	12,87	0,36
120	29/07/98	11,60	1,39	10,00	6,60	7,01	8,26	16,51	0,31
121	12/08/98	12,96	1,47	4,46	11,76	4,81	11,11	10,58	0,34
122	25/08/98	8,72	1,31	12,50	12,50	13,24	13,73	18,75	0,26
123	02/09/98	15,34	1,54	18,69	11,88	18,10	15,10	22,52	0,36
124	16/09/98	12,00	1,35	16,34	8,25	19,91	12,23	14,85	0,32
125	30/09/98	15,22	1,62	4,48	2,94	2,53	4,19	3,43	0,35
126	14/10/98	30,02	1,82	71,84	57,50	73,11	76,50	70,00	0,58
127	28/10/98	21,36	1,49	28,30	30,61	32,83	32,04	32,21	0,50
128	11/11/98	11,59	1,27	12,38	14,76	16,99	11,68	3,54	0,35

Tabela 5.3.4: Parâmetros hidráulicos e geométricos da seção transversal em estudo e concentrações pontuais medidas na vertical do talvegue (Posto Sousas/Campinas/SP)

Nº	DATA	Q (m ³ /s)	D ₄ (m)	Concentrações Pontuais (mg/l)					V (m/s)
				1,0. D ₄	0,8. D ₄	0,4. D ₄	0,2. D ₄	3,5cm	
129	25/11/98	11,51	1,18	27,88	31,55	32,18	32,38	30,77	0,35
130	09/12/98	24,34	1,60	60,82	50,46	54,04	50,46	61,57	0,53
131	22/12/98	22,01	1,50	63,37	59,22	62,98	70,91	73,89	0,51
132	06/01/99	48,65	1,76	296,57	321,57	327,72	341,43	298,08	0,65
133	21/01/99	70,39	2,83	79,61	82,00	84,13	85,05	83,33	0,84
134	28/01/99	98,49	3,04	240,78	241,41	243,88	253,76	226,21	1,02
135	03/02/99	55,26	2,36	104,67	108,74	111,43	111,88	117,79	0,77
136	11/02/99	69,25	2,56	85,15	93,07	93,63	88,73	89,22	0,86
137	25/02/99	70,42	2,66	114,29	126,77	128,10	119,16	125,74	0,89
138	11/03/99	68,53	2,63	423,68	513,27	452,15	517,24	505,56	0,85
139	25/03/99	66,09	2,57	233,81	231,31	254,37	236,50	207,28	0,84
140	15/04/99	23,75	1,57	62,62	63,81	60,75	60,59	64,76	0,50
141	29/04/99	16,54	1,53	37,26	27,72	30,00	31,50	25,71	0,41
142	13/05/99	20,69	1,60	32,02	31,65	31,90	30,26	31,13	0,48
143	09/06/99	18,06	1,37	23,16	28,50	37,26	33,98	79,08	0,45
144	22/07/99	14,45	1,20	15,96	17,37	17,50	24,51	30,81	0,44
145	05/08/99	12,64	1,23	5,75	3,45	6,96	7,29	8,90	0,39
146	19/08/99	13,18	1,20	14,21	6,63	8,91	16,00	12,38	0,40
147	02/09/99	10,02	1,08	20,71	15,50	13,37	17,53	16,82	0,33
148	15/09/99	19,51	1,42	29,80	27,44	24,75	17,00	23,81	0,47
149	30/09/99	8,25	1,18	21,74	19,27	19,90	18,57	26,11	0,29
150	14/10/99	10,41	1,21	15,06	14,56	16,84	20,50	24,54	0,35
151	28/10/99	14,18	1,34	28,19	26,00	21,67	27,46	28,49	0,42
152	11/11/99	11,74	1,33	10,98	13,22	11,27	7,23	21,92	0,37
153	25/11/99	22,41	1,58	42,64	42,34	40,48	41,71	41,14	0,53
154	09/12/99	22,85	1,60	202,35	189,10	124,00	159,76	205,00	0,55
155	23/12/99	5,33	1,02	29,70	22,82	24,75	23,30	32,02	0,24
156	06/01/00	83,20	3,00	231,50	231,00	247,52	248,00	255,88	0,98
157	13/01/00	17,56	1,49	37,38	36,61	38,10	34,35	39,00	0,47
158	20/01/00	18,52	1,43	29,63	31,73	30,58	25,00	27,69	0,49
159	27/01/00	22,03	1,52	67,36	68,80	67,77	67,83	68,64	0,53
160	03/02/00	31,18	1,88	108,26	109,17	109,24	100,86	127,92	0,64
161	09/02/00	19,99	1,44	58,00	45,00	55,65	82,14	57,65	0,51
162	18/02/00	41,30	1,93	60,89	59,13	62,00	63,59	71,43	0,75
163	24/02/00	28,13	1,69	58,50	54,63	58,59	59,22	54,50	0,63
164	03/03/00	26,11	1,57	47,64	47,09	48,06	45,15	47,02	0,61
165	10/03/00	19,40	1,35	29,13	42,23	41,43	32,84	35,44	0,53
166	17/03/00	22,24	1,42	52,17	46,70	48,56	40,48	50,65	0,58
167	24/03/00	33,55	1,72	66,07	74,77	76,82	74,55	75,73	0,70
168	31/03/00	57,66	2,40	726,96	524,75	700,50	669,00	572,28	0,84
169	07/04/00	14,55	1,31	32,69	34,13	29,25	35,24	42,45	0,43
170	14/04/00	12,12	1,10	32,35	21,21	23,11	19,40	19,90	0,41
171	19/04/00	11,24	1,15	13,94	8,17	17,62	14,08	10,78	0,39

Tabela 5.4.1: Parâmetros geométricos da seção transversal em estudo e descargas líquida e sólidas transportadas por arraste e em suspensão (Posto Sousas/Campinas/SP)

Nº	DATA	Q (m ³ /s)	S (m/m)	A (m ²)	P (m)	R _H (m)	B (m)	G _{sa} (ton/dia)	G _{ss} (ton/dia)
01	26/03/93	31,69	1,94.10 ⁻⁴	49,63	36,50	1,36	34,70	0,141	301,57
02	06/04/93	21,73	1,97.10 ⁻⁴	41,73	36,30	1,15	34,87	0,038	103,69
03	20/04/93	16,78	1,85.10 ⁻⁴	38,78	35,80	1,08	34,88	0,045	151,23
04	04/05/93	22,67	2,11.10 ⁻⁴	44,71	37,40	1,20	34,78	0,045	212,57
05	18/05/93	13,12	1,63.10 ⁻⁴	36,60	35,50	1,03	34,38	0,024	27,54
06	01/06/93	40,92	2,31.10 ⁻⁴	55,70	37,10	1,50	35,24	0,190	541,01
07	08/06/93	23,11	1,64.10 ⁻⁴	43,63	37,65	1,16	34,91	0,026	81,61
08	15/06/93	17,03	1,81.10 ⁻⁴	37,96	35,40	1,07	34,21	0,008	36,29
09	22/06/93	16,91	1,72.10 ⁻⁴	37,60	37,23	1,01	34,54	0,008	30,77
10	29/06/93	9,48	1,64.10 ⁻⁴	31,40	36,00	0,87	33,99	0,007	14,92
11	06/07/93	8,26	1,05.10 ⁻⁴	31,18	35,50	0,88	33,77	0,002	12,23
12	21/07/93	7,03	0,89.10 ⁻⁴	29,13	35,20	0,83	33,64	0,006	11,43
13	03/08/93	3,74	0,64.10 ⁻⁴	25,71	34,43	0,75	32,82	0,002	4,63
14	17/08/93	5,93	0,30.10 ⁻⁴	27,41	35,20	0,78	33,53	0,002	7,39
15	31/08/93	6,13	0,47.10 ⁻⁴	31,48	35,60	0,88	33,74	0,002	8,58
16	21/09/93	10,95	1,47.10 ⁻⁴	34,11	35,60	0,96	33,97	0,006	26,69
17	28/09/93	38,11	2,31.10 ⁻⁴	51,42	37,65	1,37	34,92	0,384	431,23
18	05/10/93	14,02	1,47.10 ⁻⁴	35,54	36,30	0,98	34,38	0,006	113,15
19	21/10/93	22,83	1,89.10 ⁻⁴	42,15	37,40	1,14	34,84	0,023	174,26
20	28/10/93	28,94	2,06.10 ⁻⁴	47,48	37,50	1,27	34,88	0,037	408,30
21	04/11/93	7,25	0,80.10 ⁻⁴	30,01	35,50	0,85	33,82	0,003	22,51
22	09/11/93	9,90	1,30.10 ⁻⁴	31,47	35,35	0,89	34,01	0,005	29,76
23	20/12/93	21,41	1,97.10 ⁻⁴	42,79	35,50	1,21	34,64	0,080	168,22
24	10/02/94	52,61	0,80.10 ⁻⁴	64,04	38,70	1,65	35,65	0,332	530,27
25	29/03/94	37,70	1,97.10 ⁻⁴	68,50	35,75	1,92	34,34	0,027	228,66
26	19/04/94	20,09	1,30.10 ⁻⁴	51,34	34,80	1,47	34,00	0,022	68,25
27	06/05/94	12,10	0,96.10 ⁻⁴	44,60	34,20	1,30	33,60	0,012	25,17
28	20/05/94	12,58	1,14.10 ⁻⁴	44,60	34,20	1,30	33,60	0,012	26,27
29	17/06/94	12,82	0,72.10 ⁻⁴	44,80	34,60	1,29	33,64	0,005	10,59
30	01/07/94	13,71	1,14.10 ⁻⁴	47,45	34,54	1,38	33,81	0,006	10,80
31	15/07/94	10,56	0,64.10 ⁻⁴	44,28	34,22	1,29	33,64	0,051	26,35
32	29/07/94	13,98	1,14.10 ⁻⁴	47,30	34,48	1,37	33,81	0,010	45,26
33	12/08/94	6,91	0,47.10 ⁻⁴	42,61	34,06	1,25	33,26	0,011	5,88
34	26/08/94	9,44	0,62.10 ⁻⁴	46,19	34,19	1,35	33,47	0,002	11,84
35	08/09/94	10,93	0,80.10 ⁻⁴	47,28	34,48	1,37	33,68	0,004	25,42
36	22/09/94	14,32	1,30.10 ⁻⁴	50,30	34,70	1,45	33,92	0,002	23,66
37	06/10/94	9,67	0,47.10 ⁻⁴	44,94	34,30	1,31	33,49	0,002	14,96
38	27/10/94	28,50	1,22.10 ⁻⁴	63,31	35,50	1,78	34,48	0,424	218,31
39	23/11/94	11,00	0,47.10 ⁻⁴	55,61	34,33	1,33	33,52	0,004	33,80
40	22/12/94	70,64	2,14.10 ⁻⁴	98,56	37,28	2,64	35,68	0,218	4148,78
41	05/01/95	56,36	2,31.10 ⁻⁴	82,62	36,26	2,28	35,27	0,523	880,96
42	19/01/95	19,98	1,47.10 ⁻⁴	52,84	34,82	1,51	33,92	0,015	68,08
43	26/01/95	17,01	1,47.10 ⁻⁴	50,97	34,77	1,46	33,93	0,036	56,93
44	09/02/95	159,81	1,14.10 ⁻⁴	143,85	39,85	3,61	40,30	3,097	3371,61
45	16/02/95	68,21	2,47.10 ⁻⁴	89,00	36,46	2,44	35,40	0,485	448,69

Tabela 5.4.2: Parâmetros geométricos da seção transversal em estudo e descargas líquida e sólidas transportadas por arraste e em suspensão (Posto Sousas/Campinas/SP)

Nº	DATA	Q (m ³ /s)	S (m/m)	A (m ²)	P (m)	R _H (m)	B (m)	G _{sa} (ton/dia)	G _{ss} (ton/dia)
46	08/03/95	31,34	1,72.10 ⁻⁴	63,57	35,53	1,79	34,94	0,396	141,31
47	24/03/95	64,81	1,80.10 ⁻⁴	89,07	36,47	2,44	35,38	1,721	8337,34
48	07/04/95	47,36	1,97.10 ⁻⁴	74,26	35,98	2,06	35,05	0,171	373,80
49	28/04/95	29,99	1,80.10 ⁻⁴	61,54	35,43	1,74	34,63	0,081	93,42
50	12/05/95	37,76	1,80.10 ⁻⁴	66,61	35,68	1,87	34,74	0,468	182,66
51	09/06/95	20,51	1,47.10 ⁻⁴	57,87	35,06	1,57	34,35	0,023	33,43
52	23/06/95	20,50	1,04.10 ⁻⁴	53,43	36,18	1,98	34,34	0,018	35,87
53	05/07/95	16,29	1,47.10 ⁻⁴	50,01	34,70	1,44	34,19	0,051	20,75
54	12/07/95	45,94	2,39.10 ⁻⁴	75,71	36,02	2,10	35,03	4,163	307,08
55	19/07/95	22,54	1,55.10 ⁻⁴	56,29	35,14	2,16	34,59	0,016	47,27
56	26/07/95	26,29	1,64.10 ⁻⁴	59,62	35,32	1,69	34,61	0,118	101,72
57	10/08/95	14,71	1,22.10 ⁻⁴	49,26	34,64	1,42	34,09	0,012	16,90
58	31/08/95	10,61	0,80.10 ⁻⁴	43,28	34,13	1,27	33,65	0,002	9,88
59	21/09/95	21,80	4,73.10 ⁻⁴	56,17	35,13	1,60	34,28	0,031	50,55
60	28/09/95	23,78	1,30.10 ⁻⁴	58,45	35,26	1,66	34,68	0,249	72,23
61	05/10/95	13,59	0,97.10 ⁻⁴	48,18	34,55	1,39	34,16	0,002	16,93
62	19/10/95	48,82	1,88.10 ⁻⁴	77,21	36,08	2,14	35,02	0,205	370,01
63	23/11/95	15,11	0,97.10 ⁻⁴	48,00	34,50	1,39	34,05	0,006	25,51
64	07/12/95	9,25	0,64.10 ⁻⁴	42,47	33,96	1,25	33,39	0,002	12,60
65	10/01/96	106,31	2,14.10 ⁻⁴	112,07	37,37	3,00	36,91	5,141	1869,30
66	31/01/96	22,38	1,47.10 ⁻⁴	54,00	34,99	1,54	34,12	0,019	66,26
67	07/02/96	39,74	1,64.10 ⁻⁴	68,59	35,75	1,92	35,12	0,238	246,43
68	06/03/96	60,16	2,06.10 ⁻⁴	84,79	36,33	2,33	35,36	3,542	517,94
69	20/03/96	111,45	2,47.10 ⁻⁴	111,68	37,37	2,99	36,55	1,150	1721,13
70	03/04/96	35,03	1,80.10 ⁻⁴	65,41	35,62	1,84	34,87	0,133	202,66
71	16/04/96	32,34	1,64.10 ⁻⁴	65,31	35,62	1,83	34,52	0,051	1983,98
72	15/05/96	25,67	1,47.10 ⁻⁴	58,86	35,28	1,67	34,24	0,246	48,88
73	22/05/96	22,58	1,47.10 ⁻⁴	56,30	35,13	1,60	34,20	0,008	30,34
74	19/06/96	13,76	0,97.10 ⁻⁴	49,15	34,64	1,42	33,76	0,012	15,30
75	03/06/96	16,83	1,14.10 ⁻⁴	52,61	34,89	1,51	34,07	0,023	28,51
76	17/07/96	12,79	0,97.10 ⁻⁴	47,41	34,50	1,37	33,81	0,004	13,04
77	31/07/96	12,23	1,05.10 ⁻⁴	46,64	34,43	1,35	34,75	0,005	11,46
78	07/08/96	12,60	0,80.10 ⁻⁴	47,65	34,52	1,38	34,04	0,004	11,19
79	14/08/96	14,24	1,05.10 ⁻⁴	50,30	34,72	1,45	33,99	0,005	22,04
80	21/08/96	15,09	0,89.10 ⁻⁴	51,00	34,78	1,47	33,89	0,005	20,69
81	28/08/96	12,25	0,97.10 ⁻⁴	47,41	34,50	1,37	33,73	0,003	11,92
82	04/09/96	24,13	1,47.10 ⁻⁴	60,37	35,37	1,71	34,56	0,036	89,85
83	11/09/96	78,24	2,31.10 ⁻⁴	97,96	36,77	2,66	35,84	3,697	1586,68
84	02/10/96	17,00	1,05.10 ⁻⁴	51,20	34,80	1,50	34,10	0,006	24,84
85	16/10/96	28,70	1,50.10 ⁻⁴	63,40	35,50	1,80	34,70	0,250	151,54
86	06/11/96	32,10	1,60.10 ⁻⁴	65,80	35,60	1,80	34,70	0,320	350,31
87	20/11/96	27,90	1,30.10 ⁻⁴	65,20	35,60	1,80	34,70	0,034	315,61
88	06/12/96	24,36	1,30.10 ⁻⁴	58,60	35,30	1,70	34,60	4,34	152,59

Tabela 5.4.3: Parâmetros geométricos da seção transversal em estudo e descargas líquida e sólidas transportadas por arraste e em suspensão (Posto Sousas/Campinas/SP)

Nº	DATA	Q (m ³ /s)	S (m/m)	A (m ²)	P (m)	R _H (m)	B (m)	G _{sa} (ton/dia)	G _{ss} (ton/dia)
89	09/01/97	28,58	1,47.10 ⁻⁴	59,32	35,51	1,78	34,68	0,033	228,09
90	22/01/97	41,34	2,14.10 ⁻⁴	72,48	35,91	2,02	34,78	0,146	388,86
91	03/02/97	104,46	2,14.10 ⁻⁴	106,79	39,77	2,69	36,46	21,99	1204,00
92	12/03/97	25,44	1,47.10 ⁻⁴	53,99	35,70	1,51	34,32	1,01	118,63
93	26/03/97	18,42	1,22.10 ⁻⁴	47,22	35,09	1,35	33,84	0,16	48,84
94	16/04/97	14,59	0,97.10 ⁻⁴	43,44	36,68	1,25	33,64	0,032	24,82
95	14/05/97	11,30	1,05.10 ⁻⁴	41,08	34,40	1,19	33,16	0,104	16,29
96	04/06/97	15,35	1,22.10 ⁻⁴	46,01	34,96	1,32	33,64	0,006	32,42
97	02/07/97	14,99	1,22.10 ⁻⁴	45,71	34,93	1,31	33,84	0,005	41,54
98	12/08/97	16,38	1,13.10 ⁻⁴	46,60	35,02	1,33	33,93	0,003	77,64
99	26/08/97	19,34	1,47.10 ⁻⁴	49,68	35,32	1,41	33,97	0,0054	28,46
100	09/09/97	9,16	1,05.10 ⁻⁴	38,03	34,00	1,12	33,40	0,0024	14,49
101	23/09/97	17,79	7,90.10 ⁻⁴	47,94	35,16	1,36	33,96	0,0128	47,09
102	07/10/97	16,42	1,40.10 ⁻⁴	46,43	35,01	1,33	33,98	0,0134	60,37
103	21/10/97	19,54	0,70.10 ⁻⁴	50,41	35,39	1,42	34,07	0,0141	55,72
104	04/11/97	14,40	1,10.10 ⁻⁴	44,70	34,82	1,28	33,80	0,0029	35,57
105	02/12/97	22,51	1,20.10 ⁻⁴	51,85	35,52	1,46	34,22	0,439	67,62
106	16/12/97	41,24	2,10.10 ⁻⁴	65,47	36,49	1,79	34,77	5,77	407,88
107	13/01/98	42,74	3,31.10 ⁻⁴	68,72	36,02	1,91	34,82	0,107	731,35
108	27/01/98	21,94	0,80.10 ⁻⁴	48,98	34,33	1,43	34,01	0,0098	87,79
109	11/02/98	54,61	2,14.10 ⁻⁴	75,26	36,43	2,07	35,24	1,66	643,91
110	26/02/98	69,92	2,14.10 ⁻⁴	85,70	37,06	2,31	34,55	1,06	1776,12
111	11/03/98	32,01	1,81.10 ⁻⁴	58,75	35,28	1,67	34,68	1,60	235,16
112	25/03/98	42,21	1,97.10 ⁻⁴	65,93	35,28	1,84	35,22	0,31	398,43
113	08/04/98	18,31	1,30.10 ⁻⁴	46,18	34,00	1,36	33,54	0,034	41,16
114	22/04/98	17,93	0,72.10 ⁻⁴	49,87	34,43	1,45	33,96	0,0043	49,02
115	06/05/98	56,68	1,80.10 ⁻⁴	77,66	36,57	2,12	35,22	0,165	653,00
116	21/05/98	16,46	1,64.10 ⁻⁴	48,45	34,27	1,41	34,01	0,0051	27,04
117	03/06/98	20,11	1,30.10 ⁻⁴	47,89	34,20	1,40	33,70	0,0159	51,38
118	17/06/98	14,17	1,11.10 ⁻⁴	43,11	33,60	1,28	33,04	0,000	23,78
119	15/07/98	15,58	1,30.10 ⁻⁴	43,46	33,65	1,29	33,02	0,005	20,42
120	29/07/98	11,60	0,97.10 ⁻⁴	37,36	32,73	1,14	32,50	0,0024	8,81
121	12/08/98	12,96	1,17.10 ⁻⁴	38,55	32,93	1,17	32,77	0,0034	11,08
122	25/08/98	8,72	0,89.10 ⁻⁴	34,12	32,17	1,06	32,08	0,000	11,77
123	02/09/98	15,34	0,97.10 ⁻⁴	42,71	33,54	1,27	32,90	0,000	24,23
124	16/09/98	12,00	0,64.10 ⁻⁴	38,04	32,84	1,16	32,90	0,006	17,55
125	30/09/98	15,22	0,80.10 ⁻⁴	43,24	33,61	1,29	32,87	0,004	15,74
126	14/10/98	30,02	2,10.10 ⁻⁴	51,43	34,59	1,49	33,28	0,0235	173,78
127	28/10/98	21,36	1,97.10 ⁻⁴	43,03	33,59	1,28	32,92	0,0103	55,75
128	11/11/98	11,59	1,47.10 ⁻⁴	33,49	31,99	1,05	31,40	0,000	24,25

Tabela 5.4.4: Parâmetros geométricos da seção transversal em estudo e descargas líquida e sólidas transportadas por arraste e em suspensão (Posto Sousas/Campinas/SP)

Nº	DATA	Q (m ³ /s)	S (m/m)	A (m ²)	P (m)	R _H (m)	B (m)	G _{sa} (ton/dia)	G _{ss} (ton/dia)
129	25/11/98	11,51	1,80.10 ⁻⁴	32,99	31,92	1,03	31,29	0,000	29,56
130	09/12/98	24,34	2,30.10 ⁻⁴	46,23	33,34	1,39	33,18	0,000	112,51
131	22/12/98	22,01	2,10.10 ⁻⁴	43,21	33,06	1,31	32,95	0,000	342,83
132	06/01/99	48,65	2,30.10 ⁻⁴	74,45	35,33	2,11	34,79	1,478	1336,12
133	21/01/99	70,39	2,80.10 ⁻⁴	83,50	35,96	2,32	35,23	3,703	515,67
134	28/01/99	98,49	3,00.10 ⁻⁴	96,25	37,08	2,60	35,81	0,000	2156,83
135	03/02/99	55,26	2,50.10 ⁻⁴	71,61	35,15	2,04	35,18	2,820	549,97
136	11/02/99	69,25	2,80.10 ⁻⁴	80,13	35,71	2,24	35,26	3,047	537,35
137	25/02/99	70,42	2,50.10 ⁻⁴	79,30	35,66	2,22	35,52	5,114	767,71
138	11/03/99	68,53	2,30.10 ⁻⁴	81,07	35,78	2,27	35,20	1,803	3857,23
139	25/03/99	66,09	3,00.10 ⁻⁴	79,14	35,64	2,22	34,99	3,640	1346,23
140	15/04/99	23,75	2,30.10 ⁻⁴	47,23	33,43	1,41	33,72	0,020	139,89
141	29/04/99	16,54	8,20.10 ⁻⁴	40,72	32,81	1,24	33,27	0,013	475,32
142	13/05/99	20,69	2,60.10 ⁻⁴	43,14	33,05	1,31	33,41	0,023	56,40
143	09/06/99	18,06	2,00.10 ⁻⁴	39,95	32,73	1,22	33,29	0,010	42,61
144	22/07/99	14,45	2,10.10 ⁻⁴	32,65	32,00	1,02	32,52	0,003	20,09
145	05/08/99	12,64	2,14.10 ⁻⁴	32,27	32,09	1,01	32,65	0,002	12,16
146	19/08/99	13,18	2,10.10 ⁻⁴	32,94	32,18	1,02	32,78	0,004	43,28
147	02/09/99	10,02	0,50.10 ⁻⁴	30,22	31,80	0,95	32,07	0,000	15,54
148	15/09/99	19,51	2,10.10 ⁻⁴	41,44	33,17	1,25	33,31	0,343	28,80
149	30/09/99	8,25	1,80.10 ⁻⁴	28,91	31,58	0,92	32,02	0,001	14,61
150	14/10/99	10,41	2,10.10 ⁻⁴	29,95	31,58	0,95	32,41	0,003	18,82
151	28/10/99	14,18	2,30.10 ⁻⁴	33,94	31,58	1,07	32,88	0,027	31,00
152	11/11/99	11,74	2,00.10 ⁻⁴	31,73	31,58	1,00	32,80	0,028	11,80
153	25/11/99	22,41	2,30.10 ⁻⁴	41,97	31,58	1,33	32,88	0,089	82,29
154	09/12/99	22,85	2,60.10 ⁻⁴	41,46	31,58	1,31	33,19	0,036	430,44
155	23/12/99	5,33	4,80.10 ⁻⁴	22,28	30,51	0,73	30,48	0,003	14,70
156	06/01/00	83,20	2,80.10 ⁻⁴	85,07	36,74	2,32	35,69	0,214	1721,43
157	13/01/00	17,56	2,50.10 ⁻⁴	37,68	32,77	1,15	32,91	0,313	58,94
158	20/01/00	18,52	2,50.10 ⁻⁴	37,78	32,78	1,15	33,27	0,041	48,13
159	27/01/00	22,03	2,60.10 ⁻⁴	41,42	33,17	1,25	33,25	0,090	130,72
160	03/02/00	31,18	4,10.10 ⁻⁴	48,89	33,87	1,44	34,00	0,553	319,85
161	09/02/00	19,99	2,30.10 ⁻⁴	39,30	32,94	1,19	33,10	0,487	87,00
162	18/02/00	41,30	2,80.10 ⁻⁴	54,97	34,36	1,60	34,70	0,447	235,40
163	24/02/00	28,13	1,30.10 ⁻⁴	44,82	32,50	1,38	33,56	0,603	147,21
164	03/03/00	26,11	4,60.10 ⁻⁴	42,91	33,33	1,29	33,42	0,219	122,13
165	10/03/00	19,40	2,80.10 ⁻⁴	36,47	32,62	1,12	32,88	0,040	72,31
166	17/03/00	22,24	3,60.10 ⁻⁴	38,56	32,87	1,17	33,27	0,218	109,53
167	24/03/00	33,55	2,00.10 ⁻⁴	47,82	33,78	1,42	34,12	0,491	247,26
168	31/03/00	57,66	3,00.10 ⁻⁴	68,26	35,31	1,93	35,27	1,121	3496,39
169	07/04/00	14,55	2,60.10 ⁻⁴	33,62	32,27	1,04	32,77	0,050	61,05
170	14/04/00	12,12	2,30.10 ⁻⁴	29,74	31,75	0,94	32,20	0,005	52,777
171	19/04/00	11,24	2,50.10 ⁻⁴	29,01	31,61	0,92	31,99	0,012	19,28

Tabela 5.5.1: Análise granulométrica do material do leito e dos sólidos transportados em suspensão da seção transversal em estudo (Posto Sousas/Campinas/SP)

Nº	DATA	Granulometria do material do leito em (mm)							dm suspensão
		d ₁₀	d ₁₆	d ₃₅	d ₅₀	d ₆₅	d ₈₄	d ₉₀	
01	26/03/93	0,15	0,18	0,34	0,64	0,97	1,56	1,86	0,050
02	06/04/93	0,19	0,24	0,37	0,54	0,88	2,77	3,82	0,013
03	20/04/93	0,24	0,29	0,48	0,68	1,04	2,96	4,11	0,018
04	04/05/93	0,22	0,27	0,53	0,86	1,37	3,24	4,22	0,013
05	18/05/93	0,24	0,28	0,40	0,51	0,64	0,97	1,23	0,028
06	01/06/93	0,33	0,40	0,71	1,02	1,47	2,50	3,13	0,018
07	08/06/93	0,27	0,32	0,45	0,57	0,73	1,13	1,42	0,018
08	15/06/93	0,29	0,34	0,50	0,64	0,83	1,44	3,78	0,023
09	22/06/93	0,36	0,44	0,69	0,97	1,50	4,47	4,94	0,020
10	29/06/93	0,32	0,37	0,52	0,66	0,85	1,40	2,00	0,020
11	06/07/93	0,30	0,36	0,56	0,78	1,22	4,10	4,75	0,012
12	21/07/93	0,30	0,36	0,56	0,77	1,09	3,33	4,50	0,012
13	03/08/93	0,27	0,32	0,48	0,63	0,87	3,90	4,70	0,012
14	17/08/93	0,27	0,32	0,47	0,64	0,92	2,30	4,02	0,019
15	31/08/93	0,28	0,32	0,49	0,66	0,95	2,17	3,16	0,012
16	21/09/93	0,24	0,27	0,37	0,47	0,61	1,00	1,45	0,013
17	28/09/93	0,31	0,37	0,51	0,63	0,80	1,29	1,77	0,025
18	05/10/93	0,28	0,34	0,51	0,69	0,97	4,77	5,11	0,025
19	21/10/93	0,31	0,37	0,55	0,71	0,96	3,63	4,62	0,033
20	28/10/93	0,29	0,35	0,50	0,63	0,80	1,24	1,64	0,023
21	04/11/93	0,34	0,44	0,84	1,26	2,14	4,52	4,96	0,019
22	09/11/93	0,30	0,39	0,75	1,15	1,87	4,27	4,82	0,058
23	20/12/93	0,30	0,36	0,51	0,63	0,81	1,26	1,71	0,017
24	10/02/94	0,27	0,32	0,47	0,59	0,74	1,11	1,37	0,012
25	29/03/94	0,25	0,30	0,44	0,56	0,73	1,18	1,66	0,018
26	19/04/94	0,24	0,29	0,42	0,55	0,74	1,34	2,26	0,031
27	06/05/94	0,23	0,28	0,42	0,54	0,71	1,20	4,43	0,030
28	20/05/94	0,25	0,29	0,41	0,52	0,65	0,95	1,20	0,027
29	17/06/94	0,24	0,28	0,39	0,48	0,59	0,83	1,00	0,026
30	01/07/94	0,27	0,31	0,43	0,53	0,65	0,89	1,05	0,025
31	15/07/94	0,23	0,27	0,37	0,47	0,60	0,89	1,10	0,028
32	29/07/94	0,28	0,34	0,50	0,65	0,87	1,66	2,30	0,025
33	12/08/94	0,28	0,32	0,45	0,57	0,73	1,23	2,18	0,034
34	26/08/94	0,27	0,30	0,41	0,51	0,63	0,88	1,05	0,034
35	08/09/94	0,28	0,32	0,44	0,54	0,68	1,00	1,27	0,013
36	22/09/94	0,21	0,25	0,36	0,45	0,58	0,89	1,10	0,031
37	06/10/94	0,27	0,32	0,45	0,57	0,74	1,18	1,52	0,023
38	27/10/94	0,26	0,33	0,53	0,73	1,01	1,79	3,15	0,025
39	23/11/94	0,30	0,34	0,48	0,60	0,75	1,14	1,45	0,015
40	22/12/94	0,32	0,37	0,55	0,71	0,95	1,60	2,51	0,028
41	05/01/95	0,28	0,32	0,45	0,57	0,72	1,08	1,36	0,025
42	19/01/95	0,22	0,27	0,41	0,57	0,90	4,17	4,79	0,015
43	26/01/95	0,29	0,34	0,46	0,57	0,70	1,02	1,28	0,023

Tabela 5.5.2: Análise granulométrica do material do leito e dos sólidos transportados em suspensão da seção transversal em estudo (Posto Sousas/Campinas/SP)

Nº	DATA	Granulometria do material do leito em (mm)							dm suspense
		d ₁₀	d ₁₆	d ₃₅	d ₅₀	d ₆₅	d ₈₄	d ₉₀	
44	09/02/95	0,17	0,25	0,55	0,82	1,25	4,84	5,15	0,023
45	16/02/95	0,21	0,26	0,41	0,59	0,88	1,79	2,70	0,018
46	08/03/95	0,18	0,20	0,30	0,41	0,60	1,20	1,85	0,023
47	24/03/95	0,17	0,21	0,39	0,65	1,14	2,97	4,03	0,018
48	07/04/95	0,15	0,17	0,21	0,25	0,33	0,72	1,10	0,012
49	28/04/95	0,15	0,17	0,21	0,24	0,32	0,91	1,44	0,024
50	12/05/95	0,16	0,17	0,23	0,32	0,65	1,55	2,79	0,026
51	09/06/95	0,17	0,19	0,25	0,33	0,49	1,09	1,58	0,022
52	23/06/95	0,17	0,19	0,28	0,50	0,90	2,04	2,86	0,020
53	05/07/95	0,16	0,18	0,26	0,37	0,53	0,91	1,23	0,019
54	12/07/95	0,14	0,15	0,18	0,20	0,23	0,50	0,92	0,020
55	19/07/95	0,14	0,16	0,20	0,24	0,30	0,60	0,85	0,024
56	26/07/95	0,16	0,17	0,23	0,35	0,66	1,39	1,93	0,036
57	10/08/95	0,17	0,19	0,25	0,32	0,42	0,71	0,95	0,023
58	31/08/95	0,14	0,16	0,19	0,23	0,28	1,46	4,69	0,045
59	21/09/95	0,16	0,18	0,23	0,29	0,39	0,75	1,14	0,022
60	28/09/95	0,17	0,19	0,27	0,40	0,75	1,66	2,50	0,037
61	05/10/95	0,17	0,19	0,27	0,36	0,57	1,24	1,64	0,030
62	19/10/95	0,18	0,21	0,37	0,82	1,56	3,06	3,79	0,026
63	23/11/95	0,16	0,19	0,31	0,52	0,81	1,37	1,66	0,022
64	07/12/95	0,15	0,18	0,34	0,63	0,97	1,56	1,86	0,019
65	10/01/96	0,17	0,19	0,26	0,38	0,60	1,18	1,75	0,016
66	31/01/96	0,17	0,18	0,22	0,26	0,31	0,41	0,47	0,026
67	07/02/96	0,17	0,19	0,25	0,32	0,44	1,19	1,68	0,022
68	06/03/96	0,17	0,18	0,23	0,27	0,32	0,43	0,56	0,012
69	20/03/96	0,17	0,19	0,25	0,30	0,36	0,57	1,69	0,012
70	03/04/96	0,23	0,26	0,34	0,43	0,62	1,41	2,05	0,011
71	16/04/96	0,23	0,25	0,31	0,37	0,44	0,74	1,18	0,010
72	15/05/96	0,23	0,26	0,35	0,44	0,64	1,50	2,20	0,011
73	22/05/96	0,19	0,23	0,32	0,41	0,61	1,63	3,00	0,012
74	19/06/96	0,24	0,27	0,35	0,42	0,55	0,99	1,36	0,010
75	03/06/96	0,20	0,25	0,40	0,64	1,10	2,52	3,77	0,010
76	17/07/96	0,17	0,21	0,32	0,46	0,86	2,82	4,09	0,012
77	31/07/96	0,22	0,27	0,41	0,56	0,80	1,34	1,66	0,009
78	07/08/96	0,18	0,22	0,33	0,45	0,75	1,98	3,05	0,010
79	14/08/96	0,19	0,23	0,36	0,54	1,00	2,70	3,73	0,015
80	21/08/96	0,21	0,24	0,36	0,50	0,92	3,27	4,35	0,010
81	28/08/96	0,19	0,23	0,35	0,52	1,07	3,85	4,63	0,009
82	04/09/96	0,23	0,27	0,38	0,53	0,88	1,95	2,89	0,013
83	11/09/96	0,23	0,27	0,40	0,64	1,29	4,19	4,79	0,015
84	02/10/96	0,21	0,24	0,33	0,42	0,74	1,82	2,37	0,010
85	16/10/96	0,23	0,27	0,39	0,67	1,65	4,07	4,69	0,013
86	06/11/96	0,21	0,24	0,33	0,42	0,74	3,00	4,16	0,012
87	20/11/96	0,21	0,25	0,35	0,50	1,10	3,50	4,40	0,011

Tabela 5.5.3: Análise granulométrica do material do leito e dos sólidos transportados em suspensão da seção transversal em estudo (Posto Sousas/Campinas/SP)

Nº	DATA	Granulometria do material do leito em (mm)							dm suspensão
		d ₁₀	d ₁₆	d ₃₅	d ₅₀	d ₆₅	d ₈₄	d ₉₀	
88	06/12/96	0,21	0,24	0,31	0,38	0,48	0,93	1,40	0,009
89	09/01/97	0,19	0,22	0,31	0,38	0,50	0,83	1,11	0,009
90	22/01/97	0,20	0,23	0,31	0,37	0,46	0,77	1,10	0,026
91	03/02/97	0,22	0,24	0,30	0,36	0,42	0,65	0,98	0,022
92	12/03/97	0,23	0,25	0,33	0,39	0,49	0,82	1,10	0,021
93	26/03/97	0,23	0,26	0,34	0,40	0,51	0,80	1,03	0,015
94	16/04/97	0,23	0,25	0,33	0,40	0,51	0,88	1,16	0,016
95	14/05/97	0,20	0,23	0,32	0,39	0,51	0,84	1,18	0,016
96	04/06/97	0,15	0,20	0,40	0,75	1,48	4,44	4,92	0,036
97	02/07/97	0,21	0,28	0,55	0,89	1,41	3,49	4,40	0,017
98	12/08/97	0,22	0,29	0,55	0,89	1,41	4,00	4,70	0,030
99	26/08/97	0,15	0,22	0,43	0,65	0,98	1,84	2,46	0,014
100	09/09/97	0,16	0,21	0,39	0,58	0,88	1,63	2,25	0,013
101	23/09/97	0,14	0,16	0,23	0,30	0,40	0,96	4,37	0,016
102	07/10/97	0,15	0,18	0,25	0,32	0,42	0,67	0,85	0,012
103	21/10/97	0,15	0,17	0,26	0,34	0,47	0,83	1,09	0,017
104	04/11/97	0,15	0,18	0,29	0,41	0,59	1,08	1,44	0,008
105	02/12/97	0,16	0,19	0,25	0,32	0,43	0,96	1,62	0,018
106	16/12/97	0,17	0,19	0,24	0,29	0,35	0,50	0,63	0,011
107	13/01/98	0,19	0,21	0,27	0,32	0,37	0,50	0,59	0,014
108	27/01/98	0,16	0,18	0,24	0,29	0,35	0,51	0,67	0,033
109	11/02/98	0,21	0,26	0,41	0,62	0,98	1,78	2,30	0,010
110	26/02/98	0,25	0,31	0,50	0,71	1,02	1,80	2,36	0,036
111	11/03/98	0,22	0,26	0,41	0,64	1,02	1,94	2,59	0,028
112	25/03/98	0,20	0,23	0,31	0,38	0,48	0,75	0,93	0,012
113	08/04/98	0,22	0,25	0,35	0,44	0,57	0,93	1,22	0,017
114	22/04/98	0,22	0,26	0,36	0,46	0,63	1,18	1,86	0,020
115	06/05/98	0,19	0,23	0,32	0,40	0,52	0,81	1,00	0,015
116	21/05/98	0,21	0,24	0,32	0,38	0,48	0,74	0,94	0,037
117	03/06/98	0,18	0,21	0,30	0,39	0,51	0,91	1,20	0,019
118	17/06/98	0,18	0,22	0,34	0,47	0,73	1,82	3,21	0,011
119	15/07/98	0,20	0,25	0,44	0,79	1,38	3,00	3,88	0,016
120	29/07/98	0,21	0,28	0,56	0,92	1,52	3,03	3,85	0,019
121	12/08/98	0,21	0,27	0,48	0,73	1,13	2,32	3,55	0,014
122	25/08/98	0,20	0,24	0,37	0,59	1,13	2,60	3,75	0,017
123	02/09/98	0,21	0,26	0,48	0,86	1,43	3,13	4,06	0,007
124	16/09/98	0,21	0,29	0,54	0,77	1,08	1,81	2,88	0,016
125	30/09/98	0,23	0,30	0,68	1,18	1,84	3,41	4,16	0,013
126	14/10/98	0,30	0,38	0,66	0,95	1,33	2,27	2,95	0,011
127	28/10/98	0,25	0,29	0,48	0,68	0,98	1,92	2,83	0,007
128	11/11/98	0,22	0,28	0,54	0,85	1,32	2,63	3,56	0,020
129	25/11/98	0,23	0,26	0,37	0,50	0,75	1,47	1,97	0,014
130	09/12/98	0,34	0,40	0,63	0,83	1,08	1,58	1,85	0,029
131	22/12/98	0,15	0,21	0,29	0,36	0,44	0,66	0,84	0,028

Tabela 5.5.4: Análise granulométrica do material do leito e dos sólidos transportados em suspensão da seção transversal em estudo (Posto Sousas/Campinas/SP)

Nº	DATA	Granulometria do material do leito em (mm)							dm suspenso
		d ₁₀	d ₁₆	d ₃₅	d ₅₀	d ₆₅	d ₈₄	d ₉₀	
132	06/01/99	0,11	0,13	0,17	0,20	0,23	0,30	0,34	0,031
133	21/01/99	0,14	0,15	0,18	0,20	0,23	0,29	0,33	0,032
134	28/01/99	0,15	0,16	0,19	0,22	0,25	0,32	0,38	0,025
135	03/02/99	0,15	0,16	0,18	0,20	0,22	0,26	0,28	0,029
136	11/02/99	0,16	0,17	0,19	0,22	0,25	0,31	0,35	0,031
137	25/02/99	0,30	0,39	0,77	1,12	1,59	2,85	3,73	0,025
138	11/03/99	0,16	0,17	0,21	0,24	0,28	0,36	0,40	0,025
139	25/03/99	0,16	0,17	0,21	0,25	0,30	0,40	0,48	0,029
140	15/04/99	0,14	0,16	0,20	0,23	0,28	0,39	0,47	0,039
141	29/04/99	0,15	0,17	0,23	0,29	0,38	0,60	0,78	0,025
142	13/05/99	0,12	0,14	0,17	0,20	0,23	0,31	0,37	0,032
143	09/06/99	0,18	0,20	0,70	1,50	2,22	4,13	5,12	0,024
144	22/07/99	0,16	0,19	0,29	0,42	0,80	2,22	3,26	0,028
145	05/08/99	0,16	0,19	0,30	0,45	1,00	2,70	3,82	0,022
146	19/08/99	0,12	0,15	0,23	0,31	0,42	0,97	1,34	0,024
147	02/09/99	0,20	0,25	0,57	1,36	2,44	4,74	5,03	0,026
148	15/09/99	0,16	0,21	0,40	0,85	1,37	2,52	3,27	0,027
149	30/09/99	0,10	0,13	0,19	0,25	0,34	0,94	1,64	0,029
150	14/10/99	0,09	0,12	0,18	0,23	0,31	1,01	2,43	0,027
151	28/10/99	0,13	0,16	0,24	0,35	0,59	2,40	3,70	0,017
152	11/11/99	0,10	0,12	0,17	0,21	0,25	0,38	0,48	0,029
153	25/11/99	0,11	0,13	0,19	0,23	0,30	0,84	1,83	0,025
154	09/12/99	0,23	0,29	0,71	1,33	2,13	3,76	4,50	0,024
155	23/12/99	0,20	0,23	0,36	0,53	1,00	2,73	3,98	0,020
156	06/01/00	0,08	0,09	0,16	0,22	0,43	2,14	4,06	0,019
157	13/01/00	0,18	0,20	0,29	0,39	0,80	1,07	2,06	0,023
158	20/01/00	0,20	0,23	0,39	0,73	1,42	4,07	6,23	0,024
159	27/01/00	0,12	0,15	0,23	0,34	0,60	4,67	0,03	0,036
160	03/02/00	0,15	0,16	0,21	0,25	0,32	2,76	0,01	0,022
161	09/02/00	0,16	0,18	0,23	0,27	0,33	0,49	0,64	0,024
162	18/02/00	0,15	0,16	0,20	0,24	0,29	0,43	1,35	0,028
163	24/02/00	0,10	0,12	0,16	0,19	0,23	0,33	0,39	0,035
164	03/03/00	0,17	0,19	0,26	0,32	0,42	1,31	2,08	0,028
165	10/03/00	0,08	0,10	0,15	0,18	0,22	0,30	0,37	0,011
166	17/03/00	0,14	0,15	0,19	0,23	0,29	1,19	3,53	0,024
167	24/03/00	0,20	0,24	0,35	0,50	0,84	1,98	2,85	0,038
168	31/03/00	0,22	0,25	0,35	0,44	0,63	1,25	1,65	0,044
169	07/04/00	0,13	0,15	0,22	0,29	0,41	1,84	5,64	0,031
170	14/04/00	0,14	0,19	0,32	0,46	0,76	1,66	2,45	0,038
171	19/04/00	0,16	0,19	0,37	0,92	1,76	4,00	5,26	0,033

Tabela 5.6.1: Descargas solidas medida, descargas totais do leito segundo o método de Laursen (1958) e valores de descarga de lavagem (Posto Sousas/Campinas/ SP)

Nº	DATA	Q (m ³ /s)	G _{sa} (ton/dia)	G _{ss} (ton/dia)	G _{total medido} (ton/dia)	G _{Laursen} (ton/dia)	G _{lavagem} (ton/dia)
1	26/03/93	31,69	0,141	301,57	301,711	160,552	141,159
2	06/04/96	21,73	0,038	103,69	103,728	38,576	65,152
3	20/04/93	16,78	0,045	151,23	151,275	12,928	138,347
4	04/05/93	22,67	0,045	212,57	212,615	52,861	159,754
5	18/05/93	13,12	0,024	27,54	27,564	3,328	24,236
6	01/06/93	40,92	0,190	541,01	541,200	138,387	402,813
7	08/06/93	23,1v1	0,026	81,61	81,636	45,653	35,983
8	15/06/93	17,03	0,008	36,29	36,298	17,874	18,424
9	22/06/93	16,91	0,008	30,77	30,778	5,249	25,529
10	29/06/93	9,48	0,007	14,92	14,927	0,000	14,927
11	06/07/93	8,26	0,002	12,23	12,232	0,000	12,232
12	21/07/93	7,03	0,006	11,43	11,436	0,000	11,436
13	03/08/93	3,74	0,002	4,63	4,632	0,000	4,632
14	17/08/93	5,93	0,002	7,39	7,392	0,000	7,392
15	31/08/93	6,13	0,002	8,58	8,582	0,000	8,582
16	21/09/93	10,95	0,006	26,69	26,696	0,000	26,696
17	28/09/93	38,11	0,384	431,23	431,614	168,517	263,097
18	05/10/93	14,02	0,006	113,15	113,156	5,671	107,485
19	21/10/93	22,83	0,023	174,26	174,283	52,822	121,461
20	28/10/93	28,94	0,037	408,3	408,337	92,126	316,211
21	04/11/93	7,25	0,003	22,51	22,513	0,000	22,513
22	09/11/93	9,90	0,005	29,76	29,765	0,000	29,765
23	20/12/93	21,41	0,080	168,22	168,300	38,086	130,214
24	10/02/93	52,61	0,332	530,27	530,602	217,876	312,726
25	29/03/94	37,70	0,027	228,66	228,687	72,532	156,155
26	19/04/94	20,09	0,022	68,25	68,272	5,993	62,279
27	06/05/94	12,10	0,012	25,17	25,182	0,000	25,182
28	20/05/94	12,58	0,012	26,27	26,282	0,000	26,282
29	17/06/94	12,82	0,005	10,59	10,595	0,000	10,595
30	01/07/94	13,71	0,006	10,80	10,806	0,000	10,806
31	15/07/94	10,56	0,051	26,35	26,401	0,000	26,401
32	29/07/94	13,98	0,010	45,26	45,270	0,000	45,270
33	12/08/94	6,91	0,011	5,88	5,891	0,000	5,891
34	26/08/94	9,44	0,002	11,84	11,842	0,000	11,842
35	08/09/94	10,93	0,004	25,42	25,424	0,000	25,424
36	22/09/94	14,32	0,002	23,66	23,662	0,000	23,662
37	06/10/94	9,67	0,002	14,96	14,962	0,000	14,962
38	27/10/94	28,50	0,424	218,31	218,734	17,722	201,012
39	23/11/94	11,00	0,004	33,80	33,804	0,000	33,804
40	22/12/94	70,64	0,218	4148,78	4148,998	127,853	4021,145
41	05/01/95	56,36	0,523	880,96	881,483	163,051	718,432
42	19/01/95	19,98	0,015	68,08	68,095	2,933	65,162
43	26/01/95	17,01	0,036	56,93	56,966	0,000	56,966
44	09/02/95	159,81	3,097	3371,61	3374,707	1121,354	2253,353
45	16/02/95	68,21	0,485	448,69	449,175	304,628	144,547

Tabela 5.6.2: Descargas sólidas medida, descargas totais do leito segundo o método de Laursen (1958) e valores de descarga de lavagem (Posto Sousas/ Campinas/ SP)

Nº	DATA	Q (m ³ /s)	G _{sa} (ton/dia)	G _{ss} (ton/dia)	G _{total medido} (ton/dia)	G _{Laursen} (ton/dia)	G _{lavagem} (ton/dia)
46	08/03/95	31,34	0,396	141,31	141,706	43,474	98,232
47	24/03/95	64,81	1,721	8337,34	8339,061	400,456	7938,605
48	07/04/95	47,36	0,171	373,80	373,971	266,209	107,762
49	28/04/95	29,99	0,081	93,42	93,501	74,778	18,723
50	12/05/95	37,76	0,468	182,66	183,128	140,809	42,319
51	09/06/95	20,51	0,023	33,43	33,453	0,000	33,453
52	23/06/95	20,50	0,018	35,87	35,888	6,062	29,826
53	05/07/95	16,29	0,051	20,75	20,801	7,338	13,463
54	12/07/95	45,94	4,163	307,08	311,243	441,207	-129,964
55	19/7/95	22,54	0,016	47,27	47,286	36,257	11,029
56	26/07/95	26,29	0,118	101,72	101,838	40,244	61,594
57	10/08/95	14,71	0,012	16,90	16,912	1,029	15,883
58	31/08/95	10,61	0,002	9,88	9,882	0,000	9,882
59	21/09/95	21,80	0,031	50,55	50,581	71,784	-21,203
60	28/09/95	23,78	0,249	72,23	72,479	15,769	56,710
61	05/10/95	13,59	0,002	16,93	16,932	0,000	16,932
62	19/10/95	48,82	0,205	370,01	370,215	155,496	214,719
63	23/11/95	15,11	0,006	25,51	25,516	0,000	25,516
64	07/12/95	9,25	0,002	12,60	12,602	0,000	12,602
65	10/01/96	106,31	5,141	1869,30	1874,441	1040,872	833,569
66	31/01/96	22,38	0,019	66,26	66,279	9,920	56,359
67	07/02/96	39,74	0,238	246,43	246,668	54,147	192,521
68	06/03/96	60,16	3,542	517,94	521,482	247,152	274,330
69	20/03/96	111,45	1,150	1721,13	1722,280	1246,990	475,290
70	03/04/96	35,03	0,133	202,66	202,793	103,165	99,628
71	16/04/96	32,34	0,051	1983,98	1984,031	21,123	1962,908
72	15/05/96	25,67	0,246	48,88	49,126	0,679	48,447
73	22/05/96	22,58	0,008	30,34	30,348	4,176	26,172
74	19/06/96	13,76	0,012	15,30	15,312	0,000	15,312
75	03/06/96	16,83	0,023	28,51	28,533	0,000	28,533
76	17/07/96	12,79	0,004	13,04	13,044	0,000	13,044
77	31/07/96	12,23	0,005	11,46	11,465	0,000	11,465
78	07/08/96	12,60	0,004	11,19	11,194	0,000	11,194
79	14/08/96	14,24	0,005	22,04	22,045	0,000	22,045
80	21/08/96	15,09	0,005	20,69	20,695	0,000	20,695
81	28/08/96	12,25	0,003	11,92	11,923	0,000	11,923
82	04/09/96	24,13	0,036	89,85	89,886	0,000	89,886
83	11/09/96	78,24	3,697	1586,68	1590,377	338,119	1252,258
84	02/10/96	17,00	0,006	24,84	24,846	0,000	24,846
85	16/10/96	28,70	0,250	151,54	151,790	0,000	151,790
86	06/11/96	32,10	0,320	350,31	350,630	9,997	340,633
87	20/11/96	27,90	0,034	315,61	315,644	0,000	315,644
88	06/12/96	24,36	4,340	152,59	156,930	11,415	145,515
89	09/01/97	28,58	0,033	228,09	228,12	28,457	199,666
90	22/01/97	41,34	0,146	388,86	389,01	101,226	287,780

Tabela 5.6.3: Descargas sólidas medida, descargas totais do leito segundo o método de Laursen (1958) e valores de descarga de lavagem (Posto Sousas/ Campinas/ SP)

Nº	DATA	Q (m ³ /s)	G _{sa} (ton/dia)	G _{ss} (ton/dia)	G total medido (ton/dia)	G Laursen (ton/dia)	G lavagem (ton/dia)
91	03/02/97	104,46	21,99	1204,00	1225,99	672,125	589,865
92	12/03/97	25,44	1,01	118,63	119,64	23,059	96,581
93	26/03/97	18,42	0,16	48,84	49,00	4,907	44,093
94	16/04/97	14,59	0,032	24,82	24,85	0,000	24,852
95	14/05/97	11,30	0,104	16,29	16,39	0,000	16,394
96	04/06/97	15,35	0,006	32,42	32,43	0,000	32,426
97	02/07/97	14,99	0,005	41,54	41,55	0,000	41,545
98	12/08/97	16,38	0,003	77,64	77,64	0,000	77,643
99	26/08/97	19,34	0,0054	28,46	28,47	17,077	11,388
100	09/09/97	9,16	0,0024	14,49	14,49	0,000	14,492
101	23/09/97	17,79	0,0128	47,09	47,10	85,131	-38,028
102	07/10/97	16,42	0,0134	60,37	60,38	14,658	45,725
103	21/10/97	19,54	0,0141	55,72	55,73	8,559	47,175
104	04/11/97	14,40	0,0029	35,57	35,57	3,768	31,805
105	02/12/97	22,51	0,439	67,62	68,06	26,432	41,627
106	16/12/97	41,24	5,77	407,88	413,65	168,226	245,424
107	13/01/98	42,74	0,107	731,35	731,46	220,557	510,900
108	27/01/98	21,94	0,0098	87,79	87,80	23,433	64,367
109	11/02/98	54,61	1,66	643,91	645,57	196,615	448,955
110	26/02/98	69,92	1,06	1776,12	1777,18	231,008	1546,172
111	11/03/98	32,01	1,60	235,16	236,76	32,517	204,243
112	25/03/98	42,21	0,31	398,43	398,74	125,286	273,454
113	08/04/98	18,31	0,034	41,16	41,19	9,603	31,591
114	22/04/98	17,93	0,0043	49,02	49,02	0,000	49,024
115	06/05/98	56,68	0,165	653,00	653,17	231,680	421,485
116	21/05/98	16,46	0,0051	27,04	27,05	0,000	27,045
117	03/06/98	20,11	0,0159	51,38	51,40	20,857	30,539
118	17/06/98	14,17	0,000	23,78	23,78	0,000	23,780
119	15/07/98	15,58	0,005	20,42	20,43	0,000	20,425
120	29/07/98	11,60	0,0024	8,81	8,81	0,000	8,812
121	12/08/98	12,96	0,0034	11,08	11,08	0,000	11,083
122	25/08/98	8,72	0,000	11,77	11,77	0,000	11,770
123	02/09/98	15,34	0,000	24,23	24,23	0,000	24,230
124	16/09/98	12,00	0,006	17,55	17,56	0,000	17,556
125	30/09/98	15,22	0,004	15,74	15,74	0,000	15,744
126	14/10/98	30,02	0,0235	173,78	173,80	43,943	129,861
127	28/10/98	21,36	0,0103	55,75	55,76	33,277	22,483
128	11/11/98	11,59	0,000	24,25	24,25	0,000	24,250
129	25/11/98	11,51	0,000	29,56	29,56	0,000	29,560
130	09/12/98	24,34	0,000	112,51	112,51	29,856	82,654
131	22/12/98	22,01	0,000	342,83	342,83	32,952	309,878
132	06/01/99	48,65	1,478	1336,12	1337,60	464,157	873,441
133	21/01/99	70,39	3,703	515,67	519,37	941,405	-422,032
134	28/01/99	98,49	0,000	2156,83	2156,83	1515,331	641,499
135	03/02/99	55,26	2,820	549,97	552,79	614,740	-61,950

Tabela 5.6.4: Descargas solidas medida, descargas totais do leito segundo o método de Laursen (1958) e valores de descarga de lavagem (Posto Sousas/ Campinas/ SP)

Nº	DATA	Q (m ³ /s)	G _{sa} (ton/dia)	G _{ss} (ton/dia)	G total medido (ton/dia)	G Laursen (ton/dia)	G lavagem (ton/dia)
136	11/02/99	69,25	3,047	537,35	540,397	874,752	-334,355
137	25/02/99	70,42	5,114	767,71	772,824	291,545	481,279
138	11/03/99	68,53	1,803	3857,23	3859,033	684,480	3174,553
139	25/03/99	66,09	3,640	1346,23	1349,87	856,308	493,562
140	15/04/99	23,75	0,020	139,89	139,91	149,254	-9,344
141	29/04/99	16,54	0,013	475,32	475,333	105,307	370,026
142	13/05/99	20,69	0,023	56,40	56,423	184,080	-127,657
143	09/06/99	39,12	0,003	20,09	20,0930	35,343	7,277
144	22/07/99	14,45	0,003	20,09	20,093	45,014	-24,921
145	05/08/99	12,64	0,002	12,16	12,162	21,800	-9,638
146	19/08/99	13,18	0,004	43,28	43,284	54,482	-11,198
147	02/09/99	10,02	0,000	15,54	15,54	1,742	13,798
148	15/09/99	19,51	0,343	28,80	29,143	74,852	-45,709
149	30/09/99	8,25	0,001	14,61	14,611	8,555	6,056
150	14/10/99	10,41	0,003	18,82	18,823	36,678	-17,855
151	28/10/99	14,18	0,027	31,00	31,027	52,897	-21,870
152	11/11/99	11,74	0,028	11,80	39,8	58,738	-18,938
153	25/11/99	22,41	0,089	82,29	82,379	206,226	-123,847
154	09/12/99	22,85	0,036	430,44	430,476	72,303	358,173
155	23/12/99	5,33	0,003	14,70	14,703	0,000	14,703
156	06/01/00	83,20	0,214	1721,43	1721,644	4019,780	-2298,136
157	13/01/00	17,56	0,313	58,94	59,253	29,623	29,630
158	20/01/00	18,52	0,041	48,13	48,171	28,575	19,596
159	27/01/00	22,03	0,090	130,72	130,81	206,915	-76,105
160	03/02/00	31,18	0,553	319,85	320,403	520,350	-199,947
161	09/02/00	19,99	0,487	87,00	87,487	64,562	22,925
162	18/02/00	41,30	0,447	235,40	235,847	583,748	-347,901
163	24/02/00	28,13	0,603	147,21	147,813	191,758	-43,945
164	03/03/00	26,11	0,219	122,13	122,349	257,929	-135,580
165	10/03/00	19,40	0,040	72,31	72,35	370,055	-297,705
166	17/03/00	22,24	0,218	109,53	109,748	389,662	-279,914
167	24/03/00	33,55	0,491	247,26	247,751	157,716	90,035
168	31/03/00	57,66	1,121	3496,39	3497,511	382,014	3115,497
169	07/04/00	14,55	0,050	61,05	61,1	86,982	-25,882
170	14/04/00	12,12	0,005	52,777	52,782	53,994	-1,212
171	19/04/00	11,24	0,012	19,28	19,292	35,049	-15,757

Tabela 5.7.1: Descargas sólidas medida, descargas totais do leito segundo o método de Bishop, Simons e Richardson (1965) e valores de descarga de lavagem (Posto Sousas/Campinas/SP)

Nº	DATA	Q (m ³ / s)	G _{sa} (ton/dia)	G _{ss} (ton/dia)	G total medido (ton/dia)	G Bishop, Simons, Richardson (ton/dia)	G lavagem (ton/dia)
1	26/03/93	31,69	0,141	301,57	301,711	542,885	-241,174
2	06/04/96	21,73	0,038	103,69	103,728	150,183	-46,455
3	20/04/93	16,78	0,045	151,23	151,275	34,379	116,896
4	04/05/93	22,67	0,045	212,57	212,615	131,667	80,948
5	18/05/93	13,12	0,024	27,54	27,564	8,592	18,972
6	01/06/93	40,92	0,190	541,01	541,200	425,706	115,494
7	08/06/93	23,11	0,026	81,61	81,636	85,512	-3,876
8	15/06/93	17,03	0,008	36,29	36,298	26,853	9,445
9	22/06/93	16,91	0,008	30,77	30,778	23,472	7,306
10	29/06/93	9,48	0,007	14,92	14,927	0,315	14,612
11	06/07/93	8,26	0,002	12,23	12,232	0,286	11,946
12	21/07/93	7,03	0,006	11,43	11,436	0,099	11,337
13	03/08/93	3,74	0,002	4,63	4,632	0,000	4,632
14	17/08/93	5,93	0,002	7,39	7,392	0,001	7,391
15	31/08/93	6,13	0,002	8,58	8,582	0,000	8,582
16	21/09/93	10,95	0,006	26,69	26,696	3,221	23,475
17	28/09/93	38,11	0,384	431,23	431,614	330,925	100,689
18	05/10/93	14,02	0,006	113,15	113,156	11,323	101,833
19	21/10/93	22,83	0,023	174,26	174,283	78,092	96,191
20	28/10/93	28,94	0,037	408,3	408,337	157,381	250,956
21	04/11/93	7,25	0,003	22,51	22,513	0,001	22,512
22	09/11/93	9,90	0,005	29,76	29,765	1,063	28,702
23	20/12/93	21,41	0,080	168,22	168,300	48,770	119,530
24	10/02/93	52,61	0,332	530,27	530,602	271,127	259,475
25	29/03/94	37,70	0,027	228,66	228,687	111,437	117,250
26	19/04/94	20,09	0,022	68,25	68,272	11,649	56,623
27	06/05/94	12,10	0,012	25,17	25,182	0,091	25,091
28	20/05/94	12,58	0,012	26,27	26,282	0,182	26,100
29	17/06/94	12,82	0,005	10,59	10,595	0,123	10,472
30	01/07/94	13,71	0,006	10,80	10,806	0,195	10,611
31	15/07/94	10,56	0,051	26,35	26,401	0,017	26,384
32	29/07/94	13,98	0,010	45,26	45,270	0,217	45,053
33	12/08/94	6,91	0,011	5,88	5,891	0,000	5,891
34	26/08/94	9,44	0,002	11,84	11,842	0,001	11,841
35	08/09/94	10,93	0,004	25,42	25,424	0,007	25,417
36	22/09/94	14,32	0,002	23,66	23,662	0,176	23,486
37	06/10/94	9,67	0,002	14,96	14,962	0,002	14,960
38	27/10/94	28,50	0,424	218,31	218,734	21,502	197,232
39	23/11/94	11,00	0,004	33,80	33,804	0,000	33,804
40	22/12/94	70,64	0,218	4148,78	4148,998	321,265	3827,733
41	05/01/95	56,36	0,523	880,96	881,483	268,302	613,181
42	19/01/95	19,98	0,015	68,08	68,095	15,854	52,241

Tabela 5.7.2: Descargas sólidas medida, descargas totais do leito segundo o método de Bishop, Simons e Richardson (1965) e valores de descarga de lavagem (Posto Sousas/Campinas/SP)

Nº	DATA	Q (m ³ /s)	G _{sa} (ton/dia)	G _{ss} (ton/dia)	G total medido (ton/dia)	G Bishop, Simons, Richardson (ton/dia)	G lavagem (ton/dia)
43	26/01/95	17,01	0,036	56,93	56,966	1,091	55,875
44	09/02/95	159,81	3,097	3371,61	3374,707	940,897	2433,810
45	16/02/95	68,21	0,485	448,69	449,175	670,803	-221,628
46	08/03/95	31,34	0,396	141,31	141,706	97,330	44,376
47	24/03/95	64,81	1,721	8337,34	8339,061	694,283	7644,778
48	07/04/95	47,36	0,171	373,80	373,971	229,032	144,939
49	28/04/95	29,99	0,081	93,42	93,501	72,959	20,542
50	12/05/95	37,76	0,468	182,66	183,128	245,326	-62,198
51	09/06/95	20,51	0,023	33,43	33,453	16,874	16,579
52	23/06/95	20,50	0,018	35,87	35,888	42,448	-6,560
53	05/07/95	16,29	0,051	20,75	20,801	13,001	7,800
54	12/07/95	45,94	4,163	307,08	311,243	157,924	153,319
55	19/7/95	22,54	0,016	47,27	47,286	33,802	13,484
56	26/07/95	26,29	0,118	101,72	101,838	101,494	0,344
57	10/08/95	14,71	0,012	16,90	16,912	4,561	12,351
58	31/08/95	10,61	0,002	9,88	9,882	0,658	9,224
59	21/09/95	21,80	0,031	50,55	50,581	67,346	-16,765
60	28/09/95	23,78	0,249	72,23	72,479	60,083	12,396
61	05/10/95	13,59	0,002	16,93	16,932	2,043	14,889
62	19/10/95	48,82	0,205	370,01	370,215	560,995	-190,780
63	23/11/95	15,11	0,006	25,51	25,516	7,468	18,048
64	07/12/95	9,25	0,002	12,60	12,602	0,046	12,556
65	10/01/96	106,31	5,141	1869,30	1874,441	1629,999	244,442
66	31/01/96	22,38	0,019	66,26	66,279	32,122	34,157
67	07/02/96	39,74	0,238	246,43	246,668	159,301	87,367
68	06/03/96	60,16	3,542	517,94	521,482	268,881	252,601
69	20/03/96	111,45	1,150	1721,13	1722,280	1250,791	471,489
70	03/04/96	35,03	0,133	202,66	202,793	115,274	87,519
71	16/04/96	32,34	0,051	1983,98	1984,031	65,598	1918,433
72	15/05/96	25,67	0,246	48,88	49,126	34,666	14,460
73	22/05/96	22,58	0,008	30,34	30,348	24,036	6,312
74	19/06/96	13,76	0,012	15,30	15,312	0,235	15,077
75	03/06/96	16,83	0,023	28,51	28,533	5,446	23,087
76	17/07/96	12,79	0,004	13,04	13,044	0,866	12,178
77	31/07/96	12,23	0,005	11,46	11,465	0,115	11,350
78	07/08/96	12,60	0,004	11,19	11,194	0,221	10,973
79	14/08/96	14,24	0,005	22,04	22,045	1,046	20,999
80	21/08/96	15,09	0,005	20,69	20,695	1,404	19,291
81	28/08/96	12,25	0,003	11,92	11,923	0,491	11,432
82	04/09/96	24,13	0,036	89,85	89,886	25,972	63,914
83	11/09/96	78,24	3,697	1586,68	1590,377	1001,981	588,396
84	02/10/96	17,00	0,006	24,84	24,846	6,078	18,768
85	16/10/96	28,70	0,250	151,54	151,790	131,901	19,889
86	06/11/96	32,10	0,320	350,31	350,630	86,133	264,497

Tabela 5.7.3: Descargas sólidas medida, descargas totais do leito segundo o método de Bishop, Simons e Richardson (1965) e valores de descarga de lavagem (Posto Sousas/Campinas/SP)

Nº	DATA	Q (m ³ /s)	G _{sa} (ton/dia)	G _{ss} (ton/dia)	G total medido (ton/dia)	G Bishop, Simons, Richardson (ton/dia)	G lavagem (ton/dia)
87	20/11/96	27,90	0,034	315,61	315,644	56,220	259,424
88	06/12/96	24,36	4,340	152,59	156,930	22,961	133,969
89	09/01/97	28,58	0,033	228,09	228,12	59,588	168,535
90	22/01/97	41,34	0,146	388,86	389,01	130,634	258,372
91	03/02/97	104,46	21,99	1204,00	1225,99	917,582	344,408
92	12/03/97	25,44	1,01	118,63	119,64	47,922	71,718
93	26/03/97	18,42	0,16	48,84	49,00	10,791	38,209
94	16/04/97	14,59	0,032	24,82	24,85	4,254	20,598
95	14/05/97	11,30	0,104	16,29	16,39	0,409	15,985
96	04/06/97	15,35	0,006	32,42	32,43	15,394	17,032
97	02/07/97	14,99	0,005	41,54	41,55	4,119	37,426
98	12/08/97	16,38	0,003	77,64	77,64	6,037	71,606
99	26/08/97	19,34	0,0054	28,46	28,47	20,327	8,138
100	09/09/97	9,16	0,0024	14,49	14,49	0,082	14,410
101	23/09/97	17,79	0,0128	47,09	47,10	80,598	-33,495
102	07/10/97	16,42	0,0134	60,37	60,38	13,034	47,349
103	21/10/97	19,54	0,0141	55,72	55,73	13,114	42,620
104	04/11/97	14,40	0,0029	35,57	35,57	6,756	28,817
105	02/12/97	22,51	0,439	67,62	68,06	41,308	26,751
106	16/12/97	41,24	5,77	407,88	413,65	207,307	206,343
107	13/01/98	42,74	0,107	731,35	731,46	232,333	499,124
108	27/01/98	21,94	0,0098	87,79	87,80	31,764	56,036
109	11/02/98	54,61	1,66	643,91	645,57	576,673	68,897
110	26/02/98	69,92	1,06	1776,12	1777,18	669,068	1108,112
111	11/03/98	32,01	1,60	235,16	236,76	178,740	58,020
112	25/03/98	42,21	0,31	398,43	398,74	206,802	191,938
113	08/04/98	18,31	0,034	41,16	41,19	15,205	25,989
114	22/04/98	17,93	0,0043	49,02	49,02	4,367	44,657
115	06/05/98	56,68	0,165	653,00	653,17	334,934	318,231
116	21/05/98	16,46	0,0051	27,04	27,05	7,130	19,915
117	03/06/98	20,11	0,0159	51,38	51,40	28,121	23,275
118	17/06/98	14,17	0,000	23,78	23,78	6,456	17,324
119	15/07/98	15,58	0,005	20,42	20,43	18,355	2,070
120	29/07/98	11,60	0,0024	8,81	8,81	1,820	6,992
121	12/08/98	12,96	0,0034	11,08	11,08	2,921	8,162
122	25/08/98	8,72	0,000	11,77	11,77	0,350	11,420
123	02/09/98	15,34	0,000	24,23	24,23	10,688	13,542
124	16/09/98	12,00	0,006	17,55	17,56	0,791	16,765
125	30/09/98	15,22	0,004	15,74	15,74	2,497	13,247
126	14/10/98	30,02	0,0235	173,78	173,80	127,965	45,839
127	28/10/98	21,36	0,0103	55,75	55,76	79,839	-24,079
128	11/11/98	11,59	0,000	24,25	24,25	7,175	17,075
129	25/11/98	11,51	0,000	29,56	29,56	11,292	18,268

Tabela 5.7.4: Descargas sólidas medida, descargas totais do leito segundo o método de Bishop, Simons e Richardson (1965) e valores de descarga de lavagem (Posto Sousas/ Campinas/ SP)

Nº	DATA	Q (m ³ /s)	G _{sa} (ton/dia)	G _{ss} (ton/dia)	G _{total medido} (ton/dia)	G _{Bishop, Simons, Richardson} (ton/dia)	G _{lavagem} (ton/dia)
130	09/12/98	24,34	0,000	112,51	112,51	66,570	45,940
131	22/12/98	22,01	0,000	342,83	342,83	89,036	253,794
132	06/01/99	48,65	1,478	1336,12	1337,60	245,803	1091,795
133	21/01/99	70,39	3,703	515,67	519,37	610,566	-91,193
134	28/01/99	98,49	0,000	2156,83	2156,83	1461,460	695,370
135	03/02/99	55,26	2,820	549,97	552,79	392,448	160,342
136	11/02/99	69,25	3,047	537,35	540,397	708,812	-168,415
137	25/02/99	70,42	5,114	767,71	772,824	733,013	39,811
138	11/03/99	68,53	1,803	3857,23	3859,033	563,116	3295,917
139	25/03/99	66,09	3,640	1346,23	1349,87	706,003	643,867
140	15/04/99	23,75	0,020	139,89	139,91	86,946	52,964
141	29/04/99	16,54	0,013	475,32	475,333	109,074	366,259
142	13/05/99	20,69	0,023	56,40	56,423	85,802	-29,379
143	09/06/99	18,06	0,010	42,61	42,62	210,124	-167,504
144	22/07/99	14,45	0,003	20,09	20,093	92,601	-72,508
145	05/08/99	12,64	0,002	12,16	12,162	70,264	-58,102
146	19/08/99	13,18	0,004	43,28	43,284	49,457	-6,173
147	02/09/99	10,02	0,000	15,54	15,54	8,789	6,751
148	15/09/99	19,51	0,343	28,80	29,143	225,275	-196,132
149	30/09/99	8,25	0,001	14,61	14,611	9,974	4,637
150	14/10/99	10,41	0,003	18,82	18,823	28,925	-10,102
151	28/10/99	14,18	0,027	31,00	31,027	83,931	-52,904
152	11/11/99	11,74	0,028	11,80	39,8	30,735	9,065
153	25/11/99	22,41	0,089	82,29	82,379	124,911	-42,532
154	09/12/99	22,85	0,036	430,44	430,476	421,237	9,239
155	23/12/99	5,33	0,003	14,70	14,703	4,033	10,670
156	06/01/00	83,20	0,214	1721,43	1721,644	0,000	1721,644
157	13/01/00	17,56	0,313	58,94	59,253	119,490	-60,237
158	20/01/00	18,52	0,041	48,13	48,171	247,180	-199,009
159	27/01/00	22,03	0,090	130,72	130,81	234,437	-103,627
160	03/02/00	31,18	0,553	319,85	320,403	304,253	16,150
161	09/02/00	19,99	0,487	87,00	87,487	91,455	-3,968
162	18/02/00	41,30	0,447	235,40	235,847	449,985	-214,138
163	24/02/00	28,13	0,603	147,21	147,813	145,248	2,565
164	03/03/00	26,11	0,219	122,13	122,349	305,983	-183,634
165	10/03/00	19,40	0,040	72,31	72,35	126,534	-54,184
166	17/03/00	22,24	0,218	109,53	109,748	200,273	-90,525
167	24/03/00	33,55	0,491	247,26	247,751	446,419	-198,668
168	31/03/00	57,66	1,121	3496,39	3497,511	715,044	2782,467
169	07/04/00	14,55	0,050	61,05	61,1	73,590	-12,490
170	14/04/00	12,12	0,005	52,777	52,782	64,823	-12,041
171	19/04/00	11,24	0,012	19,28	19,292	169,428	-150,136

Tabela 5.8.1: Descargas sólidas medida, descargas totais do leito segundo o método de Shen e Hung (1971) e valores de descarga de lavagem (Posto Sousas/ Campinas/SP)

Nº	DATA	Q (m ³ /s)	G _{sa} (ton/dia)	G _{ss} (ton/dia)	G _{total medido} (ton/dia)	G _{Shen e Hung} (ton/dia)	G _{lavagem} (ton/dia)
1	26/03/93	31,69	0,141	301,57	301,711	32,612	269,099
2	06/04/96	21,73	0,038	103,69	103,728	7,734	95,994
3	20/04/93	16,78	0,045	151,23	151,275	1,938	149,337
4	04/05/93	22,67	0,045	212,57	212,615	7,247	205,368
5	18/05/93	13,12	0,024	27,54	27,564	0,618	26,946
6	01/06/93	40,92	0,190	541,01	541,200	63,461	477,739
7	08/06/93	23,11	0,026	81,61	81,636	6,337	75,299
8	15/06/93	17,03	0,008	36,29	36,298	2,813	33,485
9	22/06/93	16,91	0,008	30,77	30,778	1,824	28,954
10	29/06/93	9,48	0,007	14,92	14,927	0,136	14,791
11	06/07/93	8,26	0,002	12,23	12,232	0,009	12,223
12	21/07/93	7,03	0,006	11,43	11,436	0,003	11,433
13	03/08/93	3,74	0,002	4,63	4,632	0,000	4,632
14	17/08/93	5,93	0,002	7,39	7,392	0,000	7,392
15	31/08/93	6,13	0,002	8,58	8,582	0,000	8,582
16	21/09/93	10,95	0,006	26,69	26,696	0,214	26,482
17	28/09/93	38,11	0,384	431,23	431,614	80,327	351,287
18	05/10/93	14,02	0,006	113,15	113,156	0,720	112,436
19	21/10/93	22,83	0,023	174,26	174,283	8,772	165,511
20	28/10/93	28,94	0,037	408,3	408,337	25,394	382,943
21	04/11/93	7,25	0,003	22,51	22,513	0,001	22,512
22	09/11/93	9,90	0,005	29,76	29,765	0,054	29,711
23	20/12/93	21,41	0,080	168,22	168,300	7,171	161,129
24	10/02/93	52,61	0,332	530,27	530,602	16,587	514,015
25	29/03/94	37,70	0,027	228,66	228,687	22,226	206,461
26	19/04/94	20,09	0,022	68,25	68,272	0,643	67,629
27	06/05/94	12,10	0,012	25,17	25,182	0,022	25,160
28	20/05/94	12,58	0,012	26,27	26,282	0,050	26,232
29	17/06/94	12,82	0,005	10,59	10,595	0,014	10,581
30	01/07/94	13,71	0,006	10,80	10,806	0,071	10,735
31	15/07/94	10,56	0,051	26,35	26,401	0,002	26,399
32	29/07/94	13,98	0,010	45,26	45,270	0,052	45,218
33	12/08/94	6,91	0,011	5,88	5,891	0,000	5,891
34	26/08/94	9,44	0,002	11,84	11,842	0,000	11,842
35	08/09/94	10,93	0,004	25,42	25,424	0,003	25,421
36	22/09/94	14,32	0,002	23,66	23,662	0,102	23,560
37	06/10/94	9,67	0,002	14,96	14,962	0,000	14,962
38	27/10/94	28,50	0,424	218,31	218,734	1,366	217,368
39	23/11/94	11,00	0,004	33,80	33,804	0,000	33,804
40	22/12/94	70,64	0,218	4148,78	4148,998	111,170	4037,828
41	05/01/95	56,36	0,523	880,96	881,483	95,023	786,460
42	19/01/95	19,98	0,015	68,08	68,095	0,756	67,339
43	26/01/95	17,01	0,036	56,93	56,966	0,344	56,622
44	09/02/95	159,81	3,097	3371,61	3374,707	352,068	3022,639
45	16/02/95	68,21	0,485	448,69	449,175	182,232	266,943
46	08/03/95	31,34	0,396	141,31	141,706	7,327	134,379

Tabela 5.8.2: Descargas sólidas medida, descargas totais do leito segundo o método de Shen e Hung (1971) e valores de descarga de lavagem (Posto Sousas/ Campinas/SP)

Nº	DATA	Q (m ³ /s)	G _{sa} (ton/dia)	G _{ss} (ton/dia)	G total medido (ton/dia)	G Shen e Hung (ton/dia)	G lavagem (ton/dia)
47	24/03/95	64,81	1,721	8337,34	8339,061	67,647	8271,414
48	07/04/95	47,36	0,171	373,80	373,971	66,339	307,632
49	28/04/95	29,99	0,081	93,42	93,501	10,637	82,864
50	12/05/95	37,76	0,468	182,66	183,128	19,722	163,406
51	09/06/95	20,51	0,023	33,43	33,453	0,673	32,780
52	23/06/95	20,50	0,018	35,87	35,888	0,244	35,644
53	05/07/95	16,29	0,051	20,75	20,801	0,427	20,374
54	12/07/95	45,94	4,163	307,08	311,243	104,794	206,449
55	19/7/95	22,54	0,016	47,27	47,286	2,834	44,452
56	26/07/95	26,29	0,118	101,72	101,838	3,373	98,465
57	10/08/95	14,71	0,012	16,90	16,912	0,173	16,739
58	31/08/95	10,61	0,002	9,88	9,882	0,010	9,872
59	21/09/95	21,80	0,031	50,55	50,581	28,356	22,225
60	28/09/95	23,78	0,249	72,23	72,479	1,015	71,464
61	05/10/95	13,59	0,002	16,93	16,932	0,029	16,903
62	19/10/95	48,82	0,205	370,01	370,215	27,223	342,992
63	23/11/95	15,11	0,006	25,51	25,516	0,052	25,464
64	07/12/95	9,25	0,002	12,60	12,602	0,001	12,601
65	10/01/96	106,31	5,141	1869,30	1874,441	542,378	1332,063
66	31/01/96	22,38	0,019	66,26	66,279	3,256	63,023
67	07/02/96	39,74	0,238	246,43	246,668	18,697	227,971
68	06/03/96	60,16	3,542	517,94	521,482	160,101	361,381
69	20/03/96	111,45	1,150	1721,13	1722,280	1010,378	711,902
70	03/04/96	35,03	0,133	202,66	202,793	13,262	189,531
71	16/04/96	32,34	0,051	1983,98	1984,031	9,282	1974,749
72	15/05/96	25,67	0,246	48,88	49,126	2,148	46,978
73	22/05/96	22,58	0,008	30,34	30,348	1,241	29,107
74	19/06/96	13,76	0,012	15,30	15,312	0,031	15,281
75	03/06/96	16,83	0,023	28,51	28,533	0,093	28,440
76	17/07/96	12,79	0,004	13,04	13,044	0,017	13,027
77	31/07/96	12,23	0,005	11,46	11,465	0,017	11,448
78	07/08/96	12,60	0,004	11,19	11,194	0,006	11,188
79	14/08/96	14,24	0,005	22,04	22,045	0,026	22,019
80	21/08/96	15,09	0,005	20,69	20,695	0,003	20,692
81	28/08/96	12,25	0,003	11,92	11,923	0,012	11,911
82	04/09/96	24,13	0,036	89,85	89,886	1,089	88,797
83	11/09/96	78,24	3,697	1586,68	1590,377	197,260	1393,117
84	02/10/96	17,00	0,006	24,84	24,846	0,092	24,754
85	16/10/96	28,70	0,250	151,54	151,790	2,101	149,689
86	06/11/96	32,10	0,320	350,31	350,630	5,245	345,385
87	20/11/96	27,90	0,034	315,61	315,644	1,225	314,419
88	06/12/96	24,36	4,340	152,59	156,930	1,524	155,406
89	09/01/97	28,58	0,033	228,09	228,12	5,007	223,116
90	22/01/97	41,34	0,146	388,86	389,01	38,326	350,680
91	03/02/97	104,46	21,99	1204,00	1225,99	697,241	564,749
92	12/03/97	25,44	1,01	118,63	119,64	4,027	115,613

Tabela 5.8.3: Descargas sólidas medida, descargas totais do leito segundo o método de Shen e Hung (1971) e valores de descarga de lavagem (Posto Sousas/ Campinas/SP)

Nº	DATA	Q (m ³ /s)	G _{sa} (ton/dia)	G _{ss} (ton/dia)	G _{total medido} (ton/dia)	G _{Shen e Hung} (ton/dia)	G _{lavagem} (ton/dia)
93	26/03/97	18,42	0,16	48,84	49,00	0,693	48,307
94	16/04/97	14,59	0,032	24,82	24,85	0,120	24,732
95	14/05/97	11,30	0,104	16,29	16,39	0,038	16,356
96	04/06/97	15,35	0,006	32,42	32,43	0,129	32,297
97	02/07/97	14,99	0,005	41,54	41,55	0,108	41,437
98	12/08/97	16,38	0,003	77,64	77,64	0,136	77,507
99	26/08/97	19,34	0,0054	28,46	28,47	0,738	27,727
100	09/09/97	9,16	0,0024	14,49	14,49	0,007	14,485
101	23/09/97	17,79	0,0128	47,09	47,10	61,582	-14,479
102	07/10/97	16,42	0,0134	60,37	60,38	0,711	59,672
103	21/10/97	19,54	0,0141	55,72	55,73	0,145	55,589
104	04/11/97	14,40	0,0029	35,57	35,57	0,119	35,454
105	02/12/97	22,51	0,439	67,62	68,06	1,267	66,792
106	16/12/97	41,24	5,77	407,88	413,65	74,984	338,666
107	13/01/98	42,74	0,107	731,35	731,46	174,942	556,515
108	27/01/98	21,94	0,0098	87,79	87,80	0,754	87,046
109	11/02/98	54,61	1,66	643,91	645,57	84,591	560,979
110	26/02/98	69,92	1,06	1776,12	1777,18	161,783	1615,397
111	11/03/98	32,01	1,60	235,16	236,76	9,821	226,939
112	25/03/98	42,21	0,31	398,43	398,74	54,721	344,019
113	08/04/98	18,31	0,034	41,16	41,19	0,926	40,268
114	22/04/98	17,93	0,0043	49,02	49,02	0,063	48,961
115	06/05/98	56,68	0,165	653,00	653,17	95,001	558,164
116	21/05/98	16,46	0,0051	27,04	27,05	0,808	26,237
117	03/06/98	20,11	0,0159	51,38	51,40	1,300	50,096
118	17/06/98	14,17	0,000	23,78	23,78	0,108	23,672
119	15/07/98	15,58	0,005	20,42	20,43	0,223	20,202
120	29/07/98	11,60	0,0024	8,81	8,81	0,023	8,789
121	12/08/98	12,96	0,0034	11,08	11,08	0,108	10,975
122	25/08/98	8,72	0,000	11,77	11,77	0,005	11,765
123	02/09/98	15,34	0,000	24,23	24,23	0,083	24,147
124	16/09/98	12,00	0,006	17,55	17,56	0,009	17,547
125	30/09/98	15,22	0,004	15,74	15,74	0,029	15,715
126	14/10/98	30,02	0,0235	173,78	173,80	15,303	158,501
127	28/10/98	21,36	0,0103	55,75	55,76	5,928	49,832
128	11/11/98	11,59	0,000	24,25	24,25	0,209	24,041
129	25/11/98	11,51	0,000	29,56	29,56	0,513	29,047
130	09/12/98	24,34	0,000	112,51	112,51	11,982	100,528
131	22/12/98	22,01	0,000	342,83	342,83	13,989	328,841
132	06/01/99	48,65	1,478	1336,12	1337,60	144,001	1193,597
133	21/01/99	70,39	3,703	515,67	519,37	929,056	-409,683
134	28/01/99	98,49	0,000	2156,83	2156,83	2143,314	13,516
135	03/02/99	55,26	2,820	549,97	552,79	496,918	55,872
136	11/02/99	69,25	3,047	537,35	540,397	904,787	-364,390
137	25/02/99	70,42	5,114	767,71	772,824	246,364	526,460

Tabela 5.8.4: Descargas solidas medida, descargas totais do leito segundo o método de Shen e Hung (1971) e valores de descarga de lavagem (Posto Sousas/ Campinas/ SP)

Nº	DATA	Q (m ³ /s)	G _{sa} (ton/dia)	G _{ss} (ton/dia)	G total medido (ton/dia)	G Shen e Hung (ton/dia)	G lavagem (ton/dia)
138	21/01/99	70,39	3,703	515,67	519,37	548,515	3310,518
139	28/01/99	98,49	0,000	2156,83	2156,83	674,009	675,861
140	15/04/99	23,75	0,020	139,89	139,91	29,874	110,036
141	29/04/99	16,54	0,013	475,32	475,333	90,293	385,040
142	13/05/99	20,69	0,023	56,40	56,423	37,834	18,589
143	09/06/99	18,06	0,010	42,61	42,62	2,367	40,253
144	22/07/99	14,45	0,003	20,09	20,093	2,968	17,125
145	05/08/99	12,64	0,002	12,16	12,162	1,483	10,679
146	19/08/99	13,18	0,004	43,28	43,284	2,614	40,670
147	02/09/99	10,02	0,000	15,54	15,54	0,746	14,794
148	15/09/99	19,51	0,343	28,80	29,143	4,141	25,002
149	30/09/99	8,25	0,001	14,61	14,611	0,234	14,377
150	14/10/99	10,41	0,003	18,82	18,823	1,381	17,442
151	28/10/99	14,18	0,027	31,00	31,027	3,395	27,632
152	11/11/99	11,74	0,028	11,80	39,8	3,176	36,624
153	25/11/99	22,41	0,089	82,29	82,379	20,473	61,906
154	09/12/99	22,85	0,036	430,44	430,476	14,027	416,449
155	23/12/99	5,33	0,003	14,70	14,703	0,552	14,151
156	06/01/00	83,20	0,214	1721,43	1721,644	831,923	889,721
157	13/01/00	17,56	0,313	58,94	59,253	9,696	49,557
158	20/01/00	18,52	0,041	48,13	48,171	7,593	40,578
159	27/01/00	22,03	0,090	130,72	130,81	26,540	104,270
160	03/02/00	31,18	0,553	319,85	320,403	215,596	104,807
161	09/02/00	19,99	0,487	87,00	87,487	19,624	67,863
162	18/02/00	41,30	0,447	235,40	235,847	230,789	5,058
163	24/02/00	28,13	0,603	147,21	147,813	29,438	118,375
164	03/03/00	26,11	0,219	122,13	122,349	130,838	-8,489
165	10/03/00	19,40	0,040	72,31	72,35	57,717	14,633
166	17/03/00	22,24	0,218	109,53	109,748	89,377	20,371
167	24/03/00	33,55	0,491	247,26	247,751	40,129	207,622
168	31/03/00	57,66	1,121	3496,39	3497,511	332,822	3164,689
169	07/04/00	14,55	0,050	61,05	61,1	92,929	-31,829
170	14/04/00	12,12	0,005	52,777	52,782	2,695	50,087
171	19/04/00	11,24	0,012	19,28	19,292	1,766	17,526

Tabela 5.9.1: Descargas sólidas medida, descargas totais do leito segundo o método de Ackers e White (1973) e valores de descarga de lavagem (Posto Sousas/ Campinas/SP)

Nº	DATA	Q (m ³ /s)	G _{sa} (ton/dia)	G _{ss} (ton/dia)	G _{total medido} (ton/dia)	G _{Ackers e White} (ton/dia)	G _{lavagem} (ton/dia)
1	26/03/93	31,69	0,141	301,57	301,711	153,210	148,501
2	06/04/96	21,73	0,038	103,69	103,728	54,979	48,749
3	20/04/93	16,78	0,045	151,23	151,275	13,255	138,020
4	04/05/93	22,67	0,045	212,57	212,615	36,041	176,574
5	18/05/93	13,12	0,024	27,54	27,564	4,962	22,602
6	01/06/93	40,92	0,190	541,01	541,200	158,664	382,536
7	08/06/93	23,11	0,026	81,61	81,636	42,091	39,545
8	15/06/93	17,03	0,008	36,29	36,298	15,169	21,129
9	22/06/93	16,91	0,008	30,77	30,778	5,644	25,134
10	29/06/93	9,48	0,007	14,92	14,927	0,016	14,911
11	06/07/93	8,26	0,002	12,23	12,232	0,000	12,232
12	21/07/93	7,03	0,006	11,43	11,436	0,000	11,436
13	03/08/93	3,74	0,002	4,63	4,632	0,000	4,632
14	17/08/93	5,93	0,002	7,39	7,392	0,000	7,392
15	31/08/93	6,13	0,002	8,58	8,582	0,000	8,582
16	21/09/93	10,95	0,006	26,69	26,696	1,970	24,726
17	28/09/93	38,11	0,384	431,23	431,614	222,974	208,640
18	05/10/93	14,02	0,006	113,15	113,156	3,452	109,704
19	21/10/93	22,83	0,023	174,26	174,283	40,639	133,644
20	28/10/93	28,94	0,037	408,3	408,337	91,425	316,912
21	04/11/93	7,25	0,003	22,51	22,513	0,000	22,513
22	09/11/93	9,90	0,005	29,76	29,765	0,000	29,765
23	20/12/93	21,41	0,080	168,22	168,300	31,633	136,667
24	10/02/93	52,61	0,332	530,27	530,602	195,575	335,027
25	29/03/94	37,70	0,027	228,66	228,687	77,862	150,825
26	19/04/94	20,09	0,022	68,25	68,272	7,660	60,612
27	06/05/94	12,10	0,012	25,17	25,182	0,006	25,176
28	20/05/94	12,58	0,012	26,27	26,282	0,214	26,068
29	17/06/94	12,82	0,005	10,59	10,595	0,023	10,572
30	01/07/94	13,71	0,006	10,80	10,806	0,266	10,540
31	15/07/94	10,56	0,051	26,35	26,401	0,000	26,401
32	29/07/94	13,98	0,010	45,26	45,270	0,026	45,244
33	12/08/94	6,91	0,011	5,88	5,891	0,000	5,891
34	26/08/94	9,44	0,002	11,84	11,842	0,000	11,842
35	08/09/94	10,93	0,004	25,42	25,424	0,000	25,424
36	22/09/94	14,32	0,002	23,66	23,662	1,201	22,461
37	06/10/94	9,67	0,002	14,96	14,962	0,000	14,962
38	27/10/94	28,50	0,424	218,31	218,734	12,273	206,461
39	23/11/94	11,00	0,004	33,80	33,804	0,000	33,804
40	22/12/94	70,64	0,218	4148,78	4148,998	221,575	3927,423
41	05/01/95	56,36	0,523	880,96	881,483	218,956	662,527
42	19/01/95	19,98	0,015	68,08	68,095	6,398	61,697
43	26/01/95	17,01	0,036	56,93	56,966	2,105	54,861
44	09/02/95	159,81	3,097	3371,61	3374,707	984,506	2390,201
45	16/02/95	68,21	0,485	448,69	449,175	408,354	40,821
46	08/03/95	31,34	0,396	141,31	141,706	65,665	76,041

Tabela 5.9.2: Descargas sólidas medida, descargas totais do leito segundo o método de Ackers e White (1973) e valores de descarga de lavagem (Posto Sousas/ Campinas/SP)

Nº	DATA	Q (m ³ /s)	G _{sa} (ton/dia)	G _{ss} (ton/dia)	G total medido (ton/dia)	G Ackers e White (ton/dia)	G lavagem (ton/dia)
47	24/03/95	64,81	1,721	8337,34	8339,061	290,264	8048,797
48	07/04/95	47,36	0,171	373,80	373,971	393,539	-19,568
49	28/04/95	29,99	0,081	93,42	93,501	110,618	-17,117
50	12/05/95	37,76	0,468	182,66	183,128	181,154	1,974
51	09/06/95	20,51	0,023	33,43	33,453	15,600	17,853
52	23/06/95	20,50	0,018	35,87	35,888	10,080	25,808
53	05/07/95	16,29	0,051	20,75	20,801	9,044	11,757
54	12/07/95	45,94	4,163	307,08	311,243	597,018	-285,775
55	19/7/95	22,54	0,016	47,27	47,286	40,599	6,687
56	26/07/95	26,29	0,118	101,72	101,838	54,615	47,223
57	10/08/95	14,71	0,012	16,90	16,912	4,317	12,595
58	31/08/95	10,61	0,002	9,8v8	9,882	0,800	9,082
59	21/09/95	21,80	0,031	50,55	50,581	113,045	-62,464
60	28/09/95	23,78	0,249	72,23	72,479	23,113	49,366
61	05/10/95	13,59	0,002	16,93	16,932	1,426	15,506
62	19/10/95	48,82	0,205	370,01	370,215	170,057	200,158
63	23/11/95	15,11	0,006	25,51	25,516	1,902	23,614
64	07/12/95	9,25	0,002	12,60	12,602	0,000	12,602
65	10/01/96	106,31	5,141	1869,30	1874,441	1589,722	284,719
66	31/01/96	22,38	0,019	66,26	66,279	34,109	32,170
67	07/02/96	39,74	0,238	246,43	246,668	159,985	86,683
68	06/03/96	60,16	3,542	517,94	521,482	568,474	-46,992
69	20/03/96	111,45	1,150	1721,13	1722,280	2248,535	-526,255
70	03/04/96	35,03	0,133	202,66	202,793	87,773	115,020
71	16/04/96	32,34	0,051	1983,98	1984,031	65,357	1918,674
72	15/05/96	25,67	0,246	48,88	49,126	26,293	22,833
73	22/05/96	22,58	0,008	30,34	30,348	18,633	11,715
74	19/06/96	13,76	0,012	15,30	15,312	0,531	14,781
75	03/06/96	16,83	0,023	28,51	28,533	1,717	26,816
76	17/07/96	12,79	0,004	13,04	13,044	0,552	12,492
77	31/07/96	12,23	0,005	11,46	11,465	0,018	11,447
78	07/08/96	12,60	0,004	11,19	11,194	0,125	11,069
79	14/08/96	14,24	0,005	22,04	22,045	0,629	21,416
80	21/08/96	15,09	0,005	20,69	20,695	0,069	20,626
81	28/08/96	12,25	0,003	11,92	11,923	0,201	11,722
82	04/09/96	24,13	0,036	89,85	89,886	15,067	74,819
83	11/09/96	78,24	3,697	1586,68	1590,377	484,929	1105,448
84	02/10/96	17,00	0,006	24,84	24,846	3,226	21,620
85	16/10/96	28,70	0,250	151,54	151,790	27,744	124,046
86	06/11/96	32,10	0,320	350,31	350,630	54,956	295,674
87	20/11/96	27,90	0,034	315,61	315,644	22,480	293,164
88	06/12/96	24,36	4,340	152,59	156,930	21,388	135,542
89	09/01/97	28,58	0,033	228,09	228,12	45,890	182,233
90	22/01/97	41,34	0,146	388,86	389,01	153,020	235,986
91	03/02/97	104,46	21,99	1204,00	1225,99	1374,547	-112,557

Tabela 5.9.3: Descargas sólidas medida, descargas totais do leito segundo o método de Ackers e White (1973) e valores de descarga de lavagem (Posto Sousas/ Campinas/SP)

Nº	DATA	Q (m ³ /s)	G _{sa} (ton/dia)	G _{ss} (ton/dia)	G _{total medido} (ton/dia)	G _{Ackers e White} (ton/dia)	G _{lavagem} (ton/dia)
92	12/03/97	25,44	1,01	118,63	119,64	35,784	83,856
93	26/03/97	18,42	0,16	48,84	49,00	9,440	39,560
94	16/04/97	14,59	0,032	24,82	24,85	2,469	22,383
95	14/05/97	11,30	0,104	16,29	16,39	0,691	15,703
96	04/06/97	15,35	0,006	32,42	32,43	2,103	30,323
97	02/07/97	14,99	0,005	41,54	41,55	0,109	41,436
98	12/08/97	16,38	0,003	77,64	77,64	0,348	77,295
99	26/08/97	19,34	0,0054	28,46	28,47	0,000	28,465
100	09/09/97	9,16	0,0024	14,49	14,49	8,419	6,073
101	23/09/97	17,79	0,0128	47,09	47,10	0,000	47,103
102	07/10/97	16,42	0,0134	60,37	60,38	140,214	-79,831
103	21/10/97	19,54	0,0141	55,72	55,73	10,902	44,832
104	04/11/97	14,40	0,0029	35,57	35,57	5,533	30,040
105	02/12/97	22,51	0,439	67,62	68,06	3,193	64,866
106	16/12/97	41,24	5,77	407,88	413,65	24,840	388,810
107	13/01/98	42,74	0,107	731,35	731,46	285,417	446,040
108	27/01/98	21,94	0,0098	87,79	87,80	357,342	-269,542
109	11/02/98	54,61	1,66	643,91	645,57	15,210	630,360
110	26/02/98	69,92	1,06	1776,12	1777,18	284,911	1492,269
111	11/03/98	32,01	1,60	235,16	236,76	374,205	-137,445
112	25/03/98	42,21	0,31	398,43	398,74	67,686	331,054
113	08/04/98	18,31	0,034	41,16	41,19	206,479	-165,285
114	22/04/98	17,93	0,0043	49,02	49,02	10,996	38,028
115	06/05/98	56,68	0,165	653,00	653,17	1,845	651,320
116	21/05/98	16,46	0,0051	27,04	27,05	332,436	-305,391
117	03/06/98	20,11	0,0159	51,38	51,40	8,306	43,090
118	17/06/98	14,17	0,000	23,78	23,78	18,211	5,569
119	15/07/98	15,58	0,005	20,42	20,43	2,544	17,881
120	29/07/98	11,60	0,0024	8,81	8,81	3,115	5,697
121	12/08/98	12,96	0,0034	11,08	11,08	0,000	11,083
122	25/08/98	8,72	0,000	11,77	11,77	0,638	11,132
123	02/09/98	15,34	0,000	24,23	24,23	0,001	24,229
124	16/09/98	12,00	0,006	17,55	17,56	0,891	16,665
125	30/09/98	15,22	0,004	15,74	15,74	0,000	15,744
126	14/10/98	30,02	0,0235	173,78	173,80	0,000	173,804
127	28/10/98	21,36	0,0103	55,75	55,76	52,110	3,650
128	11/11/98	11,59	0,000	24,25	24,25	33,679	-9,429
129	25/11/98	11,51	0,000	29,56	29,56	0,651	28,909
130	09/12/98	24,34	0,000	112,51	112,51	5,346	107,164
131	22/12/98	22,01	0,000	342,83	342,83	35,681	307,149
132	06/01/99	48,65	1,478	1336,12	1337,60	70,721	1266,877
133	21/01/99	70,39	3,703	515,67	519,37	455,694	63,679
134	28/01/99	98,49	0,000	2156,83	2156,83	2372,555	-215,725
135	03/02/99	55,26	2,820	549,97	552,79	4769,260	-4216,470
136	11/02/99	69,25	3,047	537,35	540,397	1324,859	-784,462

Tabela 5.9.4: Descargas sólidas medida, descargas totais do leito segundo o método de Ackers e White (1973) e valores de descarga de lavagem (Posto Sousas/ Campinas/ SP)

Nº	DATA	Q (m ³ /s)	G _{sa} (ton/dia)	G _{ss} (ton/dia)	G _{total medido} (ton/dia)	G _{Ackers e White} (ton/dia)	G _{lavagem} (ton/dia)
137	25/02/99	70,42	5,114	767,71	772,824	2139,468	-1366,644
138	11/03/99	68,53	1,803	3857,23	3859,033	359,550	3499,483
139	25/03/99	66,09	3,640	1346,23	1349,87	1334,292	15,578
140	15/04/99	23,75	0,020	139,89	139,91	1636,889	-1496,979
141	29/04/99	16,54	0,013	475,32	475,333	134,883	340,450
142	13/05/99	20,69	0,023	56,40	56,423	178,953	-122,530
143	09/06/99	18,06	0,010	42,61	42,62	171,258	-128,638
144	22/07/99	14,45	0,003	20,09	20,093	10,838	9,255
145	05/08/99	12,64	0,002	12,16	12,162	29,836	-17,674
146	19/08/99	13,18	0,004	43,28	43,284	18,866	24,418
147	02/09/99	10,02	0,000	15,54	15,54	26,469	-10,929
148	15/09/99	19,51	0,343	28,80	29,1v43	0,017	29,126
149	30/09/99	8,25	0,001	14,61	14,611	33,616	-19,005
150	14/10/99	10,41	0,003	18,82	18,823	7,524	11,299
151	28/10/99	14,18	0,027	31,00	31,027	19,398	11,629
152	11/11/99	11,74	0,028	11,80	39,8	35,786	4,014
153	25/11/99	22,41	0,089	82,29	82,379	27,080	55,299
154	09/12/99	22,85	0,036	430,44	430,476	160,846	269,630
155	23/12/99	5,33	0,003	14,70	14,703	37,494	-22,791
156	06/01/00	83,20	0,214	1721,43	1721,644	1,972	1719,672
157	13/01/00	17,56	0,313	58,94	59,253	5701,980	-5642,727
158	20/01/00	18,52	0,041	48,13	48,171	54,405	-6,234
159	27/01/00	22,03	0,090	130,72	130,81	46,469	84,341
160	03/02/00	31,18	0,553	319,85	320,403	135,019	185,384
161	09/02/00	19,99	0,487	87,00	87,487	592,663	-505,176
162	18/02/00	41,30	0,447	235,40	235,847	95,275	140,572
163	24/02/00	28,13	0,603	147,21	147,813	837,856	-690,043
164	03/03/00	26,11	0,219	122,13	122,349	183,017	-60,668
165	10/03/00	19,40	0,040	72,31	72,35	338,854	-266,504
166	17/03/00	22,24	0,218	109,53	109,748	298,685	-188,937
167	24/03/00	33,55	0,491	247,26	247,751	355,962	-108,211
168	31/03/00	57,66	1,121	3496,39	3497,511	211,079	3286,432
169	07/04/00	14,55	0,050	61,05	61,1	667,661	-606,561
170	14/04/00	12,12	0,005	52,777	52,782	52,566	0,216
171	19/04/00	11,24	0,012	19,28	19,292	19,582	-0,290

Tabela 5.10.1: Descargas sólidas medida, descargas totais do leito segundo o método de Yang (1973) e valores de descarga de lavagem (Posto Sousas/ Campinas/SP)

Nº	DATA	Q (m ³ /s)	G _{sa} (ton/dia)	G _{ss} (ton/dia)	G _{total medido} (ton/dia)	G _{Yang} (ton/dia)	G _{lavagem} (ton/dia)
1	26/03/93	31,69	0,141	301,57	301,711	184,726	116,985
2	06/04/96	21,73	0,038	103,69	103,728	85,466	18,262
3	20/04/93	16,78	0,045	151,23	151,275	25,450	125,825
4	04/05/93	22,67	0,045	212,57	212,615	91,466	121,149
5	18/05/93	13,12	0,024	27,54	27,564	9,032	18,532
6	01/06/93	40,92	0,190	541,01	541,200	500,422	40,778
7	08/06/93	23,11	0,026	81,61	81,636	75,477	6,159
8	15/06/93	17,03	0,008	36,29	36,298	37,526	-1,228
9	22/06/93	16,91	0,008	30,77	30,778	26,629	4,149
10	29/06/93	9,48	0,007	14,92	14,927	0,000	14,927
11	06/07/93	8,26	0,002	12,23	12,232	0,000	12,232
12	21/07/93	7,03	0,006	11,43	11,436	0,000	11,436
13	03/08/93	3,74	0,002	4,63	4,632	0,000	4,632
14	17/08/93	5,93	0,002	7,39	7,392	0,000	7,392
15	31/08/93	6,13	0,002	8,58	8,582	0,000	8,582
16	21/09/93	10,95	0,006	26,69	26,696	1,697	24,999
17	28/09/93	38,11	0,384	431,23	431,614	395,414	36,200
18	05/10/93	14,02	0,006	113,15	113,156	12,971	100,185
19	21/10/93	22,83	0,023	174,26	174,283	94,459	79,824
20	28/10/93	28,94	0,037	408,3	408,337	173,098	235,239
21	04/11/93	7,25	0,003	22,51	22,513	0,000	22,513
22	09/11/93	9,90	0,005	29,76	29,765	0,000	29,765
23	20/12/93	21,41	0,080	168,22	168,300	75,714	92,586
24	10/02/93	52,61	0,332	530,27	530,602	177,455	353,147
25	29/03/94	37,70	0,027	228,66	228,687	185,698	42,989
26	19/04/94	20,09	0,022	68,25	68,272	16,304	51,968
27	06/05/94	12,10	0,012	25,17	25,182	0,000	25,182
28	20/05/94	12,58	0,012	26,27	26,282	0,000	26,282
29	17/06/94	12,82	0,005	10,59	10,595	0,000	10,595
30	01/07/94	13,71	0,006	10,80	10,806	0,000	10,806
31	15/07/94	10,56	0,051	26,35	26,401	0,000	26,401
32	29/07/94	13,98	0,010	45,26	45,270	0,000	45,270
33	12/08/94	6,91	0,011	5,88	5,891	0,000	5,891
34	26/08/94	9,44	0,002	11,84	11,842	0,000	11,842
35	08/09/94	10,93	0,004	25,42	25,424	0,000	25,424
36	22/09/94	14,32	0,002	23,66	23,662	0,000	23,662
37	06/10/94	9,67	0,002	14,96	14,962	0,000	14,962
38	27/10/94	28,50	0,424	218,31	218,734	43,558	175,176
39	23/11/94	11,00	0,004	33,80	33,804	0,000	33,804
40	22/12/94	70,64	0,218	4148,78	4148,998	786,723	3362,275
41	05/01/95	56,36	0,523	880,96	881,483	552,630	328,853
42	19/01/95	19,98	0,015	68,08	68,095	13,878	54,217
43	26/01/95	17,01	0,036	56,93	56,966	1,362	55,604
44	09/02/95	159,81	3,097	3371,61	3374,707	1621,145	1753,562
45	16/02/95	68,21	0,485	448,69	449,175	962,986	-513,811
46	08/03/95	31,34	0,396	141,31	141,706	100,526	41,180

Tabela 5.10.2: Descargas sólidas medida, descargas totais do leito segundo o método de Yang (1973) e valores de descarga de lavagem (Posto Sousas/ Campinas/SP)

Nº	DATA	Q (m ³ /s)	G _{sa} (ton/dia)	G _{ss} (ton/dia)	G _{total medido} (ton/dia)	G _{Yang} (ton/dia)	G _{lavagem} (ton/dia)
47	24/03/95	64,81	1,721	8337,34	8339,061	630,792	7708,269
48	07/04/95	47,36	0,171	373,80	373,971	276,066	97,905
49	28/04/95	29,99	0,081	93,42	93,501	94,086	-0,585
50	12/05/95	37,76	0,468	182,66	183,128	180,894	2,234
51	09/06/95	20,51	0,023	33,43	33,453	14,479	18,974
52	23/06/95	20,50	0,018	35,87	35,888	5,834	30,054
53	05/07/95	16,29	0,051	20,75	20,801	8,204	12,597
54	12/07/95	45,94	4,163	307,08	311,243	286,332	24,911
55	19/7/95	22,54	0,016	47,27	47,286	32,786	14,500
56	26/07/95	26,29	0,118	101,72	101,838	57,117	44,721
57	10/08/95	14,71	0,012	16,90	16,912	3,948	12,964
58	31/08/95	10,61	0,002	9,88	9,882	1,058	8,824
59	21/09/95	21,80	0,031	50,55	50,581	125,883	-75,302
60	28/09/95	23,78	0,249	72,23	72,479	27,841	44,638
61	05/10/95	13,59	0,002	16,93	16,932	1,426	15,506
62	19/10/95	48,82	0,205	370,01	370,215	389,634	-19,419
63	23/11/95	15,11	0,006	25,51	25,516	1,902	23,614
64	07/12/95	9,25	0,002	12,60	12,602	0,000	12,602
65	10/01/96	106,31	5,141	1869,30	1874,441	1519,726	354,715
66	31/01/96	22,38	0,019	66,26	66,279	30,090	36,189
67	07/02/96	39,74	0,238	246,43	246,668	173,107	73,561
68	06/03/96	60,16	3,542	517,94	521,482	415,155	106,327
69	20/03/96	111,45	1,150	1721,13	1722,280	1778,567	-56,287
70	03/04/96	35,03	0,133	202,66	202,793	154,099	48,694
71	16/04/96	32,34	0,051	1983,98	1984,031	97,786	1886,245
72	15/05/96	25,67	0,246	48,88	49,126	47,148	1,978
73	22/05/96	22,58	0,008	30,34	30,348	27,804	2,544
74	19/06/96	13,76	0,012	15,30	15,312	0,000	15,312
75	03/06/96	16,83	0,023	28,51	28,533	0,000	28,533
76	17/07/96	12,79	0,004	13,04	13,044	0,000	13,044
77	31/07/96	12,23	0,005	11,46	11,465	0,000	11,465
78	07/08/96	12,60	0,004	11,19	11,194	0,000	11,194
79	14/08/96	14,24	0,005	22,04	22,045	0,000	22,045
80	21/08/96	15,09	0,005	20,69	20,695	0,000	20,695
81	28/08/96	12,25	0,003	11,92	11,923	0,000	11,923
82	04/09/96	24,13	0,036	89,85	89,886	21,526	68,360
83	11/09/96	78,24	3,697	1586,68	1590,377	1169,112	421,265
84	02/10/96	17,00	0,006	24,84	24,846	0,000	24,846
85	16/10/96	28,70	0,250	151,54	151,790	46,775	105,015
86	06/11/96	32,10	0,320	350,31	350,630	0,000	350,630
87	20/11/96	27,90	0,034	315,61	315,644	35,221	280,423
88	06/12/96	24,36	4,340	152,59	156,930	33,773	123,157
89	09/01/97	28,58	0,033	228,09	228,12	66,845	161,278
90	22/01/97	41,34	0,146	388,86	389,01	233,494	155,512
91	03/02/97	104,46	21,99	1204,00	1225,99	1366,372	-104,382
92	12/03/97	25,44	1,01	118,63	119,64	54,814	64,826

Tabela 5.10.3: Descargas sólidas medida, descargas totais do leito segundo o método de Yang (1973) e valores de descarga de lavagem (Posto Sousas/ Campinas/SP)

Nº	DATA	Q (m ³ /s)	G _{sa} (ton/dia)	G _{ss} (ton/dia)	G total medido (ton/dia)	G Yang (ton/dia)	G lavagem (ton/dia)
93	26/03/97	18,42	0,16	48,84	49,00	31,917	0,000
94	16/04/97	14,59	0,032	24,82	24,85	20,534	0,000
95	14/05/97	11,30	0,104	16,29	16,39	16,394	0,000
96	04/06/97	15,35	0,006	32,42	32,43	32,426	0,000
97	02/07/97	14,99	0,005	41,54	41,55	41,545	0,000
98	12/08/97	16,38	0,003	77,64	77,64	77,643	0,000
99	26/08/97	19,34	0,0054	28,46	28,47	28,465	0,000
100	09/09/97	9,16	0,0024	14,49	14,49	4,421	7,684
101	23/09/97	17,79	0,0128	47,09	47,10	47,103	0,000
102	07/10/97	16,42	0,0134	60,37	60,38	-100,541	0,010
103	21/10/97	19,54	0,0141	55,72	55,73	43,226	4,117
104	04/11/97	14,40	0,0029	35,57	35,57	6,671	0,000
105	02/12/97	22,51	0,439	67,62	68,06	65,507	0,000
106	16/12/97	41,24	5,77	407,88	413,65	384,745	0,000
107	13/01/98	42,74	0,107	731,35	731,46	503,547	218,747
108	27/01/98	21,94	0,0098	87,79	87,80	-324,632	98,119
109	11/02/98	54,61	1,66	643,91	645,57	630,998	0,000
110	26/02/98	69,92	1,06	1776,12	1777,18	1170,460	200,749
111	11/03/98	32,01	1,60	235,16	236,76	-751,713	146,644
112	25/03/98	42,21	0,31	398,43	398,74	254,347	9,546
113	08/04/98	18,31	0,034	41,16	41,19	-204,990	154,233
114	22/04/98	17,93	0,0043	49,02	49,02	28,961	0,000
115	06/05/98	56,68	0,165	653,00	653,17	648,579	0,000
116	21/05/98	16,46	0,0051	27,04	27,05	-361,962	0,000
117	03/06/98	20,11	0,0159	51,38	51,40	37,645	1,267
118	17/06/98	14,17	0,000	23,78	23,78	-2,333	0,000
119	15/07/98	15,58	0,005	20,42	20,43	20,425	0,000
120	29/07/98	11,60	0,0024	8,81	8,81	8,812	0,000
121	12/08/98	12,96	0,0034	11,08	11,08	11,083	0,000
122	25/08/98	8,72	0,000	11,77	11,77	11,770	0,000
123	02/09/98	15,34	0,000	24,23	24,23	24,230	0,000
124	16/09/98	12,00	0,006	17,55	17,56	17,556	0,000
125	30/09/98	15,22	0,004	15,74	15,74	15,744	0,000
126	14/10/98	30,02	0,0235	173,78	173,80	173,804	0,000
127	28/10/98	21,36	0,0103	55,75	55,76	-138,957	41,862
128	11/11/98	11,59	0,000	24,25	24,25	-52,689	0,000
129	25/11/98	11,51	0,000	29,56	29,56	29,560	0,000
130	09/12/98	24,34	0,000	112,51	112,51	111,725	0,000
131	22/12/98	22,01	0,000	342,83	342,83	330,848	11,364
132	06/01/99	48,65	1,478	1336,12	1337,60	1255,633	25,904
133	21/01/99	70,39	3,703	515,67	519,37	213,309	244,112
134	28/01/99	98,49	0,000	2156,83	2156,83	1403,755	991,242
135	03/02/99	55,26	2,820	549,97	552,79	-1015,399	1173,894
136	11/02/99	69,25	3,047	537,35	540,397	108,239	1096,382
137	25/02/99	70,42	5,114	767,71	772,824	0,275	1024,645

Tabela 5.10.4: Descargas sólidas medida, descargas totais do leito segundo o método de Yang (1973) e valores de descarga de lavagem (Posto Sousas/ Campinas/ SP)

Nº	DATA	Q (m ³ /s)	G _{sa} (ton/dia)	G _{ss} (ton/dia)	G _{total medido} (ton/dia)	G _{Yang} (ton/dia)	G _{lavagem} (ton/dia)
138	11/03/99	68,53	1,803	3857,23	3859,033	2374,278	133,791
139	25/03/99	66,09	3,640	1346,23	1349,87	738,146	826,019
140	15/04/99	23,75	0,020	139,89	139,91	-712,620	737,769
141	29/04/99	16,54	0,013	475,32	475,333	392,854	79,231
142	13/05/99	20,69	0,023	56,40	56,423	-140,189	4,373
143	09/06/99	18,06	0,010	42,61	42,62	-30,109	69,393
144	22/07/99	14,45	0,003	20,09	20,093	18,002	39,996
145	05/08/99	12,64	0,002	12,16	12,162	-20,700	0,000
146	19/08/99	13,18	0,004	43,28	43,284	31,041	11,766
147	02/09/99	10,02	0,000	15,54	15,54	-181,072	15,853
148	15/09/99	19,51	0,343	28,80	29,143	29,143	2,233
149	30/09/99	8,25	0,001	14,61	14,611	-35,611	50,279
150	14/10/99	10,41	0,003	18,82	18,823	17,345	1,894
151	28/10/99	14,18	0,027	31,00	31,027	18,984	7,750
152	11/11/99	11,74	0,028	11,80	39,8	-156,812	21,776
153	25/11/99	22,41	0,089	82,29	82,379	67,594	14,031
154	09/12/99	22,85	0,036	430,44	430,476	330,107	137,923
155	23/12/99	5,33	0,003	14,70	14,703	-128,220	7,794
156	06/01/00	83,20	0,214	1721,43	1721,644	1721,644	0,119
157	13/01/00	17,56	0,313	58,94	59,253	-1399,916	647,172
158	20/01/00	18,52	0,041	48,13	48,171	-19,770	31,862
159	27/01/00	22,03	0,090	130,72	130,81	63,438	45,232
160	03/02/00	31,18	0,553	319,85	320,403	206,264	38,197
161	09/02/00	19,99	0,487	87,00	87,487	-288,103	259,093
162	18/02/00	41,30	0,447	235,40	235,847	160,238	71,029
163	24/02/00	28,13	0,603	147,21	147,813	-262,233	147,391
164	03/03/00	26,11	0,219	122,13	122,349	61,845	0,000
165	10/03/00	19,40	0,040	72,31	72,35	-298,706	127,008
166	17/03/00	22,24	0,218	109,53	109,748	23,221	205,372
167	24/03/00	33,55	0,491	247,26	247,751	61,560	200,553
168	31/03/00	57,66	1,121	3496,39	3497,511	3224,631	0,000
169	07/04/00	14,55	0,050	61,05	61,1	-917,230	239,251
170	14/04/00	12,12	0,005	52,777	52,782	12,221	26,303
171	19/04/00	11,24	0,012	19,28	19,292	-5,556	0,000

Tabela 5.11.1: Descargas sólidas medida, descargas totais do leito segundo o método de Toffaleti (1968-1969) e valores de descarga de lavagem (Posto Sousas/ Campinas/SP)

Nº	DATA	Q (m³/s)	G _{total medido} (ton/dia)	G _{Fundo} (ton/dia)	G _{Suspense} (ton/dia)	G _{Toffaleti} (ton/dia)	G _{lavagem} (ton/dia)
1	26/03/93	31,69	301,711	0,000	0,000	0,000	301,711
2	06/04/96	21,73	103,728	0,000	0,000	0,000	103,728
3	20/04/93	16,78	151,275	0,000	0,000	0,000	151,275
4	04/05/93	22,67	212,615	0,000	0,000	0,000	212,615
5	18/05/93	13,12	27,564	0,000	0,000	0,000	27,564
6	01/06/93	40,92	541,200	0,000	0,000	0,000	541,200
7	08/06/93	23,11	81,636	0,000	0,000	0,000	81,636
8	15/06/93	17,03	36,298	0,000	0,000	0,000	36,298
9	22/06/93	16,91	30,778	0,000	0,000	0,000	30,778
10	29/06/93	9,48	14,927	0,000	0,000	0,000	14,927
11	06/07/93	8,26	12,232	0,000	0,000	0,000	12,232
12	21/07/93	7,03	11,436	0,000	0,000	0,000	11,436
13	03/08/93	3,74	4,632	0,000	0,000	0,000	4,632
14	17/08/93	5,93	7,392	0,000	0,000	0,000	7,392
15	31/08/93	6,13	8,582	0,000	0,000	0,000	8,582
16	21/09/93	10,95	26,696	0,000	0,000	0,000	26,696
17	28/09/93	38,11	431,614	0,000	0,000	0,000	431,614
18	05/10/93	14,02	113,156	0,000	0,000	0,000	113,156
19	21/10/93	22,83	174,283	0,000	0,000	0,000	174,283
20	28/10/93	28,94	408,337	0,000	0,000	0,000	408,337
21	04/11/93	7,25	22,513	0,000	0,000	0,000	22,513
22	09/11/93	9,90	29,765	0,000	0,000	0,000	29,765
23	20/12/93	21,41	168,300	0,000	0,000	0,000	168,300
24	10/02/93	52,61	530,602	0,000	0,000	0,000	530,602
25	29/03/94	37,70	228,687	32,254	10,473	42,727	185,960
26	19/04/94	20,09	68,272	0,000	0,000	0,000	68,272
27	06/05/94	12,10	25,182	0,000	0,000	0,000	25,182
28	20/05/94	12,58	26,282	0,000	0,000	0,000	26,282
29	17/06/94	12,82	10,595	0,000	0,000	0,000	10,595
30	01/07/94	13,71	10,806	0,000	0,000	0,000	10,806
31	15/07/94	10,56	26,401	0,000	0,000	0,000	26,401
32	29/07/94	13,98	45,270	0,000	0,000	0,000	45,270
33	12/08/94	6,91	5,891	0,000	0,000	0,000	5,891
34	26/08/94	9,44	11,842	0,000	0,000	0,000	11,842
35	08/09/94	10,93	25,424	0,000	0,000	0,000	25,424
36	22/09/94	14,32	23,662	0,000	0,000	0,000	23,662
37	06/10/94	9,67	14,962	0,000	0,000	0,000	14,962
38	27/10/94	28,50	218,734	0,000	0,000	0,000	218,734
39	23/11/94	11,00	33,804	0,000	0,000	0,000	33,804
40	22/12/94	70,64	4148,998	48,762	41,858	90,620	4058,378
41	05/01/95	56,36	881,483	63,149	46,162	109,311	772,172
42	19/01/95	19,98	68,095	3,683	0,709	4,392	63,703
43	26/01/95	17,01	56,966	0,411	0,192	0,603	56,363
44	09/02/95	159,81	3374,707	0,000	0,000	0,000	3374,707
45	16/02/95	68,21	449,175	218,437	79,716	298,153	151,022
46	08/03/95	31,34	141,706	5,578	40,351	45,929	95,777

Tabela 5.11.2: Descargas sólidas medida, descargas totais do leito segundo o método de Toffaleti (1968-1969) e valores de descarga de lavagem (Posto Sousas/ Campinas/SP)

Nº	DATA	Q (m ³ /s)	G total medido (ton/dia)	G Fundo (ton/dia)	G Suspenso (ton/dia)	G Toffaleti (ton/dia)	G lavagem (ton/dia)
47	24/03/95	64,81	8339,061	258,980	71,338	330,318	8008,743
48	07/04/95	47,36	373,971	292,633	47,592	340,225	33,746
49	28/04/95	29,99	93,501	7,044	62,533	69,577	23,924
50	12/05/95	37,76	183,128	154,905	21,196	176,101	7,027
51	09/06/95	20,51	33,453	0,522	3,735	4,257	29,196
52	23/06/95	20,50	35,888	7,633	0,842	8,475	27,413
53	05/07/95	16,29	20,801	2,360	0,357	2,717	18,084
54	12/07/95	45,94	311,243	252,011	45,461	297,472	13,771
55	19/7/95	22,54	47,286	10,377	1,930	12,307	34,979
56	26/07/95	26,29	101,838	24,830	3,169	27,999	73,839
57	10/08/95	14,71	16,912	1,160	0,166	1,326	15,586
58	31/08/95	10,61	9,882	0,000	0,000	0,000	9,882
59	21/09/95	21,80	50,581	3,349	3,821	7,170	43,411
60	28/09/95	23,78	72,479	0,000	0,000	0,000	72,479
61	05/10/95	13,59	16,932	0,000	0,000	0,000	16,932
62	19/10/95	48,82	370,215	222,836	40,685	263,521	106,694
63	23/11/95	15,11	25,516	0,000	0,000	0,000	25,516
64	07/12/95	9,25	12,602	0,000	0,000	0,000	12,602
65	10/01/96	106,31	1874,441	239,103	826,999	1066,102	808,339
66	31/01/96	22,38	66,279	13,163	1,705	14,868	51,411
67	07/02/96	39,74	246,668	128,243	17,110	145,353	101,315
68	06/03/96	60,16	521,482	512,812	98,626	611,438	-89,956
69	20/03/96	111,45	1722,280	601,564	361,806	963,370	758,910
70	03/04/96	35,03	202,793	48,800	11,240	60,040	142,753
71	16/04/96	32,34	1984,031	19,151	5,311	24,462	1959,569
72	15/05/96	25,67	49,126	7,738	1,800	9,538	39,588
73	22/05/96	22,58	30,348	6,413	1,130	7,543	22,805
74	19/06/96	13,76	15,312	0,000	0,000	0,000	15,312
75	03/06/96	16,83	28,533	1,402	0,204	1,606	26,927
76	17/07/96	12,79	13,044	0,000	0,000	0,000	13,044
77	31/07/96	12,23	11,465	0,199	0,038	0,237	11,228
78	07/08/96	12,60	11,194	0,000	0,000	0,000	11,194
79	14/08/96	14,24	22,045	0,083	0,656	0,739	21,306
80	21/08/96	15,09	20,695	0,000	0,000	0,000	20,695
81	28/08/96	12,25	11,923	0,000	0,000	0,000	11,923
82	04/09/96	24,13	89,886	1,050	5,210	6,260	83,626
83	11/09/96	78,24	1590,377	170,099	89,474	259,573	1330,804
84	02/10/96	17,00	24,846	0,000	0,000	0,000	24,846
85	16/10/96	28,70	151,790	15,218	3,291	18,509	133,281
86	06/11/96	32,10	350,630	4,845	29,302	34,147	316,483
87	20/11/96	27,90	315,644	11,540	1,937	13,477	302,167
88	06/12/96	24,36	156,930	0,000	0,000	0,000	156,930
89	09/01/97	28,58	228,12	24,182	3,959	28,141	199,982
90	22/01/97	41,34	389,01	1,321	60,263	61,584	327,422
91	03/02/97	104,46	1225,99	345,638	230,328	575,966	686,024
92	12/03/97	25,44	119,64	0,000	0,000	0,000	119,640

Tabela 5.11.3: Descargas sólidas medida, descargas totais do leito segundo o método de Toffaleti (1968-1969) e valores de descarga de lavagem (Posto Sousas/ Campinas/SP)

Nº	DATA	Q (m³/s)	G total medido (ton/dia)	G Fundo (ton/dia)	G Suspenso (ton/dia)	G Toffaleti (ton/dia)	G lavagem (ton/dia)
93	26/03/97	18,42	49,00	0,000	0,000	0,000	49,000
94	16/04/97	14,59	24,85	0,000	0,000	0,000	24,852
95	14/05/97	11,30	16,39	0,000	0,000	0,000	16,394
96	04/06/97	15,35	32,43	0,000	0,000	0,000	32,426
97	02/07/97	14,99	41,55	0,000	0,000	0,000	41,545
98	12/08/97	16,38	77,64	0,000	0,000	0,000	77,643
99	26/08/97	19,34	28,47	0,000	0,000	0,000	28,465
100	09/09/97	9,16	14,49	7,684	0,973	8,657	5,835
101	23/09/97	17,79	47,10	0,000	0,000	0,000	47,103
102	07/10/97	16,42	60,38	0,010	17,249	17,259	43,124
103	21/10/97	19,54	55,73	4,117	0,519	4,636	51,098
104	04/11/97	14,40	35,57	0,000	0,000	0,000	35,573
105	02/12/97	22,51	68,06	0,000	0,000	0,000	68,059
106	16/12/97	41,24	413,65	0,000	0,000	0,000	413,650
107	13/01/98	42,74	731,46	218,747	39,769	258,516	472,941
108	27/01/98	21,94	87,80	98,119	58,848	156,967	-69,167
109	11/02/98	54,61	645,57	0,000	0,000	0,000	645,570
110	26/02/98	69,92	1777,18	200,749	57,975	258,724	1518,456
111	11/03/98	32,01	236,76	146,644	64,432	211,076	25,684
112	25/03/98	42,21	398,74	9,546	59,911	69,457	329,283
113	08/04/98	18,31	41,19	154,233	34,432	188,665	-147,471
114	22/04/98	17,93	49,02	0,000	0,000	0,000	49,024
115	06/05/98	56,68	653,17	0,000	0,000	0,000	653,165
116	21/05/98	16,46	27,05	0,000	0,000	0,000	27,045
117	03/06/98	20,11	51,40	1,267	0,393	1,660	49,736
118	17/06/98	14,17	23,78	0,000	0,000	0,000	23,780
119	15/07/98	15,58	20,43	0,000	0,000	0,000	20,425
120	29/07/98	11,60	8,81	0,000	0,000	0,000	8,812
121	12/08/98	12,96	11,08	0,000	0,000	0,000	11,083
122	25/08/98	8,72	11,77	0,000	0,000	0,000	11,770
123	02/09/98	15,34	24,23	0,000	0,000	0,000	24,230
124	16/09/98	12,00	17,56	0,000	0,000	0,000	17,556
125	30/09/98	15,22	15,74	0,000	0,000	0,000	15,744
126	14/10/98	30,02	173,80	0,000	0,000	0,000	173,804
127	28/10/98	21,36	55,76	41,862	11,200	53,062	2,698
128	11/11/98	11,59	24,25	0,000	0,000	0,000	24,250
129	25/11/98	11,51	29,56	0,000	0,000	0,000	29,560
130	09/12/98	24,34	112,51	0,000	0,000	0,000	112,510
131	22/12/98	22,01	342,83	11,364	5,260	16,624	326,206
132	06/01/99	48,65	1337,60	25,904	6,139	32,043	1305,555
133	21/01/99	70,39	519,37	244,112	66,333	310,445	208,928
134	28/01/99	98,49	2156,83	991,242	252,989	1244,231	912,599
135	03/02/99	55,26	552,79	1173,894	510,117	1684,011	-1131,221
136	11/02/99	69,25	540,397	1096,382	202,422	1298,804	-758,407
137	25/02/99	70,42	772,824	1024,645	277,137	1301,782	-528,958

Tabela 5.11.4: Descargas sólidas medida, descargas totais do leito segundo o método de Toffaleti (1968-1969) e valores de descarga de lavagem (Posto Sousa/ Campinas/SP)

Nº	DATA	Q (m ³ /s)	G _{total medido} (ton/dia)	G _{Fundo} (ton/dia)	G _{Suspenso} (ton/dia)	G _{Toffaleti} (ton/dia)	G _{lavagem} (ton/dia)
138	11/03/99	68,53	3859,033	133,791	61,790	195,581	3663,452
139	25/03/99	66,09	1349,87	826,019	234,431	1060,450	289,420
140	15/04/99	23,75	139,91	737,769	237,471	975,240	-835,330
141	29/04/99	16,54	475,333	79,231	10,644	89,875	385,458
142	13/05/99	20,69	56,423	4,373	8,692	13,065	43,358
143	09/06/99	18,06	42,62	69,393	9,521	78,914	-36,294
144	22/07/99	14,45	20,093	39,996	4,583	44,579	-24,486
145	05/08/99	12,64	12,162	0,000	0,000	0,000	12,162
146	19/08/99	13,18	43,284	11,766	1,478	13,244	30,040
147	02/09/99	10,02	15,54	15,853	1,759	17,612	-2,072
148	15/09/99	19,51	29,143	2,233	0,522	2,755	26,388
149	30/09/99	8,25	14,611	50,279	6,064	56,343	-41,732
150	14/10/99	10,41	18,823	1,894	0,207	2,101	16,722
151	28/10/99	14,18	31,027	7,750	0,820	8,570	22,457
152	11/11/99	11,74	39,8	21,776	2,649	24,425	15,375
153	25/11/99	22,41	82,379	14,031	1,383	15,414	66,965
154	09/12/99	22,85	430,476	137,923	15,044	152,967	277,509
155	23/12/99	5,33	14,703	7,794	16,498	24,292	-9,589
156	06/01/00	83,20	1721,644	0,119	0,114	0,233	1721,411
157	13/01/00	17,56	59,253	647,172	424,242	1071,414	-1012,161
158	20/01/00	18,52	48,171	31,862	5,115	36,977	11,194
159	27/01/00	22,03	130,81	45,232	7,320	52,552	78,258
160	03/02/00	31,18	320,403	38,197	229,359	267,556	52,847
161	09/02/00	19,99	87,487	259,093	71,379	330,472	-242,985
162	18/02/00	41,30	235,847	71,029	8,802	79,831	156,016
163	24/02/00	28,13	147,813	147,391	854,594	1001,985	-854,172
164	03/03/00	26,11	122,349	0,000	0,000	0,000	122,349
165	10/03/00	19,40	72,35	127,008	51,528	178,536	-106,186
166	17/03/00	22,24	109,748	205,372	21,374	226,746	-116,998
167	24/03/00	33,55	247,751	200,553	33,997	234,550	13,201
168	31/03/00	57,66	3497,511	0,000	0,000	0,000	3497,511
169	07/04/00	14,55	61,1	239,251	117,801	357,052	-295,952
170	14/04/00	12,12	52,782	26,303	3,473	29,776	23,006
171	19/04/00	11,24	19,292	0,000	0,000	0,000	19,292

Tabela 5.12.1: Descargas sólidas medida, descargas totais do leito segundo o método de Van Rijn (1984) e valores de descarga de lavagem (Posto Sousas/ Campinas/SP)

Nº	DATA	Q (m ³ /s)	G _{total medido} (ton/dia)	G _{Fundo} (ton/dia)	G _{Suspenso} (ton/dia)	G _{Van Rijn} (ton/dia)	G _{lavagem} (ton/dia)
1	26/03/93	31,69	301,711	52,071	110,800	162,871	138,840
2	06/04/96	21,73	103,728	29,641	69,765	99,406	4,322
3	20/04/93	16,78	151,275	7,018	13,524	20,542	130,733
4	04/05/93	22,67	212,615	11,597	19,084	30,681	181,934
5	18/05/93	13,12	27,564	0,000	0,000	0,000	27,564
6	01/06/93	40,92	541,200	0,000	0,000	0,000	541,200
7	08/06/93	23,11	81,636	0,000	0,000	0,000	81,636
8	15/06/93	17,03	36,298	0,000	0,000	0,000	36,298
9	22/06/93	16,91	30,778	0,000	0,000	0,000	30,778
10	29/06/93	9,48	14,927	0,000	0,000	0,000	14,927
11	06/07/93	8,26	12,232	0,000	0,000	0,000	12,232
12	21/07/93	7,03	11,436	0,000	0,000	0,000	11,436
13	03/08/93	3,74	4,632	0,000	0,000	0,000	4,632
14	17/08/93	5,93	7,392	0,000	0,000	0,000	7,392
15	31/08/93	6,13	8,582	0,000	0,000	0,000	8,582
16	21/09/93	10,95	26,696	0,000	0,000	0,000	26,696
17	28/09/93	38,11	431,614	0,000	0,000	0,000	431,614
18	05/10/93	14,02	113,156	0,000	0,000	0,000	113,156
19	21/10/93	22,83	174,283	0,000	0,000	0,000	174,283
20	28/10/93	28,94	408,337	0,000	0,000	0,000	408,337
21	04/11/93	7,25	22,513	0,000	0,000	0,000	22,513
22	09/11/93	9,90	29,765	0,000	0,000	0,000	29,765
23	20/12/93	21,41	168,300	0,000	0,000	0,000	168,300
24	10/02/93	52,61	530,602	0,000	0,000	0,000	530,602
25	29/03/94	37,70	228,687	24,994	63,224	88,218	140,469
26	19/04/94	20,09	68,272	0,000	0,000	0,000	68,272
27	06/05/94	12,10	25,182	0,000	0,000	0,000	25,182
28	20/05/94	12,58	26,282	0,000	0,000	0,000	26,282
29	17/06/94	12,82	10,595	0,000	0,000	0,000	10,595
30	01/07/94	13,71	10,806	0,000	0,000	0,000	10,806
31	15/07/94	10,56	26,401	0,000	0,000	0,000	26,401
32	29/07/94	13,98	45,270	0,000	0,000	0,000	45,270
33	12/08/94	6,91	5,891	0,000	0,000	0,000	5,891
34	26/08/94	9,44	11,842	0,000	0,000	0,000	11,842
35	08/09/94	10,93	25,424	0,000	0,000	0,000	25,424
36	22/09/94	14,32	23,662	0,000	0,000	0,000	23,662
37	06/10/94	9,67	14,962	0,000	0,000	0,000	14,962
38	27/10/94	28,50	218,734	0,000	0,000	0,000	218,734
39	23/11/94	11,00	33,804	0,000	0,000	0,000	33,804
40	22/12/94	70,64	4148,998	0,000	0,000	0,000	4148,998
41	05/01/95	56,36	881,483	71,530	184,270	255,800	625,683
42	19/01/95	19,98	68,095	0,000	0,000	0,000	68,095
43	26/01/95	17,01	56,966	0,000	0,000	0,000	56,966
44	09/02/95	159,81	3374,707	0,000	0,000	0,000	3374,707
45	16/02/95	68,21	449,175	140,240	356,405	496,645	-47,470
46	08/03/95	31,34	141,706	0,000	0,000	0,000	141,706

Tabela 5.12.2: Descargas sólidas medida, descargas totais do leito segundo o método de Van Rijn (1984) e valores de descarga de lavagem (Posto Sousas/ Campinas/SP)

Nº	DATA	Q (m³/s)	G total medido (ton/dia)	G Fundo (ton/dia)	G Suspenso (ton/dia)	G Van Rijn (ton/dia)	G lavagem (ton/dia)
47	24/03/95	64,81	8339,061	0,000	0,000	0,000	8339,061
48	07/04/95	47,36	373,971	0,000	0,000	0,000	373,971
49	28/04/95	29,99	93,501	0,000	0,000	0,000	93,501
50	12/05/95	37,76	183,128	43,754	171,942	215,696	-32,568
51	09/06/95	20,51	33,453	2,139	7,985	10,124	23,329
52	23/06/95	20,50	35,888	3,368	8,885	12,253	23,635
53	05/07/95	16,29	20,801	1,440	6,325	7,765	13,036
54	12/07/95	45,94	311,243	56,391	330,444	386,835	-75,592
55	19/7/95	22,54	47,286	4,739	22,689	27,428	19,858
56	26/07/95	26,29	101,838	10,216	36,557	46,773	55,065
57	10/08/95	14,71	16,912	0,000	0,000	0,000	16,912
58	31/08/95	10,61	9,882	0,000	0,000	0,000	9,882
59	21/09/95	21,80	50,581	7,813	32,187	40,000	10,581
60	28/09/95	23,78	72,479	6,368	20,407	26,775	45,704
61	05/10/95	13,59	16,932	0,168	0,566	0,734	16,198
62	19/10/95	48,82	370,215	0,000	0,000	0,000	370,215
63	23/11/95	15,11	25,516	0,290	0,726	1,016	24,500
64	07/12/95	9,25	12,602	0,000	0,000	0,000	12,602
65	10/01/96	106,31	1874,441	388,377	1458,215	1846,592	27,849
66	31/01/96	22,38	66,279	3,918	17,485	21,403	44,876
67	07/02/96	39,74	246,668	42,121	166,038	208,159	38,509
68	06/03/96	60,16	521,482	96,109	452,413	548,522	-27,040
69	20/03/96	111,45	1722,280	497,558	2260,015	2757,573	-1035,293
70	03/04/96	35,03	202,793	29,735	91,864	121,599	81,194
71	16/04/96	32,34	1984,031	16,970	59,187	76,157	1907,874
72	15/05/96	25,67	49,126	9,305	27,725	37,030	12,096
73	22/05/96	22,58	30,348	6,255	19,559	25,814	4,534
74	19/06/96	13,76	15,312	0,000	0,000	0,000	15,312
75	03/06/96	16,83	28,533	0,368	0,794	1,162	27,371
76	17/07/96	12,79	13,044	0,000	0,000	0,000	13,044
77	31/07/96	12,23	11,465	0,000	0,000	0,000	11,465
78	07/08/96	12,60	11,194	0,000	0,000	0,000	11,194
79	14/08/96	14,24	22,045	0,238	0,584	0,822	21,223
80	21/08/96	15,09	20,695	0,000	0,000	0,000	20,695
81	28/08/96	12,25	11,923	0,000	0,000	0,000	11,923
82	04/09/96	24,13	89,886	4,906	12,638	17,544	72,342
83	11/09/96	78,24	1590,377	163,647	396,295	559,942	1030,435
84	02/10/96	17,00	24,846	0,000	0,000	0,000	24,846
85	16/10/96	28,70	151,790	7,079	15,256	22,335	129,455
86	06/11/96	32,10	350,630	0,000	0,000	0,000	350,630
87	20/11/96	27,90	315,644	0,000	0,000	0,000	315,644
88	06/12/96	24,36	156,930	0,000	0,000	0,000	156,930
89	09/01/97	28,58	228,12	12,988	43,465	56,453	171,670
90	22/01/97	41,34	389,01	35,847	127,446	163,293	225,713
91	03/02/97	104,46	1225,99	420,758	1637,514	2058,272	-796,282
92	12/03/97	25,44	119,64	11,557	37,238	48,795	70,845

Tabela 5.12.3: Descargas sólidas medida, descargas totais do leito segundo o método de Van Rijn (1984) e valores de descarga de lavagem (Posto Sousas/ Campinas/SP)

Nº	DATA	Q (m ³ /s)	G _{total medido} (ton/dia)	G _{Fundo} (ton/dia)	G _{Suspense} (ton/dia)	G _{Van Rijn} (ton/dia)	G _{lavagem} (ton/dia)
93	26/03/97	18,42	49,00	3,021	9,324	12,345	36,655
94	16/04/97	14,59	24,85	0,000	0,000	0,000	24,852
95	14/05/97	11,30	16,39	0,000	0,000	0,000	16,394
96	04/06/97	15,35	32,43	0,000	0,000	0,000	32,426
97	02/07/97	14,99	41,55	0,000	0,000	0,000	41,545
98	12/08/97	16,38	77,64	0,000	0,000	0,000	77,643
99	26/08/97	19,34	28,47	0,000	0,000	0,000	28,465
100	09/09/97	9,16	14,49	2,091	4,413	6,504	7,988
101	23/09/97	17,79	47,10	0,000	0,000	0,000	47,103
102	07/10/97	16,42	60,38	12,195	47,442	59,637	0,746
103	21/10/97	19,54	55,73	1,509	5,545	7,054	48,680
104	04/11/97	14,40	35,57	0,000	0,000	0,000	35,573
105	02/12/97	22,51	68,06	0,000	0,000	0,000	68,059
106	16/12/97	41,24	413,65	0,000	0,000	0,000	413,650
107	13/01/98	42,74	731,46	56,981	241,246	298,227	433,230
108	27/01/98	21,94	87,80	56,772	224,050	280,822	-193,022
109	11/02/98	54,61	645,57	0,000	0,000	0,000	645,570
110	26/02/98	69,92	1777,18	101,512	240,164	341,676	1435,504
111	11/03/98	32,01	236,76	0,000	0,000	0,000	236,760
112	25/03/98	42,21	398,74	21,040	46,290	67,330	331,410
113	08/04/98	18,31	41,19	62,704	213,629	276,333	-235,139
114	22/04/98	17,93	49,02	0,000	0,000	0,000	49,024
115	06/05/98	56,68	653,17	0,000	0,000	0,000	653,165
116	21/05/98	16,46	27,05	111,076	375,212	486,288	-459,243
117	03/06/98	20,11	51,40	1,317	4,245	5,562	45,834
118	17/06/98	14,17	23,78	0,000	0,000	0,000	23,780
119	15/07/98	15,58	20,43	0,000	0,000	0,000	20,425
120	29/07/98	11,60	8,81	0,000	0,000	0,000	8,812
121	12/08/98	12,96	11,08	0,000	0,000	0,000	11,083
122	25/08/98	8,72	11,77	0,000	0,000	0,000	11,770
123	02/09/98	15,34	24,23	0,000	0,000	0,000	24,230
124	16/09/98	12,00	17,56	0,000	0,000	0,000	17,556
125	30/09/98	15,22	15,74	0,000	0,000	0,000	15,744
126	14/10/98	30,02	173,80	0,000	0,000	0,000	173,804
127	28/10/98	21,36	55,76	0,000	0,000	0,000	55,760
128	11/11/98	11,59	24,25	0,000	0,000	0,000	24,250
129	25/11/98	11,51	29,56	0,000	0,000	0,000	29,560
130	09/12/98	24,34	112,51	2,602	6,342	8,944	103,566
131	22/12/98	22,01	342,83	0,000	0,000	0,000	342,830
132	06/01/99	48,65	1337,60	20,370	67,486	87,856	1249,742
133	21/01/99	70,39	519,37	64,313	304,945	369,258	150,115
134	28/01/99	98,49	2156,83	216,484	1292,328	1508,812	648,018
135	03/02/99	55,26	552,79	506,396	2872,916	3379,312	-2826,522
136	11/02/99	69,25	540,397	144,423	836,680	981,103	-440,706
137	25/02/99	70,42	772,824	241,888	1326,487	1568,375	-795,551

Tabela 5.12.4: Descargas sólidas medida, descargas totais do leito segundo o método de Van Rijn (1984) e valores de descarga de lavagem (Posto Sousas/ Campinas/SP)

Nº	DATA	Q (m ³ /s)	G total medido (ton/dia)	G Fundo (ton/dia)	G Suspenso (ton/dia)	G Van Rijn (ton/dia)	G lavagem (ton/dia)
138	11/03/99	68,53	3859,033	0,000	0,000	0,000	3859,033
139	25/03/99	66,09	1349,87	222,106	1139,088	1361,194	-11,324
140	15/04/99	23,75	139,91	223,202	1104,049	1327,251	-1187,341
141	29/04/99	16,54	475,333	18,200	87,444	105,644	369,689
142	13/05/99	20,69	56,423	12,144	47,155	59,299	-2,876
143	09/06/99	18,06	42,62	14,940	78,970	93,910	-51,290
144	22/07/99	14,45	20,093	0,283	0,323	0,606	19,487
145	05/08/99	12,64	12,162	14,509	40,258	54,767	-42,605
146	19/08/99	13,18	43,284	8,209	21,512	29,721	13,563
147	02/09/99	10,02	15,54	6,993	24,740	31,733	-16,193
148	15/09/99	19,51	29,143	0,000	0,000	0,000	29,143
149	30/09/99	8,25	14,611	5,877	9,686	15,563	-0,952
150	14/10/99	10,41	18,823	0,995	4,095	5,090	13,733
151	28/10/99	14,18	31,027	4,749	20,981	25,730	5,297
152	11/11/99	11,74	39,8	0,000	0,000	0,000	39,800
153	25/11/99	22,41	82,379	3,002	14,414	17,416	64,963
154	09/12/99	22,85	430,476	34,586	163,223	197,809	232,667
155	23/12/99	5,33	14,703	5,579	6,437	12,016	2,687
156	06/01/00	83,20	1721,644	1,078	2,332	3,410	1718,234
157	13/01/00	17,56	59,253	536,077	2967,735	3503,812	-3444,559
158	20/01/00	18,52	48,171	18,751	56,673	75,424	-27,253
159	27/01/00	22,03	130,81	17,153	31,396	48,549	82,261
160	03/02/00	31,18	320,403	41,920	144,027	185,947	134,456
161	09/02/00	19,99	87,487	401,851	732,323	1134,174	-1046,687
162	18/02/00	41,30	235,847	88,633	168,464	257,097	-21,250
163	24/02/00	28,13	147,813	166,393	791,621	958,014	-810,201
164	03/03/00	26,11	122,349	52,418	290,885	343,303	-220,954
165	10/03/00	19,40	72,35	77,641	281,343	358,984	-286,634
166	17/03/00	22,24	109,748	27,714	154,658	182,372	-72,624
167	24/03/00	33,55	247,751	68,978	319,182	388,160	-140,409
168	31/03/00	57,66	3497,511	116,433	300,572	417,005	3080,506
169	07/04/00	14,55	61,1	252,046	769,307	1021,353	-960,253
170	14/04/00	12,12	52,782	17,868	67,073	84,941	-32,159
171	19/04/00	11,24	19,292	9,462	24,009	33,471	-14,179

Referência Bibliográfica

[1] ÁLVAREZ, José Antonio M., FLORES, Manuel G. Transporte de Sedimentos. México, Instituto de Ingeniería, 1996, 531p. ISSN 0185-2345.

[2] ÁLVAREZ, José Antonio M., SEGURA, Rafael V. Transporte Total del Material del Fondo. Anais, Vol. 4, pp:163-174. XVII Congresso Latinoamericano de Hidraulica. AIIH – Asociación Internaional de Investigaciones Hidráulicas. Guayaquil – Ecuador, 1996.

[3] BREA, J. D., SPALLETTI, P. D. – Producción de Sedimentos en Cuencas de Ríos de Montana. XVII Congresso Latinoamericano de Hidráulica. AIIH – Asociación Internaional de Investigaciones Hidráulicas. Guayaquil Vol. 2, pp:205-213. Oaxaca, México, 1998.

[4] CAMPOS, R. e COIADO, E. M. – Estudo do assoreamento de um pequeno reservatório. X Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos e I Simpósio de Recursos Hídricos do Cone Sul. Gramado/RS, Anais, Rio de Janeiro. ABRH-Associação Brasileira de Recursos Hídricos. Vol. 5 pp. 93-102, 1993.

[5] CARVALHO, Newton de O. Hidrossedimentologia Prática. Rio de Janeiro: CPRM, 1994, 372p. el. CDU 556.51.

[6] CASTRO, T. L. C., AGUILAR, F. P., ORTEGA, M. C., HRASKO, F., CARVALHO, N. O. – Avaliação do Assoreamento do Reservatório da UHE de Mascarenhas no Rio Doce. III Encontro de Engenharia de Sedimentos. Belo Horizonte, Setembro. Anais, pg. 193, 1998.

[7] CHOW, Ven T. – Handbook of Applied Hydrology. New York, McGraw-Hill. 1964, 502p. 63-13931.

[8] ECKHARDT, Márcia. Estimativa do Transporte de Sedimentos em Escoamento com Superfície Livre pelo Método de Toffaleti. Rio de Janeiro: COPPE.UFRJ, 1998. 143p. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1998.

[9] FIGUEIREDO, Ademir G. A Dinâmica da Produção e Transporte de Sedimentos em Suspensão na Bacia do Rio Aguapeí. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1993, Vol. I. 397p. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1993.

[10] GARDE, R. J., RANGA RAJU, K. G. Mechanics of Sediment Transportation and Alluvial Stream Problems. 2nd Edition. New York. John Wiley & Sons. 1985, 618p. 84-22539.

[11] GRAF, Walter H. – Hydraulics of Sediment Transport. New York, McGraw-Hill. 1971, 513p. 79-128788.

[12] HENKLEIN, J. M.; COIADO, E.M. – Correlações visando reduzir o número de medições fuvio-sedimentométricas. Revista Brasileira de Engenharia da Associação Brasileira de Recursos Hídricos, Vol. 4, Nº 2, pp. 49 –59, Abr/Jun/1999.

[13] HRASKO, F. – Assoreamento do Reservatório da Usina de Mascarenhas, ES: Reflexos na Manutenção. II Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos. Rio de Janeiro, Anais, pg. 345, 1996.

[14] PARTHENIADES E. On the concept of the washload, Internation Symposium on River Mechanics, 9-12, January, 1973, Bangkok, Thailand, p. 573-584.

[15] RAUDKIVI, A. J. Loose Boundary Hydraulics. 2nd Edition. Oxford. Pergamon Press. 1976, 397p. 75-22347.

[16] RENDON-HERRERO, O. Estimation of Washload Produced on Certain Small Watersheds, Journal of the Hydraulic Division, ASCE, vol.100, nº HY7, July, 1974, p 835-848.

[17] SAMANEZ, Sandro, V.G. Estudo da Aplicabilidade de Métodos de Estimativa de Transporte de Sedimentos em Rios Pequenos. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil – Área de Hidráulica e Saneamento, Escola de Engenharia de São Carlos: EESC, Universidade de São Paulo, 1998, p. 221.

[18] SHEN, H. W. Hans Albert Einstein's Contributions in Sedimentation, Journal of the Hydraulics Division, ASCE, vol. 101, nº HY 5, May, 1975, p. 469-488.

[19] SHEN, H. W. River Mechanics, Fort Collins, Colorado, P. O . Box 606, 1971.

[20] SIMONS, Daryl B., SENTÜRK, F. Sediment Transport Technology. Colorado. U.S. Water Resources Publications. 1992. 897p.ISBN: 0-918334-66-7.

[21] PAIVA, L. E. D. de - Aplicação de Métodos Macroscópicos na Determinação da Carga Sólida Total Transportada em Rios. Dissertação de Mestrado apresentada à Universidade Estadual de Campinas, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil na área de

concentração em Recursos Hídricos e Saneamento. Campinas, Estado de São Paulo, 1995.

[22] PAIVA, João B. Dias de – Cálculo do Transporte de Sedimentos em Rios. São Carlos:EEC, 1988. 315 p. Teset (Doutorado em Engenharia – Hidráulica e Saneamento) – Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo, 1988.

[23] PAIVA, J. B. D. , VILLELA, S.M. – Avaliação dos Métodos de Cálculo da Descarga Sólida em Rios, RBE, vol. 7, nº 01, 1989.

[24] VETTER, C.P. - Why Desilting Works for the All-American Canal? – Engineering News-Record, vol. 118, nº 08, march 4, 1937, p.321-326.

[25] WANG, S. Y. The Principle and Application of Sediment Effective Power, Journal of Hydraulic Engineering, vol. 110, nº 2, February, 1984, p. 97-107.

[26] YANG, Ted C. Sediment Transport Theory and Practice. New York. McGraw-Hill Companies. 1996. 395p. ISBN 0-07-912265-5.

Abstract

In this paper presents a experimental research to compute the wash load discharge transported by a river. The total discharge was measured at a section o the Atibaia river, in São Paulo State, in Brazil. The research was carried out from march/1993 to april/2000. The total bed load discharge was computed using the following equations or methods: Equations or Methods of Laursen (1958), Bishop, Simons e Richardson (1965), Shen e Hung (1971), Yang (1973), Ackers e White (1972-1973), Toffaleti (1968-1969), Van Rijn (1984). The wash load discharge was considered the difference between the total discharge measured and the total bed load computed. It was showed that the wash load presents weak relation with the dimensionless shear stress; all average values of the sediment diameter transported in suspension are lower than 0,0625mm; using equations and methods showed above, the average wash load is equal a 83,60% the total discharge transportade by the Atibaia river in the section considered.