

ERHA 7039

# Princípios da Modelagem e Controle da Qualidade da Água Superficial

---

REGINA TIEMY KISHI

<http://www.ufpr.br/~rtkishi.dhs/ERHA7039>

# 12 – Modelo QUAL2K

## Modelo QUAL

---

Um dos modelos mais utilizados na simulação da qualidade da água de cursos de água

1970	QUAL-I	F.D.Masch and Associates and the Texas Water Development Board
1972	QUAL-II	Water Resources Engineers, Inc. (now Camp, Dresser and McKee), under contract with the US EPA
1987	QUAL2E	Brown & Barnwell, maintained by US EPA' s Center for Water Quality Modeling in Athens Georgia
2006 (versão 2.04)	QUAL2K (ou Q2K)	Versão moderna do QUAL2E Steve Chapra, Greg Pelletier e Hua Tao <a href="https://www.qual2k.com/download.html">https://www.qual2k.com/download.html</a>

# Modelo QUAL2E

---

Simula até 15 parâmetros de qualidade da água:

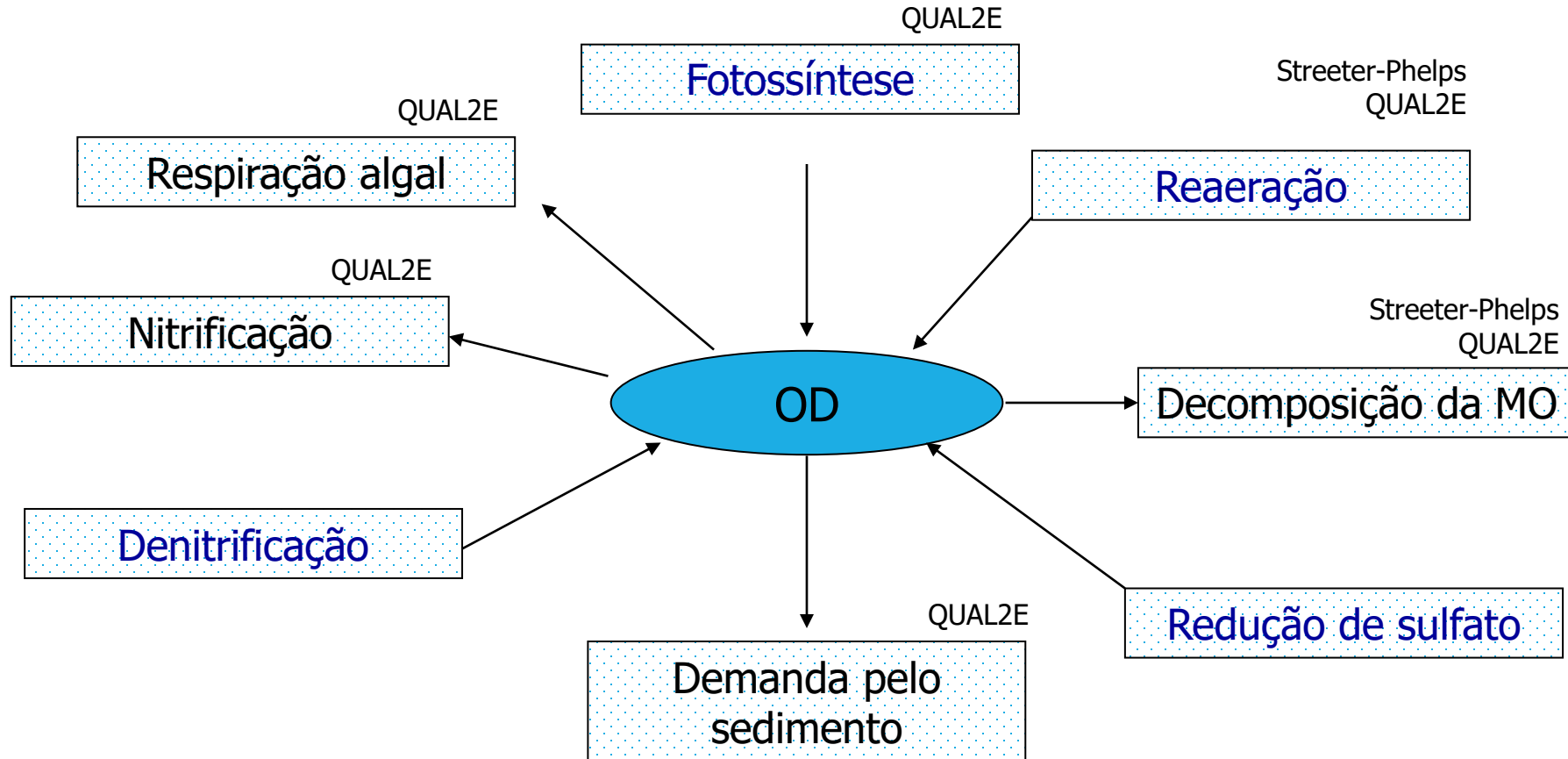
- OD
- DBO
- Temperatura
- Alga como clorofila-A
- N-orgânico
- Amônia
- Nitrito
- Nitrato
- P-orgânico
- P-dissolvido
- coliformes
- substância não-conservativa
- substância conservativa I
- substância conservativa II
- substância conservativa III

$$\frac{\partial M}{\partial t} = \underbrace{\frac{\partial(A_x D_L \frac{\partial C}{\partial x})}{\partial x}}_{\text{Dispersão}} dx - \underbrace{\frac{\partial(A_x \bar{u} C)}{\partial x}}_{\text{Advecção}} dx + \underbrace{(A_x dx) \frac{dC}{dt}}_{\text{Cinética}} + s$$

Ganhos/perdas de/para fora do sistema

$$\frac{dOD}{dt} = \underbrace{k_2(OD_{sat} - OD)}_{\text{Reaeração}} - \underbrace{(\alpha_3 \mu - \alpha_4 \rho)A}_{\text{Respiração algal}} - \underbrace{k_1 L}_{\text{Fotossíntese}} - \underbrace{k_4 / d}_{\text{Demanda carbonácea}} - \underbrace{\alpha_5 \beta_1 N_1}_{\text{Nitrificação da amônia}} - \underbrace{\alpha_6 \beta_2 N_2}_{\text{Nitrificação do nitrito}} - \text{Demanda pelo sedimento}$$

# Oxigênio dissolvido



# DBO carbonácea

---

$$\frac{dL}{dt} = -k_1 L - k_s L$$



Decomposição da MO



Perda devido sedimentação

Outras variáveis:

Concentração da biomassa algal:

$$\frac{dA}{dt} = \mu A - \rho A - \frac{\sigma_1}{d} A$$

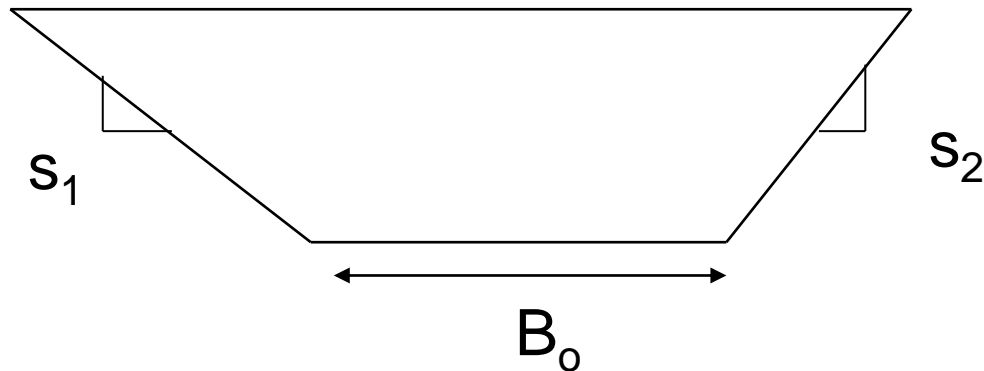
Concentração de N-orgânico:

$$\frac{dN_4}{dt} = \alpha_1 \rho A - \beta_3 N_4 - \alpha_4 N_4$$

# Características hidráulicas

Opção 1

Canal trapezoidal:



- largura do fundo
- declividade lateral  $s_1$
- declividade lateral  $s_2$
- coeficiente de rugosidade de Manning

Opção 2

Coeficientes de descarga:

Velocidade:

$$U = aQ^b$$

Profundidade:

$$H = \alpha Q^\beta$$

# Discretização espacial

- Sistema dendrítico
- bem misturado lateral e verticalmente - unidimensional
- múltiplas descargas pontuais
- captação de água
- tributários
- fluxo incremental distribuído

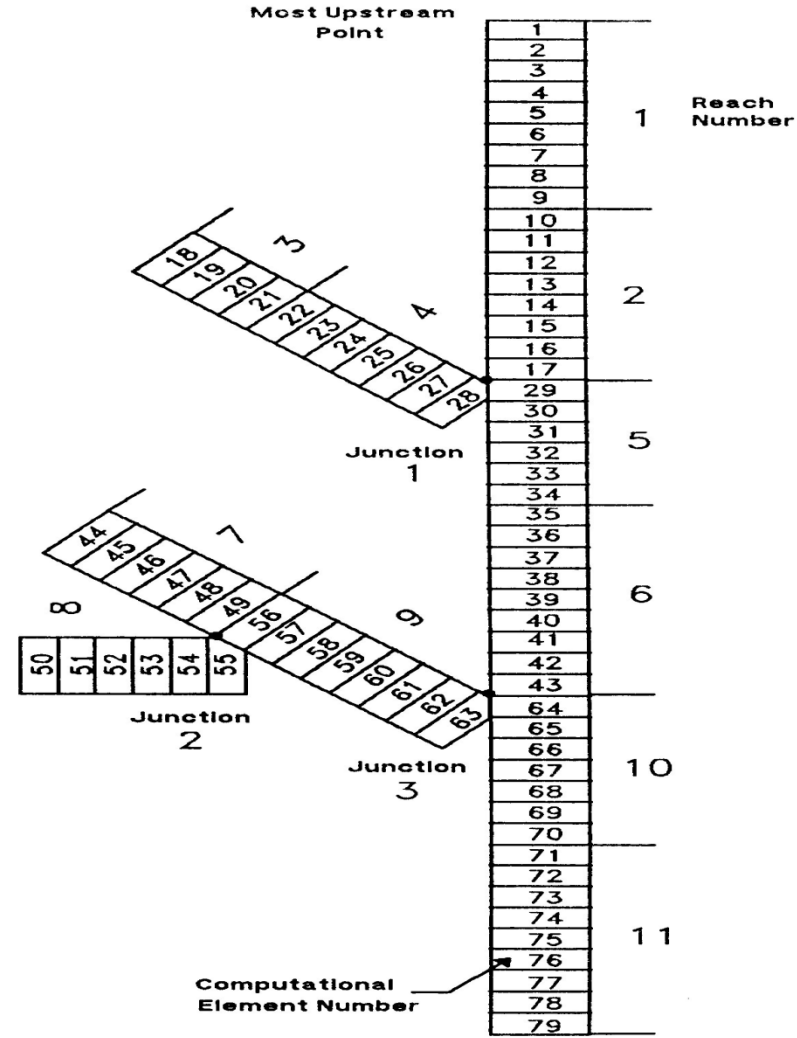
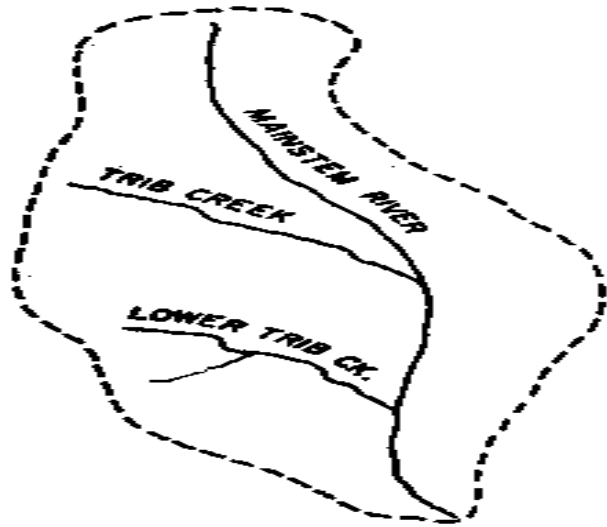
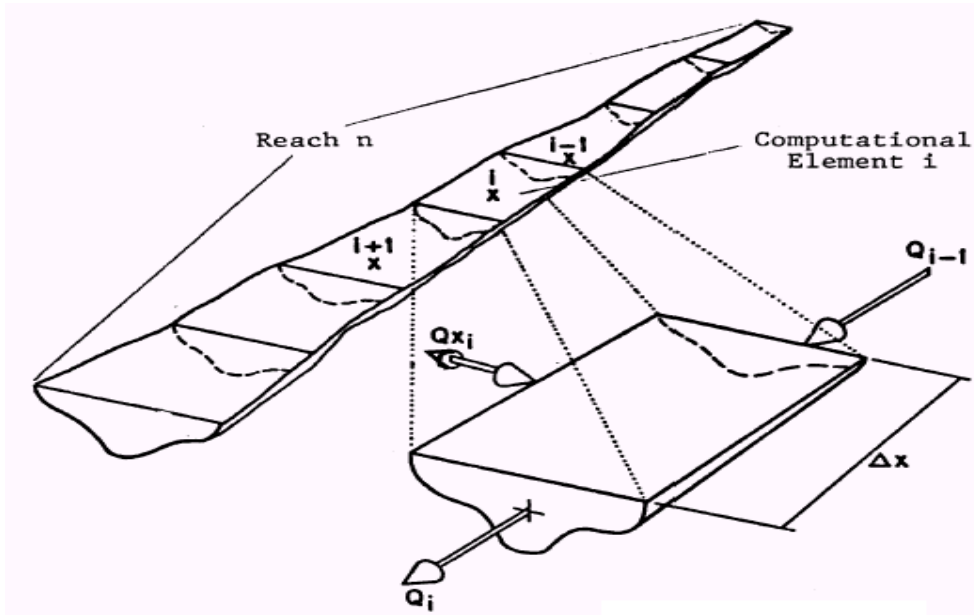
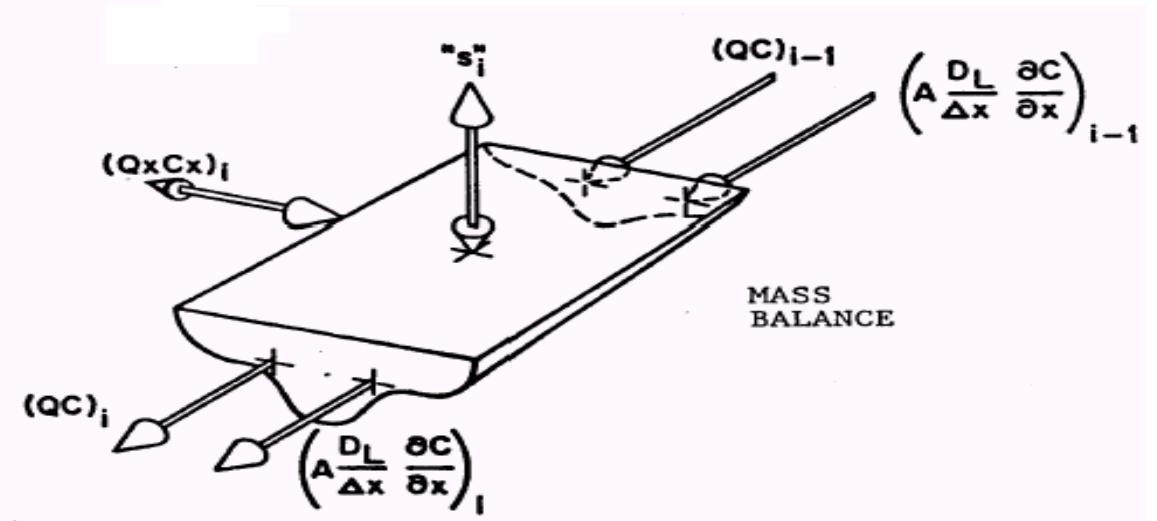


FIGURE A-1 STREAM NETWORK EXAMPLE TO ILLUSTRATE DATA INPUT

# Trecho e elementos computacionais



FLOW  
BALANCE



---

**Curso de água:**

coleção de **trechos** com propriedade hidrogeométrica homogênea.

Número máximo de trechos: 25

Trecho dividido em uma série de **elementos computacionais** de igual tamanho (volume de controle).

Número máximo de elementos: 20/trecho ou total de 250

**Elemento de cabeceira:** máximo 7

**Elemento padrão**

**Elemento logo a montante da junção**

**Elemento de junção:** máximo 6

**Último elemento no sistema**

**Elemento com entrada ou saída de fluxo:** máximo 25



# Qual 2K

# River and Stream Water Quality Model (QUAL2K)

Parte13\_Q2KMasterv2\_07 [Modo de Compatibilidade] - Microsoft Excel uso não comercial

Arquivo | Página Inicial | Inserir | Layout da Página | Fórmulas | Dados | Revisão | Exibição | Suplementos

Área de Tran... | Fonte | Alinhamento | Número | Geral | Formatação Condicional | Formatar como Tabela | Estilos de Célula | Inserir | Excluir | Formatar | Células | AutoSoma | Preencher | Limpar | Edição

B8 | Sugar River

1	<b>QUAL2K FORTRAN</b>	
2	<b>Stream Water Quality Model</b>	
3	<b>Steve Chapra, Hua Tao and Greg Pelletier</b>	
4	<b>Version 2.07</b>	
5		
6		
7	<b>System ID:</b>	
8	River name	Sugar River
9	Saved file name	SR081704v2_7dummy
10	Directory where file saved	ps/posgraduacao/TH727_Modelagem/slides
11	Month	8
12	Day	17
13	Year	2004
14	Time zone	Eastern
15	Daylight savings time	Yes
16	<b>Calculation:</b>	
17	Calculation step	0,0625 hours
18	Final time	3 day
19	Solution method (integration)	Euler
20	Solution method (pH)	Bisection
21	Program determined calc step	0,046875 hours
22	Time of last calculation	0,11 minutes
23	Time of sunrise	5:57 AM
24	Time of solar noon	12:51 PM
25	Time of sunset	7:45 PM
26	Photoperiod	13.81 hours

Open Old File

Run Fortran

QUAL2K | Headwater | Downstream | Reach | Reach Rates | Air Temperature | Dew Point Temperature | Wind Speed | Cloud Cover | Shade | Rates

Pronto | 100% | 21:42 | 16.08.2012

Parte13\_Q2KMasterv2\_07 [Modo de Compatibilidade] - Microsoft Excel uso não comercial

Arquivo | Página Inicial | Inserir | Layout da Página | Fórmulas | Dados | Revisão | Exibição | Suplementos

Colar | Arial | 10 | Quebrar Texto Automaticamente | Número | Formatação Condicional | Formatar como Tabela | Estilos de Célula | Inserir | Excluir | Formatar | AutoSoma | Preencher | Limpar | Classificar e Filtrar | Localizar e Selecionar | Edição

Área de Tran... | Fonte | Alinhamento | Número | Estilo | Células

F13 | 20,66

1 **QUAL2K**

2 **Stream Water Quality Model**

3 **Sugar River (8/17/2004)**

4 **Headwater Data:**

5

6

7 **Note:** \* required field

8 **ID** Number of Headwaters\* 1

9 **No. 1** Reach No.\* Headwater Name Flow\* Elevation Weir Rating Curves Manning

10 Rate Height Width adam bdam Velocity Depth Channel Manning Bot Wid

11 (m<sup>3</sup>/s) (m) (m) (m) Coefficient Exponent Coefficient Exponent Slope n m

12 0,971 293,983 0,000 0,000 1,2500 0,9000 0,0000 0,000 0,000 0,000 0,000 0,000 0,00539553 0,0750 10

13 **Headwater Water Quality** Units 12:00 AM 1:00 AM 2:00 AM 3:00 AM 4:00 AM 5:00 AM 6:00 AM 7:00 AM 8:00 AM 9:00 AM 10:00 AM 11:00 AM 12:00 P

14 **Temperature** C 21,28 20,96 20,66 20,41 20,21 20,09 20,05 20,09 20,21 20,41 20,66 20,96 21

15 **Conductivity** umhos 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0

16 **Inorganic Solids** mgD/L

17 **Dissolved Oxygen** mg/L 8,47 8,49 8,51 8,53 8,54 8,55 8,55 8,55 8,53 8,51 8,49 8

18 **CBODslow** mgO2/L 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0

19 **CBODfast** mgO2/L 2,00 2,00 2,00 2,00 2,00 2,00 2,00 2,00 2,00 2,00 2,00 2,00 2

20 **Organic Nitrogen** ugN/L 280,00 280,00 280,00 280,00 280,00 280,00 280,00 280,00 280,00 280,00 280,00 280,00 280

21 **NH4-Nitrogen** ugN/L 40,00 40,00 40,00 40,00 40,00 40,00 40,00 40,00 40,00 40,00 40,00 40,00 40

22 **NO3-Nitrogen** ugN/L 23,00 23,00 23,00 23,00 23,00 23,00 23,00 23,00 23,00 23,00 23,00 23,00 23

23 **Organic Phosphorus** ugP/L 16,00 16,00 16,00 16,00 16,00 16,00 16,00 16,00 16,00 16,00 16,00 16,00 16

24 **Inorganic Phosphorus (SRP)** ugP/L 6,30 6,30 6,30 6,30 6,30 6,30 6,30 6,30 6,30 6,30 6,30 6,30 6

25 **Phytoplankton** ugA/L 10,00 10,00 10,00 10,00 10,00 10,00 10,00 10,00 10,00 10,00 10,00 10,00 10

26 **Detritus (POM)** mgD/L 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0

27 **Pathogen** cfu/100 ml 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0

14 QUAL2K | Headwater | Downstream | Reach | Reach Rates | Air Temperature | Dew Point Temperature | Wind Speed | Cloud Cover | Shade | Rates

Pronto | 100% | 21:43 | 16.08.2012



Arquivo | Página Inicial | Inserir | Layout da Página | Fórmulas | Dados | Revisão | Exibição | Suplementos

Arial 10 | **N** *I* **S** | | | Quebrar Texto Automaticamente | Geral | Formatação Condicional | Formatar como Tabela | Estilos de Célula

Área de Tran... | Fonte | Alinhamento | Número | Estilo

A24														
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	
1	<b>QUAL2K</b>													
2	<b>Stream Water Quality Model</b>													
3	<b>Sugar River (8/17/2004)</b>													
4	<b>Hydraulics Data:</b>													
5														
6														
7	<b>Headwater</b>	<b>Distance</b>	<b>Q-data</b>	<b>H-data</b>	<b>U-data</b>	<b>Travel time</b>								
8	<b>ID</b>	<b>x(km)</b>	<b>m3/s</b>	<b>m</b>	<b>m/s</b>	<b>data (d)</b>								
9	1	40,441	0,970											
10	1	39,540	1,090											
11	1	32,845	1,420											
12	1	29,659												
13	1	15,288	3,780											
14	1	9,575	3,460											
15	1	40,441				0,000								
16	1	40,071				0,020								
17	1	39,540				0,080								
18	1	36,949				0,240								
19	1	33,811				0,770								
20	1	32,845				1,160								
21	1	29,659				1,330								
22	1	26,102				1,560								
23	1	9,575				2,250								
24														
25														
26														

Open Old File      Run Fortran

Parte13\_Q2KMasterv2\_07 [Modo de Compatibilidade] - Microsoft Excel uso não comercial

Arquivo | Página Inicial | Inserir | Layout da Página | Fórmulas | Dados | Revisão | Exibição | Suplementos

Fonte: Arial, 10, Negrito, Itálico, Sublinhado, Cor, Bordas, Alinhamento, Número, Formatação Condicional, Estilos de Célula, Inserir, Excluir, Formatar, AutoSoma, Preencher, Limpar, Classificar e Filtrar, Localizar e Selecionar, Edição

Área de Trabalho: A9, fx, main

<b>QUAL2K</b> <b>Stream Water Quality Model</b> <b>Sugar River (8/17/2004)</b> <b>Constituent (Average) Summary</b>												
Tributary	Reach Label	x(km)	cond (umhos)	ISS (mgD/L)	DO(mgO2/L)	CBODs (mgO2/L)	CBODf (mgO2/L)	No(ugN/L)	NH4(ugN/L)	NO3(ugN/L)	Po (ugP/L)	Inorg P (ugP/L)
main	Mainstem headwa	40,44	0,00	0,00	8,47	0,00	2,00	280,00	40,00	23,00	16,00	
		40,38	0,00	0,00	8,45	0,00	1,99	279,25	40,22	23,32	15,97	
		40,26	0,00	0,00	8,44	0,00	1,99	278,37	40,42	23,62	15,92	
		40,09	0,00	0,62	8,41	0,00	1,97	281,51	42,30	169,77	15,61	
		39,86	0,00	0,61	8,44	0,00	1,95	279,04	42,07	169,36	15,50	
		39,54	0,00	0,60	8,44	0,00	1,93	276,41	41,93	168,87	15,38	
		39,13	0,00	0,59	8,44	0,00	1,91	273,83	41,80	168,39	15,26	
		38,59	0,00	0,58	8,42	0,00	1,88	268,95	41,83	168,23	15,04	
		37,91	0,00	0,52	8,40	0,00	1,68	284,79	38,62	154,91	13,52	
		37,45	0,00	0,52	8,42	0,00	1,67	283,28	38,48	154,53	13,46	
		37,20	0,00	0,52	8,43	0,00	1,66	281,77	38,35	154,16	13,41	
		36,97	0,00	0,51	8,45	0,00	1,65	280,57	38,21	153,79	13,36	
		36,75	0,00	0,51	8,47	0,00	1,64	279,37	38,08	153,42	13,31	
		35,94	0,00	0,48	8,56	0,00	1,56	266,00	38,14	153,18	12,83	
		34,52	0,00	0,41	8,56	0,00	1,30	278,42	35,32	147,32	10,81	
		33,58	0,00	0,39	8,35	0,00	1,19	255,78	41,02	162,03	10,44	
		33,12	0,00	0,39	8,73	0,00	1,18	253,69	41,05	161,82	10,37	
		32,67	0,00	0,38	8,73	0,00	1,17	251,63	41,09	161,63	10,30	

Buttons: Open Old File, Run Fortran

Sheet Tabs: Diel Data | Source Summary | Hydraulics Summary | Temperature Output | **WQ Output** | WQ Min | WQ Max | Sediment Fluxes | Diel Output | Plot S

System Tray: 21:48, 16.08.2012

Ferramentas de Gráfico

Arquivo | Página Inicial | Inserir | Layout da Página | Fórmulas | Dados | Revisão | Exibição | Suplementos | Design | Layout | Formatar

Alterar Tipo de Gráfico | Salvar como Modelo | Alternar Linha/Coluna | Selecionar Dados

Layout de Gráfico | Estilos de Gráfico

Mover Gráfico Local

