



XI SILUBESA

Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental

28/03 a 02/04/2004 - Natal - Rio Grande do Norte - Brasil

IV-022 - GERENCIAMENTO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS INTEGRANDO OS ASPECTOS DE QUANTIDADE E QUALIDADE DE ÁGUA

Celimar Azambuja Teixeira⁽¹⁾

Engenheira Civil pela Universidade Estadual de Ponta Grossa - PR. Mestre em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Doutoranda em Eng. Hidráulica e Sanitária na EPUSP.

Rubem La Laina Porto⁽²⁾

Engenheira Civil pela EPUSP. Mestre e Doutor em Eng. Hidráulica e Sanitária na EPUSP e professor da mesma instituição.

Endereço⁽¹⁾: Av. Nossa Senhora da Assunção, 675 apt 64-B – São Paulo - SP - CEP: 05359-001- Brasil - Tel: (11) 3735-7058

e-mail: celimar.azambuja@uol.com.br

RESUMO

Atualmente, a escassez de água tem como uma das suas maiores causas o problema da deterioração da sua qualidade, originado pela poluição e pela disputa dos diversos usos da água: abastecimento urbano, uso industrial, irrigação e navegação. Em virtude de toda essa problemática, torna-se necessário o desenvolvimento e a utilização de ferramentas computacionais, também denominados de modelos matemáticos, capazes de gerenciar os recursos hídricos considerando todas as ações ocorridas numa bacia hidrográfica.

O grupo de trabalho do Laboratório de Sistema de Suporte à Decisões (LabSid) da Escola Politécnica da USP vem trabalhando no desenvolvimento do sistema AcquaNet, que por sua vez é um modelo capaz de considerar o impacto dos lançamentos de resíduos industriais e esgotos domésticos nos rios, considerando períodos chuvosos ou secos, através da utilização de séries temporais de vazões.

O AcquaNet está apto a determinar as vazões otimizadas em função das entradas e retiradas de água na bacia hidrográfica, além de determinar as concentrações de DBO, OD, coliformes totais, fósforo total, algas, nitrogênio orgânico, amônia, nitrito e nitrato em diversos pontos do rio e para diferentes cenários de vazões.

O modelo tem sido aplicado numa importante bacia do contexto nacional - a Bacia do Rio Piracicaba. A forma de aplicação e os resultados dessas simulações são apresentados neste trabalho.

PALAVRAS-CHAVE: Gerenciamento Integrado, Quantidade e Qualidade de Água, AcquaNet, Modelos de Simulação, Bacia do Rio Piracicaba.

INTRODUÇÃO

Importantes bacias hidrográficas do contexto nacional vêm sofrendo com problemas relacionados a quantidade e a qualidade de suas águas, em virtude do conflito existente entre seus diversos usos: urbano, industrial, agrícola, recreação e também o uso destinado à produção de energia elétrica. Com esse novo cenário ambiental, torna-se necessário a aplicação de uma legislação que regulamente o uso da água e também o desenvolvimento e o incentivo de tecnologias, tanto para o tratamento dos resíduos como para o gerenciamento dos recursos hídricos.

A legislação vigente trata do enquadramento segundo a Resolução CONAMA n.º 20/86, que visa o estabelecimento do nível de qualidade (classe) a ser alcançado e/ou mantido em um segmento de corpo d'água ao longo do tempo. É um

instrumento de planejamento que tem por objetivo assegurar a qualidade da água correspondente a uma classe estabelecida para um trecho do corpo hídrico.

O grande desafio para os próximos anos, na área de recursos hídricos, é o atendimento das demandas na quantidade necessária e com a qualidade apropriada, como também a preservação das águas superficiais, que vêm sofrendo grandes prejuízos em virtude da poluição descontrolada.

Este trabalho tem por objetivo apresentar um exemplo de aplicação do modelo AcquaNet, que é um modelo de rede de fluxo, onde uma bacia hidrográfica pode ser configurada através de pontos de reservatórios, nós de passagem, nós de demandas e links (trechos do rio). O modelo AcquaNet trabalha a questão da quantidade de água utilizando o módulo AlocaLS, que é o responsável pelo gerenciamento otimizado de quantidade de água em uma bacia hidrográfica ou mesmo uma sub-bacia. A determinação dos parâmetros de qualidade de água é feita para cada valor de vazão otimizada, através do modelo QualidadeCLS. Ambos os modelos estão conectados ao sistema AcquaNet, utilizam o mesmo banco de dados e podem analisar integradamente os aspectos de quantidade e qualidade de água.

A metodologia e a formulação empregada no modelo AcquaNet tanto no que diz respeito ao módulo de alocação de água (AlocaLS) quanto ao módulo de qualidade de água (QualidadeCLS) podem ser examinadas de forma detalhada em PORTO et. al. (2003)

MATERIAIS E MÉTODOS

Com o objetivo de demonstrar as potencialidades do AcquaNet, a seguir são apresentadas algumas telas utilizadas pelo modelo.

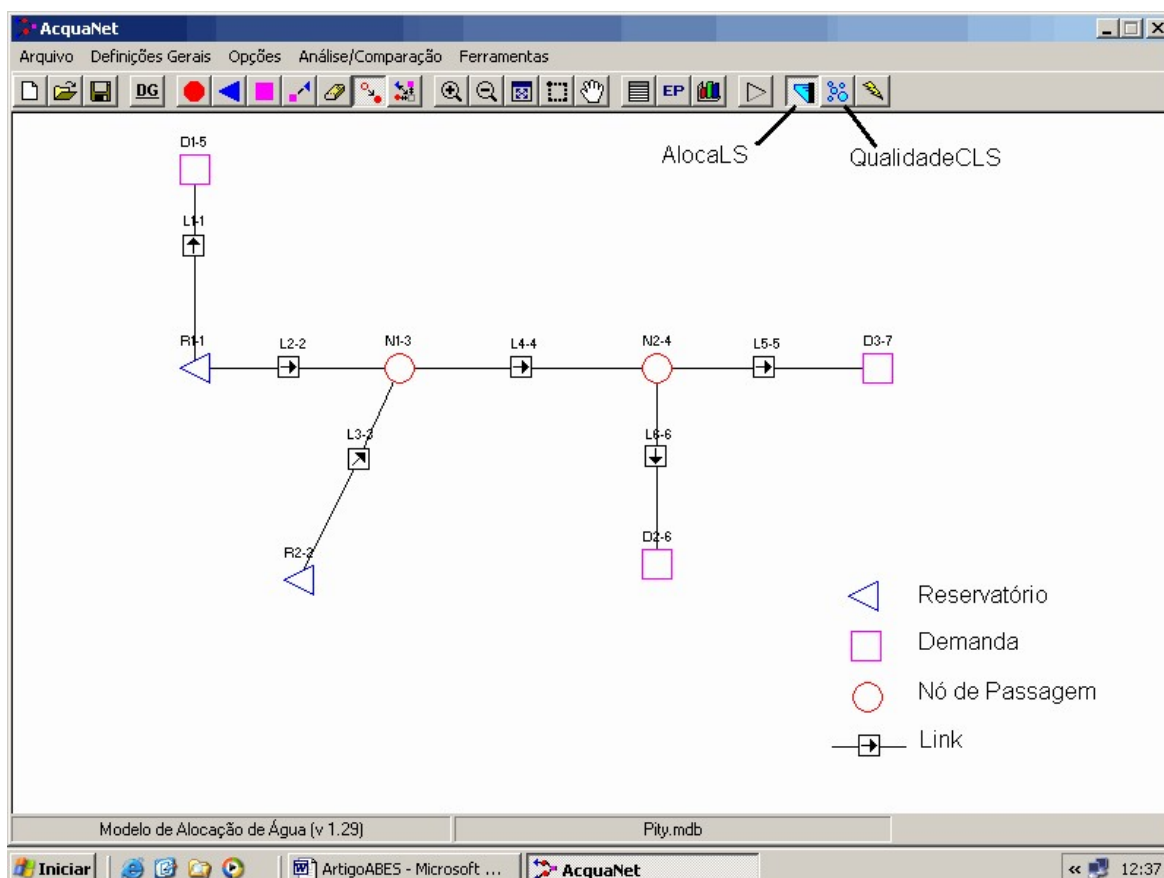


Figura 1: Configuração de uma rede de fluxo em conformidade com uma bacia hidrográfica.

A figura 1, mostra como uma bacia ou uma sub-bacia podem ser configuradas através de uma rede de fluxo, utilizando nós de reservatório, demandas, nós de passagem e links (trechos do rio).

Após a configuração da rede de fluxo, o usuário pode simular os aspectos de alocação de água na bacia, acionando o botão correspondente ao modelo AlocaLS. Após a realização dos cálculos, poderão ser visualizados os resultados

referente aos aspectos de quantidade de água. Na figura 2, foi selecionado o Link L1-1 e o item vazão otimizado, sendo o seu resultado mostrado na figura 3, onde pode ser visualizado qual foi o comportamento das vazões do link L1-1 ao longo dos meses da série histórica considerada.

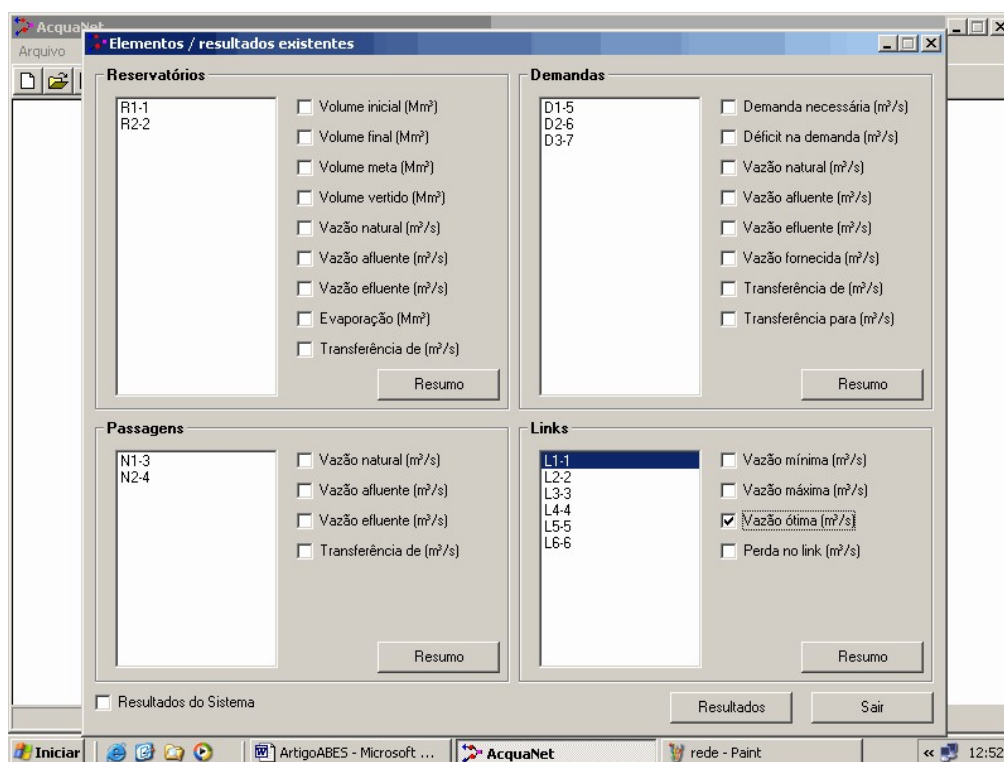


Figura 2: Tela para selecionar os pontos de interesse para posterior visualização dos resultados.

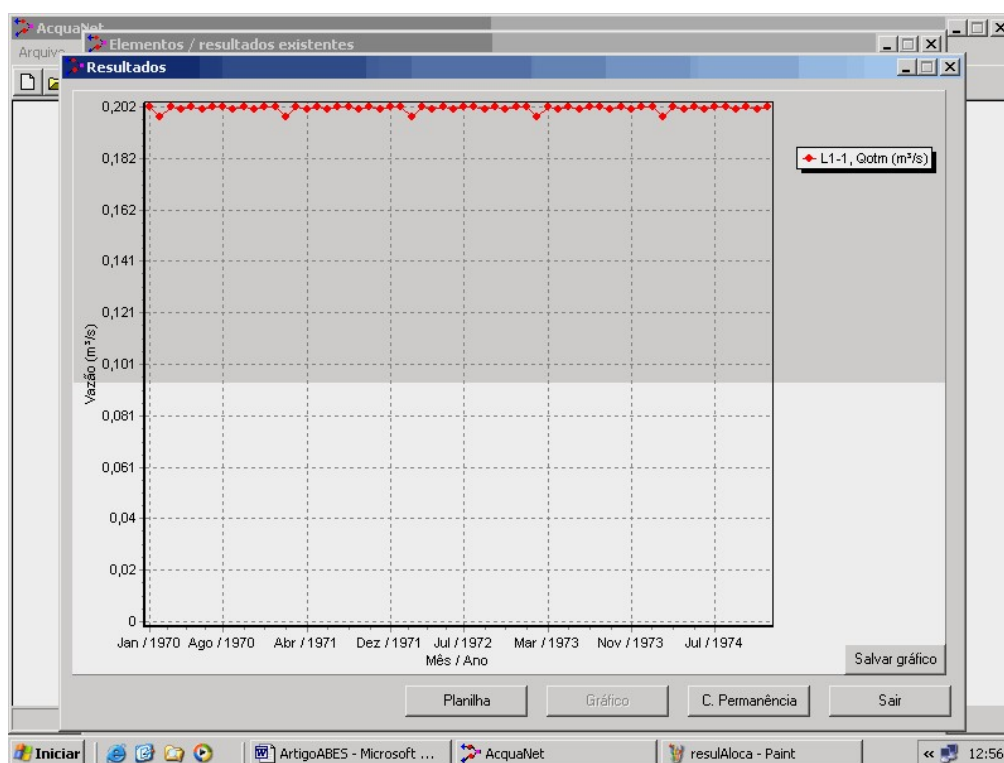


Figura 3: Comportamento das vazões otimizados do Link L1-1 ao longo do período da série histórica considerada.

Após a simulação dos aspectos de quantidade, o usuário pode acionar o módulo de qualidade de água clicando no botão correspondente ao modelo QualidadeCLS, então estará apto a simular os aspectos de qualidade de água na bacia.

Da mesma forma como no módulo de quantidade também poderá escolher quais os pontos da rede de fluxo e quais as variáveis de qualidade de água em que deseja visualizar os resultados. Conforme a tela apresentada na figura 4.

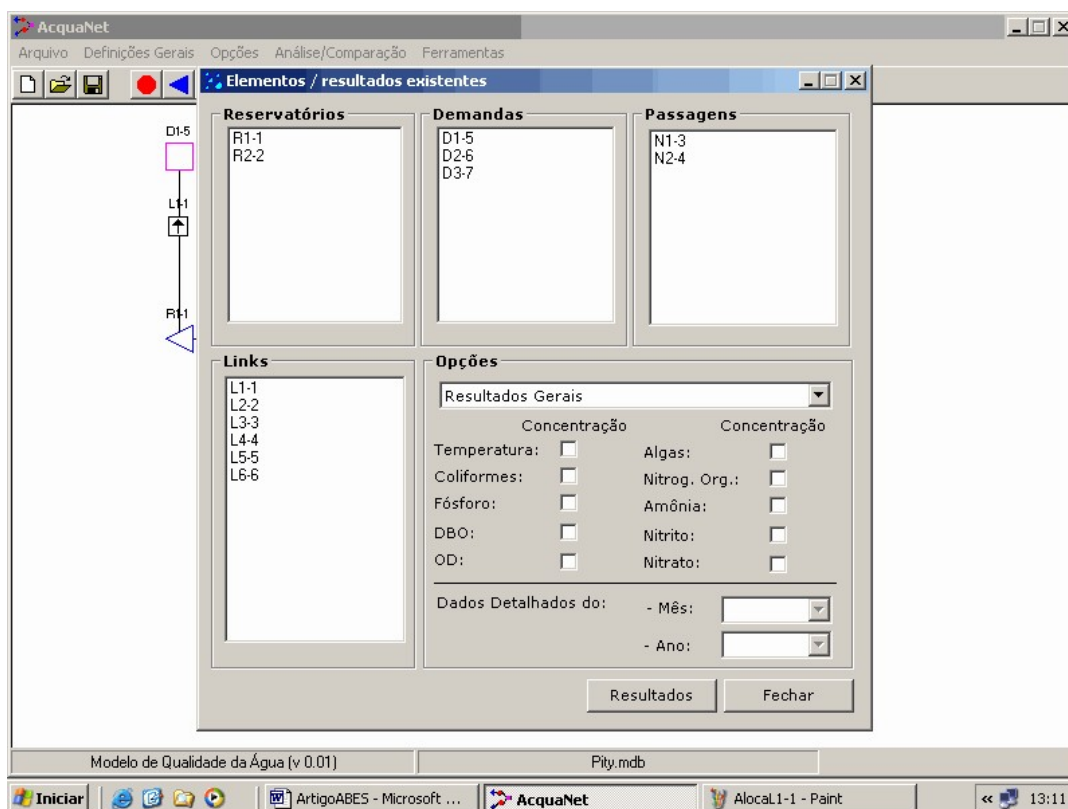


Figura 4: Tela para escolher os pontos da rede e as variáveis de qualidade de água que se deseja visualizar os resultados.

O AcquaNet tem se mostrado uma ferramenta útil e versátil para o gerenciamento integrado de quantidade e qualidade de água em bacias hidrográficas.

O modelo AcquaNet permite que um lançamento de uma carga poluidora feita em um nó da rede de fluxo, possa receber ou não um determinado grau de tratamento. Dessa forma, o usuário poderá analisar o impacto de diferentes tratamentos que possivelmente sejam atribuídos aos resíduos lançados no corpo d'água, podendo então analisar se um trecho do rio ou todo ele corresponde aos padrões estabelecidos pelo CONAMA 20 de acordo com a sua classificação. Então, o usuário poderá buscar quais são os tratamentos necessários que os diversos efluentes devam receber, para que o rio seja enquadrado dentro dos padrões ambientais.

APLICAÇÃO DO MODELO ACQUANET NA BACIA DO RIO PIRACICABA

A bacia do Rio Piracicaba foi o cenário escolhido para a aplicação prática do modelo. Esta é uma bacia altamente complexa e possui dados suficientes para a realização do estudo.

A bacia do Piracicaba tem uma área de drenagem de cerca de 12700 Km², 90% de sua superfície está situada no estado de São Paulo e os outros 10% no Estado de Minas Gerais. A bacia é formada principalmente pelos rios Jaguari e Atibaia, que se juntam para formar o rio Piracicaba. Próximo à cidade de Piracicaba deságua o rio Corumbataí, um dos mais importantes afluentes do rio Piracicaba. Na cabeceira da bacia, localiza-se um conjunto de reservatórios, denominado de Sistema Cantareira, que é responsável pelo abastecimento de mais da metade do suprimento de água para a cidade de São Paulo, com uma derivação máxima da ordem de 31 m³/s (AZEVEDO & PORTO, 1998).

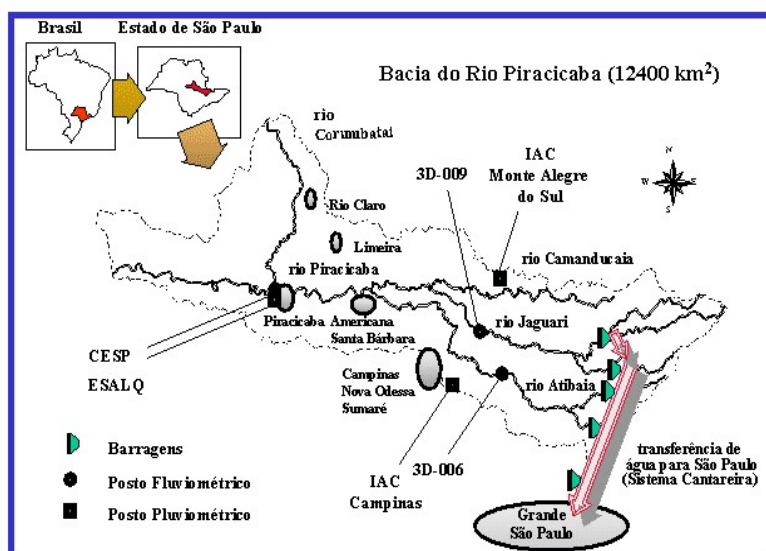


Figura 5: Localização da bacia do rio Piracicaba (Fonte: Projeto Piracena).

A bacia do rio Piracicaba está dividida em três sub-bacias e cada sub-bacia está dividida em compartimentos ambientais, conforme relacionados a seguir:

-Sub-bacia do Atibaia: C. ATI – Compartimento Atibaia

C. ITA – Compartimento Itatiba

C. PAN – Compartimento Pinheiros/Anhumas

C. SGR – Compartimento Salto Grande

-Sub-bacia do Jaguari: C. SCA – Compartimento Sistema Cantareira

C. JAG – Compartimento Jaguari

C. CAM – Compartimento Camanducaia

C. PPI – Compartimento Pires/Pirapitingui

-Sub-bacia do Piracicaba: C. TQU – Compartimento Tatu/Quilombo

C. COR – Compartimento Corumbataí

C. PIR – Compartimento Piracicaba

C. BBO – Compartimento Barra Bonita

De acordo com a Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo (SMA – SP, 1994) para melhor precisar a localização espacial dos problemas da bacia, foi proposta sua subdivisão em compartimentos ambientais, que são na realidade, trechos de uma sub-bacia que guardam certa homogeneidade em termos de uso do solo e da água, e também, as áreas urbanas encontram-se, em sua totalidade, dentro de um mesmo compartimento. Apenas na cidade de Campinas isso não foi possível, pois sua área urbana localiza-se no divisor de águas entre as sub-bacias dos rios Piracicaba, Atibaia e Capivari. A delimitação destes compartimentos é relevante não apenas para fins analíticos, mas também para dar suporte à definição de políticas de intervenção.

Basicamente, para a utilização do modelo AcquaNet são necessários três tipos de informações: dados hidrológicos, dados de especificação de critérios operacionais e dados de demandas do sistema, além dos dados de qualidade de água.

Em se tratando de dados hidrológicos, para se completar as lacunas de algumas séries, são necessários estudos de

correlação espacial ou a aplicação de modelos de simulação do ciclo hidrológico para transformar dados pluviométricos nas vazões de interesse. Quando se considera uma simulação estocástica, deve-se aplicar um modelo de geração de vazões compatível com o intervalo de tempo desejado, (AZEVEDO et al., 1998)

Dentro do Projeto Piracena* (1998), encontra-se um banco de dados relacionando 10 postos fluviométricos e 61 postos pluviométricos, sendo que nos postos fluviométricos as médias mensais de descarga (m^3/s) foram obtidas pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo (DAEE) e Centrais Elétricas do Estado de São Paulo (CESP), e nos postos pluviométricos os valores de precipitação média mensal (mm) foram obtidos pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo (DAEE), Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) e Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ), sendo que as correções das falhas existentes numa determinada estação fluviométrica ou pluviométrica foram realizadas através de um método descrito de acordo com UNESCO (1982), Fill (1987) e Dunne (1978) apud "Projeto Piracena" e que usa os registros de três estações vizinhas mais próximas e uniformemente espaçadas.

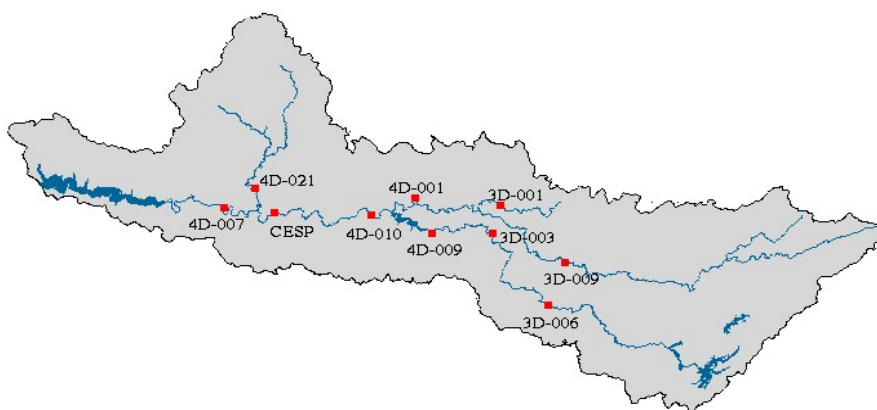


Figura 6: Localização dos Postos Fluviométricos (Fonte: Projeto Piracena, 1998)

A Cetesb possui uma rede de postos de monitoramento de variáveis de qualidade de água, sendo que alguns desses postos serão utilizados para a calibração do modelo.

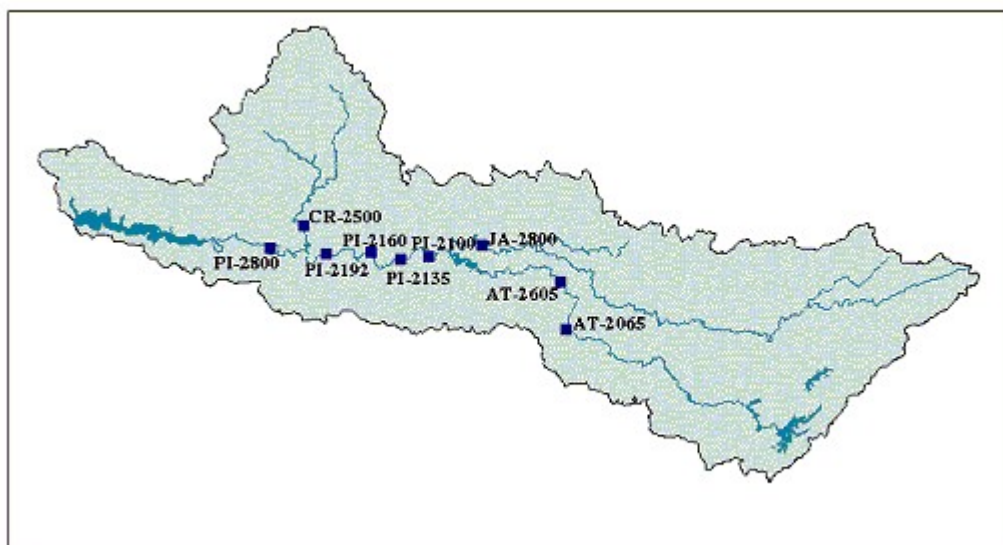


Figura 7: Localização dos postos da Cetesb (Fonte: Projeto Piracena).

* **PROJETO PIRACENA:** é um projeto multidisciplinar e multiinstitucional que visa conhecer os processos hidrológicos e biogeoquímicos que regem o funcionamento da bacia hidrográfica do rio Piracicaba; conta com o apoio da FAPESP, CNPQ/PADCT E

RHAE, ESSO Brasileira de Petróleo, CBH-PCJ E FEHIDRO.

RESULTADOS DA SIMULAÇÃO

Procurou-se montar a rede de fluxo levando em consideração os pontos de lançamentos e retiradas de água.

Nas tabelas apresentadas no Anexo I são apresentadas as indústrias e cidades que tem algum tipo de influência (retirada de água ou lançamento de efluente) nos rios da bacia, tais dados referem-se ao estudo realizado pela Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo (SMA – SP, 1994)

Na Figura 8 é apresentada a rede de fluxo correspondente a Bacia do Rio Piracicaba.

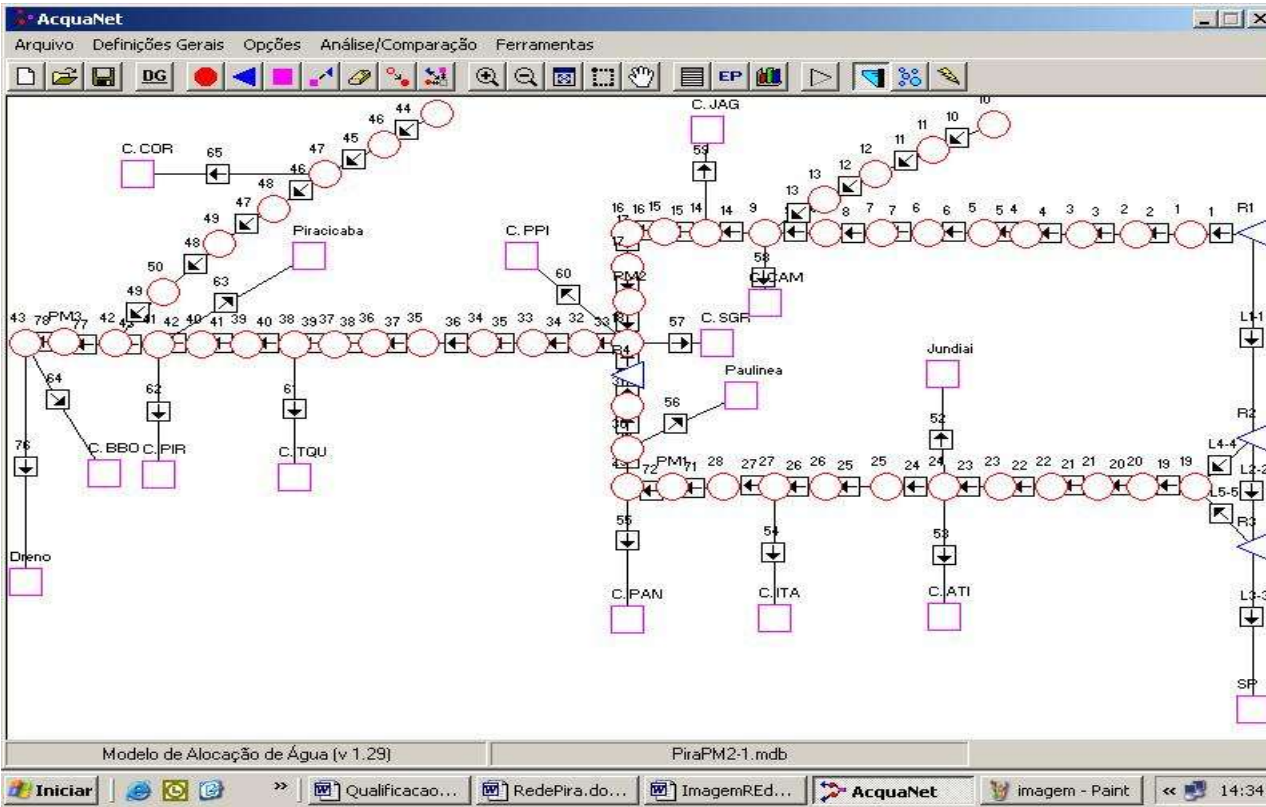


Figura 8: Rede de Fluxo da Bacia do Rio Piracicaba.

Para as simulações dos aspectos de qualidade de água da bacia estão sendo analisados apenas as concentrações de DBO e OD. As concentrações dos outros parâmetros de qualidade de água não estão sendo considerados, porque não existem dados suficientes para a simulação do modelo.

A calibração do modelo, em relação a DBO e OD, está sendo feito através da comparação dos resultados dos seguintes pontos:

Ponto na Rede de Fluxo	Ponto da CETESB
PM1	AT – 2605
PM2	JA – 2800
PM3	PI – 2800

Tabela 1: Correspondência entre os pontos da CETESB e os pontos da rede de fluxo para o processo de calibração.

Os valores dos coeficientes de DBO e OD que foram utilizados nas simulações foram os valores médios apresentados na literatura atual, e que responderam de forma satisfatória no processo de calibração do modelo. Como pode ser visto nos gráficos a seguir.

Na Figura 9 seguir é apresentada a tela na qual o usuário poderá escolher quais as variáveis de qualidade de água que

ele deseja simula. Para a bacia do Piracicaba, está sendo simulado DBO e OD.

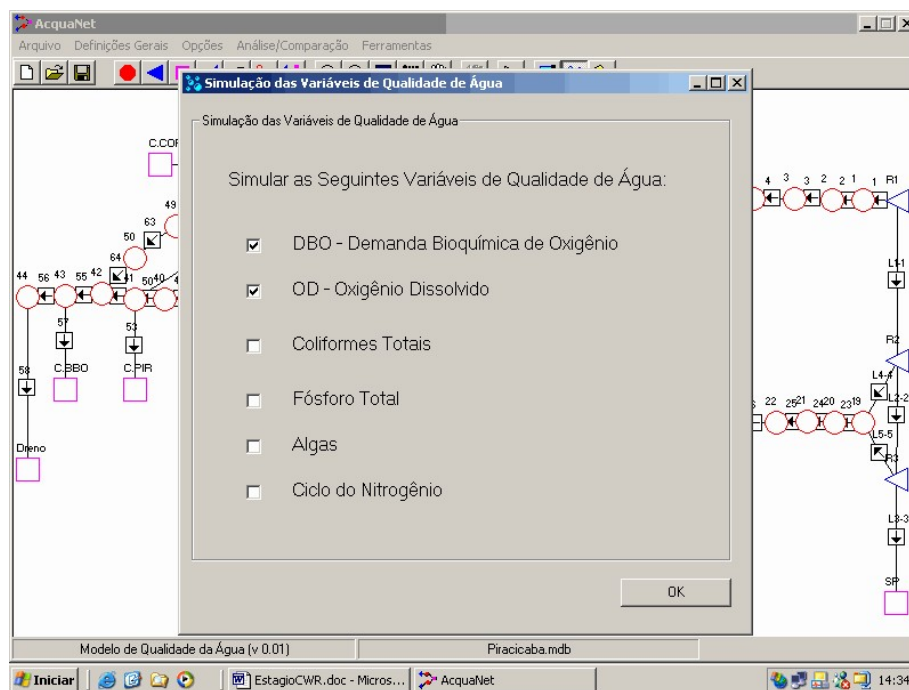


Figura 9: Escolha das variáveis de DBO e OD para as simulações da bacia do Piracicaba.

Quanto aos resultados de quantidade de água, pode-se dizer que as demandas foram supridas satisfatoriamente.

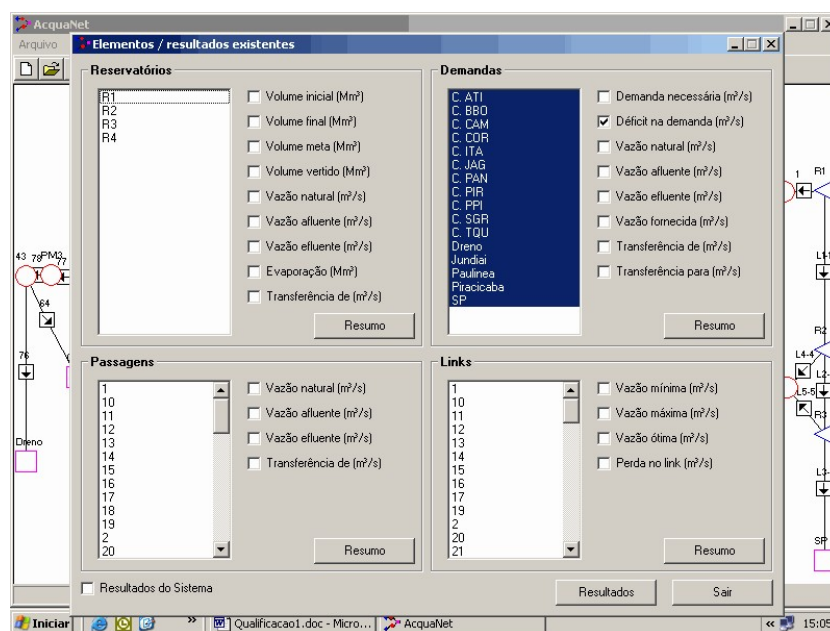
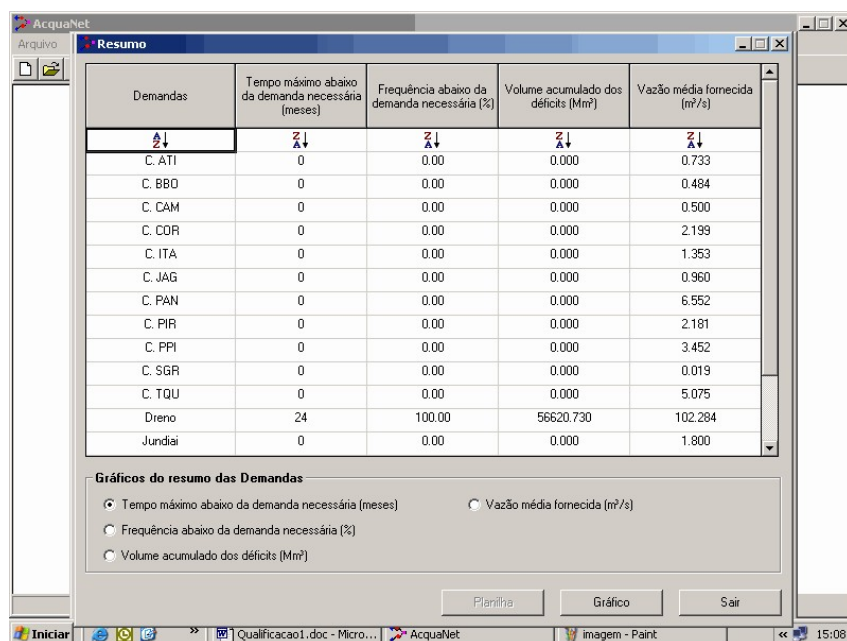


Figura 10: Escolha para análise dos resultados de quantidade para as demandas.



Demandas	Tempo máximo abaixo da demanda necessária (meses)	Frequência abaixo da demanda necessária (%)	Volume acumulado dos déficits (Mm³)	Vazão média fornecida (m³/s)
C. ATI	0	0.00	0.000	0.733
C. BBO	0	0.00	0.000	0.484
C. CAM	0	0.00	0.000	0.500
C. COR	0	0.00	0.000	2.199
C. ITA	0	0.00	0.000	1.353
C. JAG	0	0.00	0.000	0.960
C. PAN	0	0.00	0.000	6.552
C. PIR	0	0.00	0.000	2.181
C. PPI	0	0.00	0.000	3.452
C. SGR	0	0.00	0.000	0.019
C. TQU	0	0.00	0.000	5.075
Dreno	24	100.00	56620.730	102.284
Jundiá	0	0.00	0.000	1.800

Gráficos do resumo das Demandas

☒ Tempo máximo abaixo da demanda necessária (meses)
 ☐ Vazão média fornecida (m³/s)

☐ Frequência abaixo da demanda necessária (%)
 ☐ Volume acumulado dos déficits (Mm³)

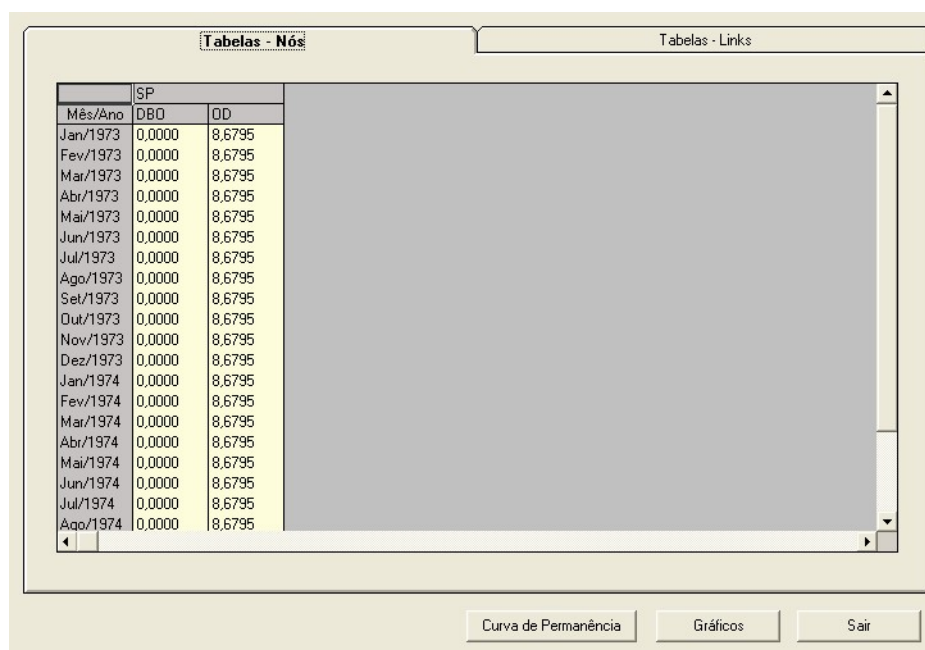
Planilha Gráfico Sair

Figura 11: Resultados dos déficits dos atendimentos as demandas

Quanto aos aspectos de qualidade, pode-se dizer que após as simulações é possível analisar, por exemplo, com que concentrações de DBO e OD cada uma das demandas está sendo atendida.

Em relação as concentrações de DBO e OD para a demanda SP (demanda para a região metropolitana de São Paulo), em que constata-se que a concentração da DBO é zero e a de OD é da ordem de 8,68 mg/l, isso ocorre porque essa demanda tem sido abastecida pelo Sistema Cantareira e foi considerado que a água que sai de reservatório apresenta ausência de matéria orgânica e com relação ao oxigênio dissolvido considerou-se uma concentração próxima ao ponto de saturação de OD.

Um ponto crítico na rede de fluxo é a região próxima a Paulínea, visto que existem inúmeras indústrias que estão localizadas nessa região e despejam seus efluentes no rio Atibaia. Na figura 12 a seguir pode-se visualizar, na forma tabular, as concentrações de DBO e OD para a demanda de São Paulo (Demanda-SP).



Tabelas - Nós		Tabelas - Links
Mês/Ano	DBO	OD
Jan/1973	0,0000	8,6795
Fev/1973	0,0000	8,6795
Mar/1973	0,0000	8,6795
Abr/1973	0,0000	8,6795
Mai/1973	0,0000	8,6795
Jun/1973	0,0000	8,6795
Jul/1973	0,0000	8,6795
Ago/1973	0,0000	8,6795
Set/1973	0,0000	8,6795
Out/1973	0,0000	8,6795
Nov/1973	0,0000	8,6795
Dez/1973	0,0000	8,6795
Jan/1974	0,0000	8,6795
Fev/1974	0,0000	8,6795
Mar/1974	0,0000	8,6795
Abr/1974	0,0000	8,6795
Mai/1974	0,0000	8,6795
Jun/1974	0,0000	8,6795
Jul/1974	0,0000	8,6795
Ago/1974	0,0000	8,6795

Curva de Permanência Gráficos Sair

Figura 12: Resultados das concentrações de DBO e OD para a demanda de São Paulo

A seguir (Figura 13) é apresentada, na forma de gráfico, os resultados para a demanda "Paulínea".

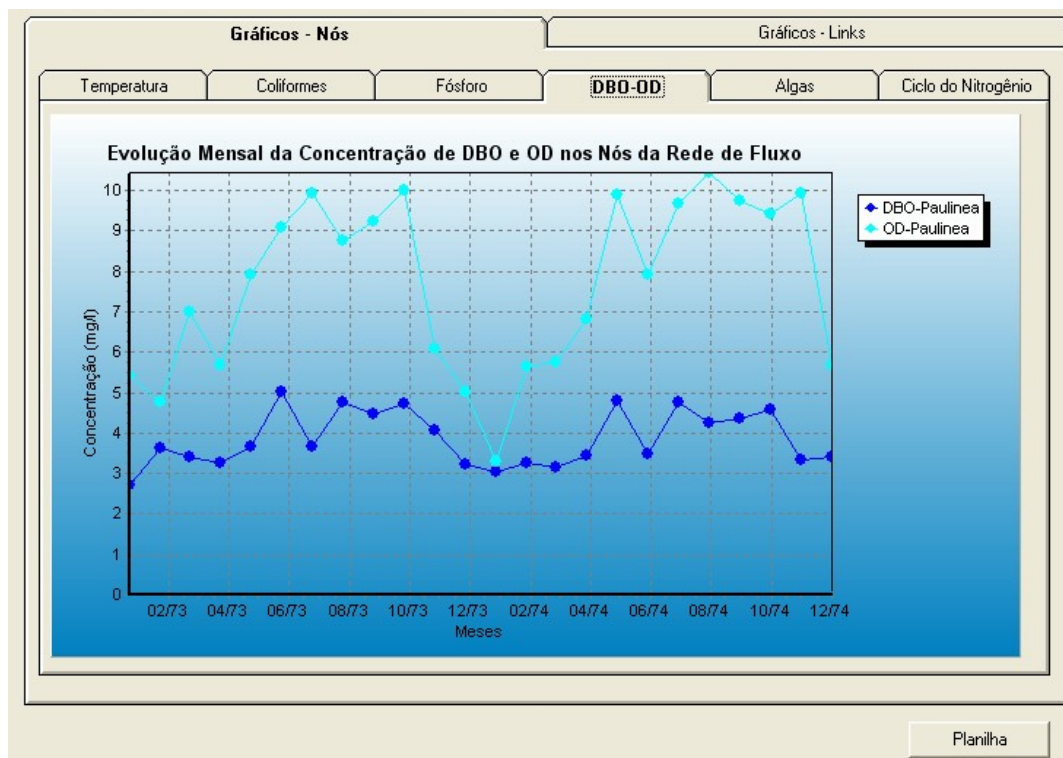


Figura 13: Resultados das concentrações de DBO e OD para a demanda "Paulínea".

Portanto, pode-se concluir que em alguns meses da simulações, as concentrações de OD apresentaram níveis baixos. Em relação a concentração de DBO constata-se um nível da ordem de 5 mg/l em aproximadamente 50% do período de simulação.

O modelo AcquaNet permite muitas formas de análises, tantas que seria impossível apresentar todas para a rede de fluxo correspondente a Bacia do RioPiracicaba.

De um forma geral, pode-se dizer que o modelo está apto a:

- Analisar detalhadamente o comportamento dos poluentes em cada um dos links;
- Analisar as concentrações dos diversos constituintes de qualidade de água em cada um dos pontos da rede de fluxo;
- Analisar a curva de permanência das concentrações tanto para os links como para os diversos pontos da rede de fluxo.
- Avaliar se os links (trechos do rio) se enquadram na sua respectiva classificação do Conama 20;
- Comparar cenários (arquivos de simulação) para se determinar quais os tratamentos que os efluentes devem receber para que o rio possa ser enquadrado no Conama 20.

Através do modelo AcquaNet, escolhendo a opção "Resultados Detalhados – Somente Links" é possível visualizar o decaimento dos poluentes ao longo de um determinado link escolhido pelo usuário.

Para exemplificar essa opção de análise, a seguir é apresentado o comportamento da DBO e OD no Link 71 da rede de fluxo da Bacia do Rio Piracicaba – Figura 27. Estando este localizando na região de Paulínea (região crítica) e é o link que antecede o ponto PM1 (ponto de monitoramento 1).

Portanto, na figura 14 a seguir é mostrado a escolha da opção "Resultados Detalhados – Somente Links" para o Link 71, analisando DBO e OD.

Reservatórios

R1
R2
R3
R4

Links

57
58
59
60
61
62
63
65
64
53
52
71
72
73
74

Demandas

SP
C. ATI
C. ITA
C. PAN
Jundiai
Paulinea
C. SGR
C. CAM
C. JAG
C. PPI
Piracicaba

Opções

Resultados Detalhados (somente Links)

Concentração

Temperatura: ☐
Coliformes: ☐
Fósforo: ☐
DBO: ☒
OD: ☒

Concentração

Algas: ☐
Nitrog. Org.: ☐
Amônia: ☐
Nitrito: ☐
Nitrato: ☐

Dados Detalhados do: - Mês: Jan
- Ano: 1973

Passagens

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11

Resultados

Fechar

Figura 14: Opção de análise "Resultados Detalhados – Somente Links".

A seguir (Figura 15) é apresentado os resultados da opção de análise escolhida a cima.

Tabelas - Links Detalhados

Gráficos - Links Detalhados

Mês/Ano:	Link:71 DBO	Link:71 OD
1 / 1973		
Início do Link	2,7299	5,4577
+0,5Km	2,7243	4,9042
+0,5Km	2,7188	4,9177
+0,5Km	2,7132	4,9313
+0,5Km	2,7077	4,9448
+0,5Km	2,7022	4,9583
+0,5Km	2,6967	4,9718
+0,5Km	2,6912	4,9852
+0,5Km	2,6857	4,9987
+0,5Km	2,6802	5,0121
Final do Link =5 Km	2,6747	5,0255

Link Anterior

Próximo Link

Sair

Figura 15: Resultado Detalhado ao longo do Link 71, na forma tabular, para DBO e OD.

O AcquaNet também oferece ao usuário do modelo, a opção gráfica para a análise dos resultados. A seguir é apresentado a mesma opção da Figura 15, porém de forma gráfica.

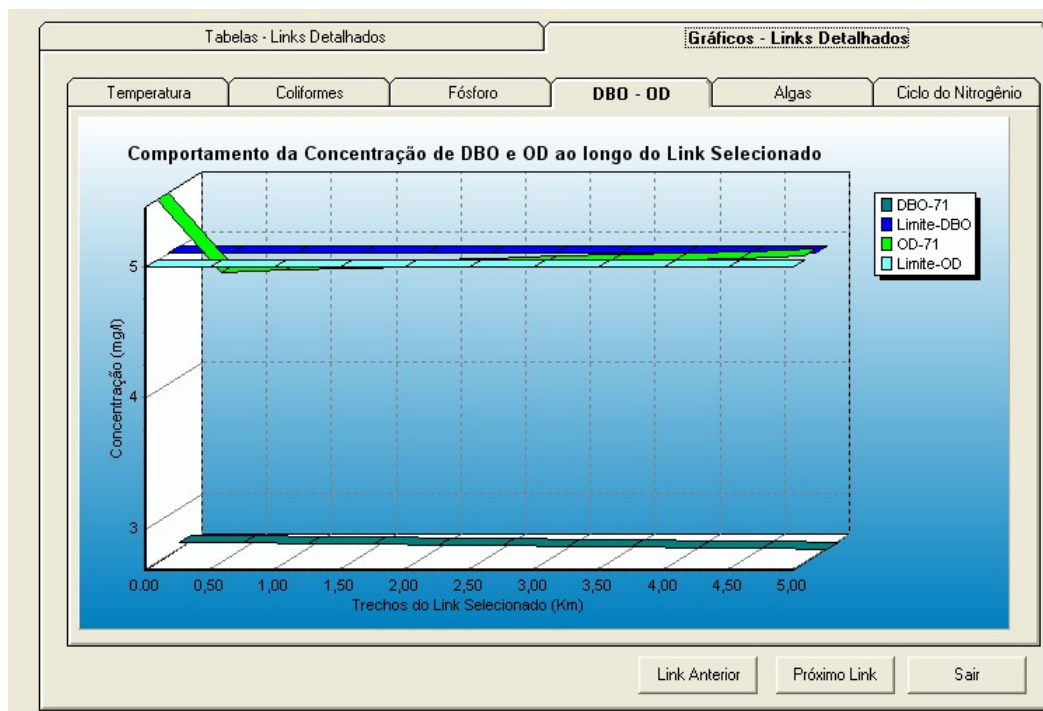


Figura 16: Resultado Detalhado ao longo do Link 71, na forma gráfica, para DBO e OD.

A partir da Figura 15 e 16, pode-se constatar que a concentração da DBO passou de 2,73 mg/l no início do link para 2,67 mg/l ao final do mesmo. Já para a concentração de OD, verifica-se que percorridos 0,5 km do link 71 encontra-se o ponto de OD mínimo que é da ordem de 4,90 mg/l e que ao final do link a taxa de oxigênio dissolvido é da ordem de 5,03 mg/l.

Portanto, como o Link 71 representa um trecho de rio enquadrado como Classe 2, pode-se dizer que em relação a concentração de DBO o rio obedeceu o limite da classe, ou seja, a taxa de DBO não pode ser superior a 5 mg/l.

Em relação a taxa de OD, o rios de Classe 2 não poderiam apresentar concentrações de oxigênio dissolvido inferiores a 5 mg/l, porém através dos resultados apresentados nas Fig. 15 e 16, verifica-se que em 4 dos 5 km do rio que corresponde ao link 71, as concentrações estão abaixo do limite inferior da classe, portanto não obedecendo aos padrões que a sua classe estabelece.

Embora o modelo AcquaNet ofereça muitas possibilidades de análises para a rede de fluxo da Bacia do Rio Piracicaba, a partir de agora será mostrado um pouco do processo de calibração a que os modelos de qualidade de água estão sujeitos.

Na montagem da rede de fluxo da Fig. 8 foram criados os pontos PM1, PM2 e PM3 (postos de monitoramento 1, 2 e 3), nos rios Atibaia, Jaguari e Piracicaba, respectivamente, os quais serão comparados com os postos da CETESB, mostrados na Tabela 1.

O processo de calibração consiste em comparar os resultados fornecidos pelo modelo com dados observados de monitoramento, com o objetivo de verificar se o modelo está sendo capaz de reproduzir cenários reais. Caso isso não se verifique, torna-se necessário que o usuário reavalie os valores dos coeficientes de qualidade de água que está sendo usado, até que a comparação entre os valores calculados com os dados observados seja compatível.

Nas simulações realizadas até então, vem se utilizando os valores médios apresentados na literatura atual para os coeficientes de qualidade de água tanto para a DBO como para OD.

A seguir é apresentado a comparação entre os resultados do posto PM1 da rede de fluxo com os dados observados e de responsabilidade da CETESB do posto AT-2605. Portanto, selecionou-se a opção para visualizar os resultados das concentrações de DBO e OD para o posto PM1, conforme figura 17 a seguir:

Reservatórios

R1
R2
R3
R4

Demandas

SP
C. ATI
C. ITA
C. PAN
Jundiai
Paulínea
C. SGR
C. CAM
C. JAG
C. PPI
Piracicaba

Passagens

42
43
45
46
47
48
49
50
PM1
PM2
PM3

Links

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15

Opções

Resultados Gerais

Concentração

Temperatura: ☐

Coliformes: ☐

Fósforo: ☐

DBO: ☒

OD: ☒

Concentração

Algas: ☐

Nitrog. Org.: ☐

Amônia: ☐

Nitrato: ☐

Dados Detalhados do: - Mês: - Ano:

Resultados

Fechar

Figura 17: Escolha para visualizar os resultados de DBO e OD do ponto PM1.

Tabelas - Nós

Tabelas - Links

	PM1	
Mês/Ano	DBO	OD
Jan/1973	2,6754	5,5034
Fev/1973	2,6754	5,5034
Mar/1973	3,3787	4,2071
Abr/1973	3,3787	4,2071
Mai/1973	3,1242	6,6018
Jun/1973	3,1242	6,6018
Jul/1973	3,1422	4,9347
Ago/1973	3,1422	4,9347
Set/1973	3,1751	7,1689
Out/1973	3,1751	7,1689
Nov/1973	4,7580	9,1140
Dez/1973	4,7580	9,1140
Jan/1974	3,0924	9,4921
Fev/1974	3,0924	9,4921
Mar/1974	4,3203	8,5448
Abr/1974	4,3203	8,5448
Mai/1974	4,1019	9,2990
Jun/1974	4,1019	9,2990
Jul/1974	4,6375	9,8562
Ago/1974	4,6375	9,8562

Curva de Permanência

Gráficos

Sair

Figura 18 : Resultados das concentrações de DBO e OD para o ponto PM1

A seguir, através das Figuras 19 e 20 são apresentados dois gráficos referente a comparação dos resultados para as concentrações de DBO e OD para o nó da rede de fluxo - PM1 com os dados fornecidos pela CETESB para o posto de monitoramento AT -2605. No eixo y tem-se os valores das concentrações e no eixo x o tempo, definido por mês.ano,

(ex: Jan/89=1,89).

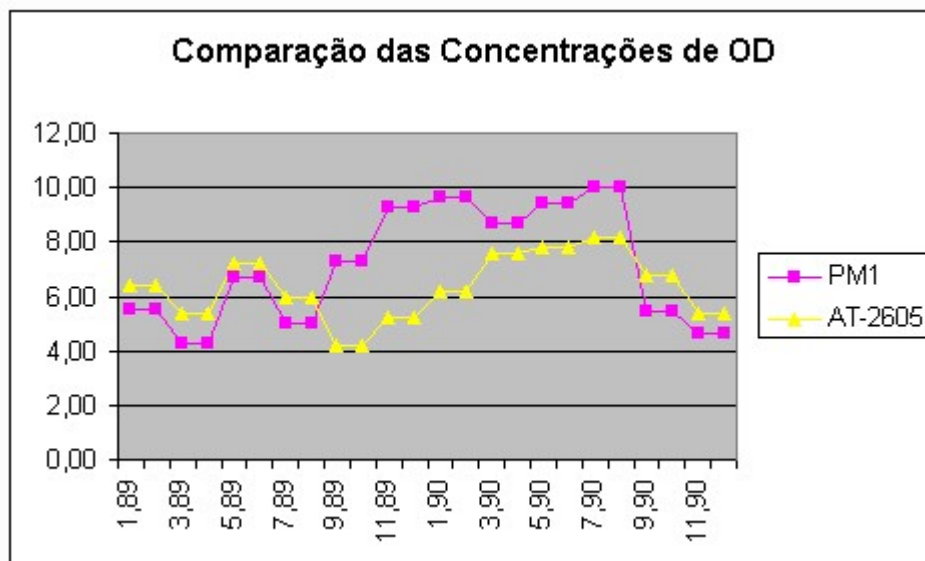


Figura 19: Comparação entre os resultados da concentração de OD para o ponto PM1 da rede de fluxo em relação ao posto da CETESB AT-2605.

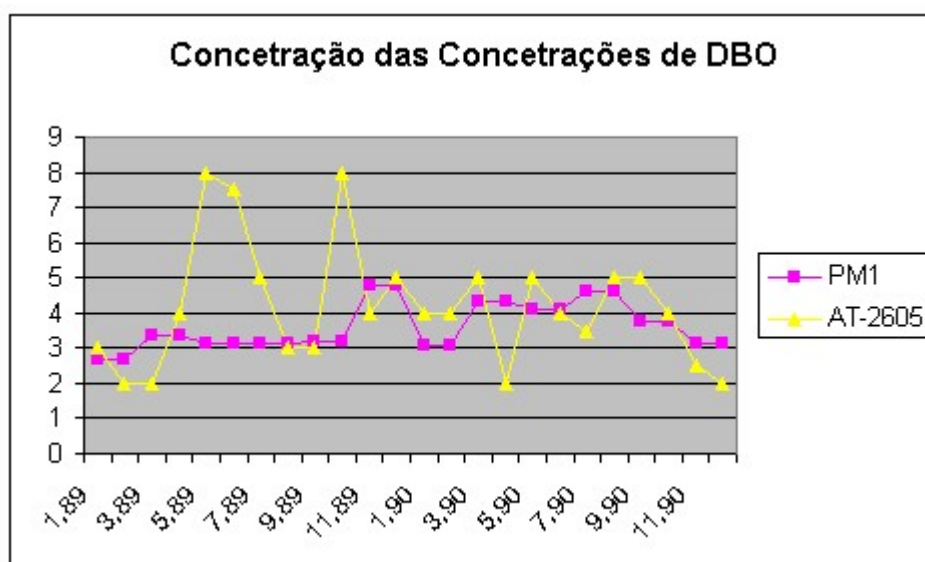


Figura 20: Comparação entre os resultados da concentração de DBO para o ponto PM1 da rede de fluxo em relação ao posto da CETESB AT-2605.

Considerando que o objetivo do modelo AcquaNet é se tornar uma ferramenta para o planejamento de recursos hídricos, pode-se dizer que para a rede de fluxo do rio Piracicaba, o processo de calibração tem mostrado que os resultados fornecidos para o pontos de monitoramento 1 –PM1 da rede de fluxo, correspondem de forma satisfatória as dados fornecidos pela CETESB, para o posto AT – 2605. Pretende-se realizar mais simulações e refinar ainda mais os resultados fornecidos pelo modelo AcquaNet para o gerenciamento integrado de quantidade e qualidade de água da bacia do Rio Piracicaba.

CONCLUSÕES

O modelo AcquaNet tem se mostrado eficiente em relação ao propósito inicial de ser uma ferramenta capaz de gerenciar de forma integrada os aspectos de quantidade e qualidade de água e também de determinar as concentrações

dos poluentes nos diversos pontos de uma rede de fluxo, podendo ainda relacionar níveis de tratamento para os lançamentos de efluentes descarregados no corpo d'água.

Vários testes foram realizados utilizando o módulo de qualidade de água - QualidadeCLS e um modelo de qualidade de água mundialmente conhecido – o Qual2E, os resultados fornecidos pelo QualidadeCLS, em todos os exemplos testados, coincidiram ou chegaram muito próximo aos resultados fornecidos pelo Qual2E. As maiores diferenças nos resultados dos dois modelos foram verificadas nas concentrações de OD e foram da ordem de 3%, isso ocorreu devido ao fato de que a determinação das taxas de oxigênio dissolvido envolve um número maior de parâmetros do que os demais constituintes de qualidade de água. Essa pequena diferença tem pouca importância, quando analisa-se o processo de calibração.

Portanto, conclui-se que o AcquaNet pode ser perfeitamente utilizado como uma ferramenta para auxiliar no processo de gerenciamento de recursos hídricos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo) pelo apoio financeiro para o desenvolvimento desta pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CHAPRA, S. C., "Surface Water Quality Modelling" – University of Colorado at Boulder, 1997;
2. FELTRE, R., "Fundamentos da Química" Segunda Edição – São Paulo – 1996;
3. MEYBECK, M.; CHAPMAN, D. e HELMER, R. "Global Freshwater Quality: a first assessment" – Oxford, UK e Cambridge, Mass – 1990;
4. PORTO et. al. ; "Métodos Numéricos em Recursos Hídricos – Vol. N. 6, Cap. 2 – Série ABRH".
5. RUNKEL, R. L., "One-Dimensional Transport with Inflow and Storage (OTIS): A Solute Transport Model for Streams and River", USGS – Denver, Colorado – 1998.
6. THOMANN, R.V. e MUELLER, J. A. ., "Principles of Surface Water Quality Modeling and Control" 1987.