



**MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE
SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL DE MINAS GERAIS - SEMAD
Unidade de Coordenação Estadual - UCEMG / PNMA II**

**PROGRAMA NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – PNMA II
Subcomponente Monitoramento da Qualidade da Água**

***SISTEMA DE CÁLCULO DA QUALIDADE DA ÁGUA (SCQA)
Estabelecimento das Equações do índice de Qualidade das Águas
(IQA)***

Relatório 1

***Atividade 01.02.03.08.05: Divulgação das informações alcançadas sobre as condições de
qualidade e quantidade das águas na Bacia do Alto Rio das Velhas***

***Tarefa 01.02.03.08.05.01: Aprimorar o banco de dados de monitoramento da qualidade das
águas da Bacia do Alto Rio das Velhas já existentes***

Junho, 2005

**MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE
SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL DE MINAS GERAIS - SEMAD
Unidade de Coordenação Estadual - UCEMG / PNMA II**

**PROGRAMA NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – PNMA II
Subcomponente Monitoramento da Qualidade da Água**

Secretário de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável – SEMAD/MG
José Carlos Carvalho

Secretário Adjunto de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável – SEMAD/MG
Shelley de Souza Carneiro

Coordenação Estadual do PNMAII em Minas Gerais
Simone Ribeiro Rolla

Coordenação Técnica do Subcomponente Monitoramento da Qualidade da Água - MQA
Zenilde das Graças Guimarães Viola

Elaboração:
Estephânia Cristina Foscarini Ferreira, Engenheira Civil Sanitarista
Mateus Carlos de Almeida, Engenheiro Hídrico

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	1
2 CALCULO DO INDICE DE QUALIDADE DE ÁGUA.....	2
3 EQUAÇÕES DO SCQA.....	3
3.1- Oxigênio Dissolvido (OD).....	3
3.2- Coliformes Fecais.....	5
3.3- Potencial Hidrogeniônico (pH).....	6
3.4- Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO).....	7
3.5- Nitrato Total (NO ₃).....	8
3.6- Fosfato Total (PO ₄).....	9
3.7- Turbidez (Tu).....	10
3.8- Sólidos Totais (ST).....	11
3.9- Variação de Temperatura.....	12
4 SISTEMA DE CÁLCULO DA QUALIDADE DA ÁGUA (SCQA).....	12
4.1- Requisitos do Sistema.....	12
4.2- Vantagens.....	13
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	14

1 INTRODUÇÃO

O IGAM vem monitorando as águas superficiais do Estado de Minas Gerais em parceria com a FEAM através do Projeto Águas de Minas. Este monitoramento realizado desde 1997 avalia atualmente a qualidade das águas em 244 estações de amostragem distribuídas em oito bacias hidrográficas, com abrangência em cerca de 98% da área total do estado. As coletas de água são realizadas em quatro campanhas trimestrais sendo que em duas campanhas denominadas completas são analisados cerca de 50 parâmetros físico-químicos e bacteriológicos, enquanto nas outras duas campanhas denominadas intermediárias são analisados 18 parâmetros.

As amostras coletadas e analisadas pela Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais – CETEC, são encaminhados trimestralmente ao IGAM em meio digital através do programa Excel e na forma de certificados impressos. Os dados são exportados para banco de dados Access. A partir daí, então, são realizados os cálculos do Índice de Qualidade das Águas – IQA através do programa IQACAL e da Contaminação por Tóxicos – CT. O primeiro calcula as notas específicas de cada parâmetro e o índice final aditivo e multiplicativo, sendo que os resultados impressos incluem unicamente o IQA multiplicativo. Para a determinação da contaminação por tóxicos é feita uma comparação dos parâmetros avaliados com os padrões da legislação estadual.

Para o aprimorar esse banco de dados e facilitar os cálculos de IQA, criou-se um sistema de gerenciamento de Banco de Dados relacional (SGBD) através do *Oracle 9i Standard Edition*, chamado de SCQA (*sistema de cálculo da qualidade da água*). Neste contexto, este relatório apresenta o funcionamento do SCQA bem como a definição das equações utilizadas para o cálculo do IQA.

2 CALCULO DO INDICE DE QUALIDADE DE ÁGUA

Na caracterização da qualidade da água, utilizam-se alguns parâmetros que representam suas características físico-químicas e biológicas, os indicadores da qualidade da água, que representam impurezas quando ultrapassam a certos valores estabelecidos. Estes parâmetros foram estabelecidos pela National Sanitation Foundation (NSF) nos Estados Unidos, através de pesquisa de opinião junto a vários especialistas da área ambiental, para o desenvolvimento de um índice que indicasse a qualidade da água (IQA). Com isso nove parâmetros foram considerados mais representativos: oxigênio dissolvido, coliformes fecais, pH, demanda bioquímica de oxigênio, nitrato, fosfato total, temperatura da água, turbidez e sólidos totais. Para cada parâmetro foram traçadas curvas médias da variação da qualidade da água em função das suas respectivas concentrações.

A cada parâmetro foi atribuído um peso, listados na tabela 2.1, de acordo com sua importância relativa no cálculo do IQA.

Tabela 2.1 Peso dos Parâmetros

Parâmetro	Peso - w_i
Oxigênio dissolvido – OD (% OD)	0,17
Coliformes fecais (NMP/100 mL)	0,15
pH	0,12
Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO (mg/L)	0,10
Nitratos (mg/L NO_3)	0,10
Fosfatos (mg/L PO_4)	0,10
Variação na Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	0,10
Turbidez (UNT)	0,08
Resíduos totais (mg/L)	0,08

Então o IQA é calculado pelo produtório ponderado das qualidades de água correspondentes aos parâmetros conforme a fórmula:

$$IQA = \prod_{i=0}^9 q_i^{w_i}$$

Onde:

IQA – índice de qualidade da água, um número de 0 a 100

q_i = qualidade do parâmetro i obtido através da curva média específica de qualidade;

w_i = peso atribuído ao parâmetro, em função de sua importância na qualidade, entre 0 e 1.

Os valores do índice variam entre 0 e 100, conforme especificado a seguir:

Tabela 2.2 Nível de Qualidade

Nível de Qualidade	Faixa
Excelente	$90 < IQA \leq 100$
Bom	$70 < IQA \leq 90$
Médio	$50 < IQA \leq 70$
Ruim	$25 < IQA \leq 50$
Muito Ruim	$0 \leq IQA \leq 25$

Assim definido, o IQA reflete a interferência por esgotos sanitários e outros materiais orgânicos, nutrientes e sólidos.

3 EQUAÇÕES DO SCQA

Para o desenvolvimento SCQA, baseado nas curvas obtidas pela National Sanitation Foudantion e estudos correlatos desenvolvidos principalmente no Brasil, através de regressões polinomiais e com auxílio do programa Excel, determinou-se as equações a serem utilizadas para o cálculo do índice de qualidade para cada parâmetro (q_s).

Seguem-se as equações obtidas para o SCQA, bem como as curvas dos nove parâmetros, comparando-as com algumas curvas já existentes: BROWN *et al.* (1974), CETESB (2004), MATTOS (1998) e CPRH.

3.1 Oxigênio Dissolvido (OD)

O primeiro passo para a determinação do índice para Oxigênio Dissolvido é a determinação da Concentração de saturação de oxigênio:

$$C_s = (14,2 \times e^{-0,0212T} - (0,0016 \times C_{Cl} \times e^{-0,0264T})) \times (0,994 - (0,0001042 \times H))$$

onde:

C_s – concentração de saturação de oxigênio (mg/L)

T – temperatura (°C)

C_{Cl} – Concentração de Cloreto (mg/L)

H – Altitude (m)

Depois se calcula a porcentagem de oxigênio dissolvido, dada pela fórmula:

$$\%OD = (OD/C_s) \times 100$$

onde:

OD% – porcentagem de oxigênio dissolvido

OD – oxigênio dissolvido (mg/L)

C_s – concentração de saturação de oxigênio dissolvido (mg/L)

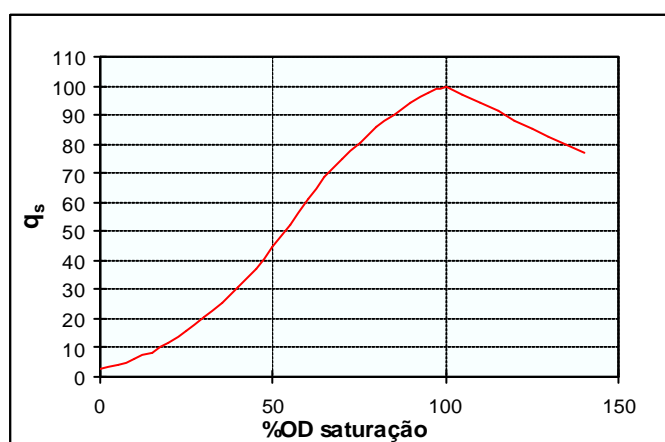


Figura 2.1: Oxigênio Dissolvido

As equações para o cálculo do q_s para o parâmetro Oxigênio dissolvido, baseadas na figura 2.1 são:

- Para OD% saturação ≤ 100

$$q_s = 100 \times (\text{sen}(y_1))^2 - [(2,5 \times \text{sen}(y_2) - 0,018 \times \text{OD}\% + 6,86) \times \text{sen}(y_3)] + \frac{12}{e^{y_4} + e^{y_5}}$$

e:

$$y_1 = 0,01396 \times \text{OD}\% + 0,0873$$

$$y_2 = \frac{\pi}{56} \times (\text{OD}\% - 27)$$

$$y_3 = \frac{\pi}{85} - (\text{OD}\% - 15)$$

$$y_4 = \frac{(\text{OD}\% - 65)}{10}$$

$$y_5 = \frac{(65 - \text{OD}\%)}{10}$$

- Para $100 < \text{OD}\% \text{ saturação} \leq 140$

$$q_s = -0,00777142857142832 \times (\text{OD}\%)^2 + 1,27854285714278 \times \text{OD}\% + 49,8817148572$$

- Para OD% saturação > 140

$$q_s = 47,0$$

Pela figura 2.2, comparando as curvas desenvolvidas por BROWN *et al.* (1974), CETESB (2004) e MATTOS (1998) com a obtida para o SCQA, verifica-se que os resultados de “ q_s ” de oxigênio dissolvido para o SCQA mostram-se satisfatórios.

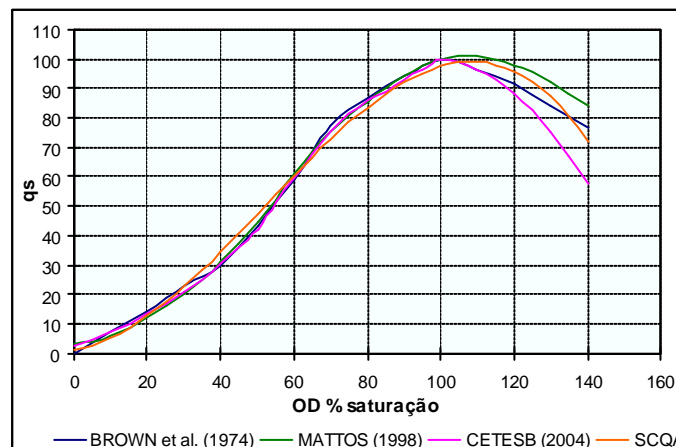


Figura 2.2: Curvas de Oxigênio Dissolvido (comparação)

3.2 Coliformes Fecais (CF)

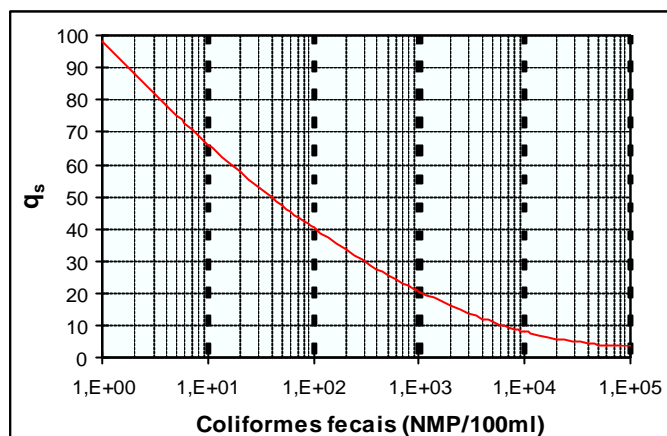


Figura 2.3: Coliformes Fecais

As equações para o cálculo do q_s para o parâmetro Coliformes Fecais, baseadas na figura 2. são:

- Para $CF \leq 10^5$ NMP/100mL

$$q_s = 98,24034 - 34,7145 \times (\log(CF)) + 2,614267 \times (\log(CF))^2 + 0,107821 \times (\log(CF))^3$$

- Para $CF > 10^5$ NMP/100mL

$$q_s = 3,0$$

Pela figura 2.4, comparando as curvas desenvolvidas por BROWN *et al.* (1974), CETESB (2004), MATTOS (1998) com a obtida para o SCQA, verifica-se que os resultados de “ q_s ” de Coliformes Fecais para o SCQA mostram-se satisfatórios.

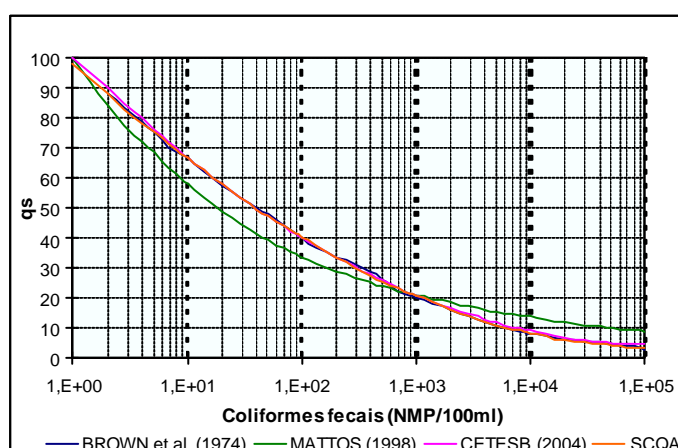


Figura 2.4: Curvas de Coliformes Fecais (comparação)

3.3 Potencial Hidrogeniônico (pH)

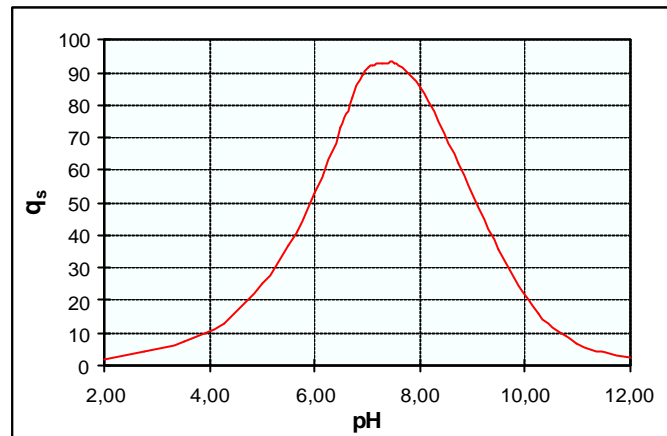


Figura 2.5: pH

As equações para o cálculo do q_s para o parâmetro Potencial Hidrogeniônico (pH) são:

- Para $pH \leq 2,0$

$$q_s = 2,0$$

- Para $2,0 < pH \leq 6,9$

$$q_s = -37,1085 + 41,91277 \times pH - 15,7043 \times pH^2 + 2,417486 \times pH^3 - 0,091252 \times pH^4$$

- Para $6,9 < pH \leq 7,1$

$$q_s = -4,69365 - 21,4593 \times pH - 68,4561 \times pH^2 + 21,638886 \times pH^3 - 1,59165 \times pH^4$$

- Para $7,1 < pH \leq 12$

$$q_s = -7.698,19 + 3.262,031 \times pH - 499,494 \times pH^2 + 33,1551 \times pH^3 - 0,810613 \times pH^4$$

- Para $pH \geq 12,0$

$$q_s = 3,0$$

Pela figura 2.6, comparando as curvas desenvolvidas por BROWN *et al.* (1974), CETESB (2004), MATTOS (1998) com a obtida para o SCQA, verifica-se que os resultados de “ q_s ” de pH para o SCQA mostram-se satisfatórios.

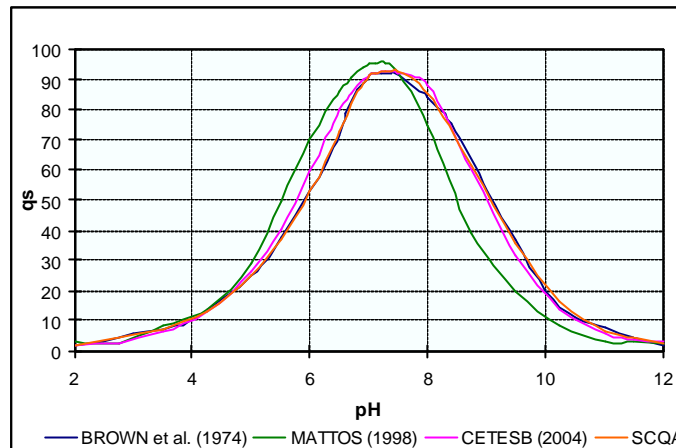


Figura 2.6pH (comparação)

3.4 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

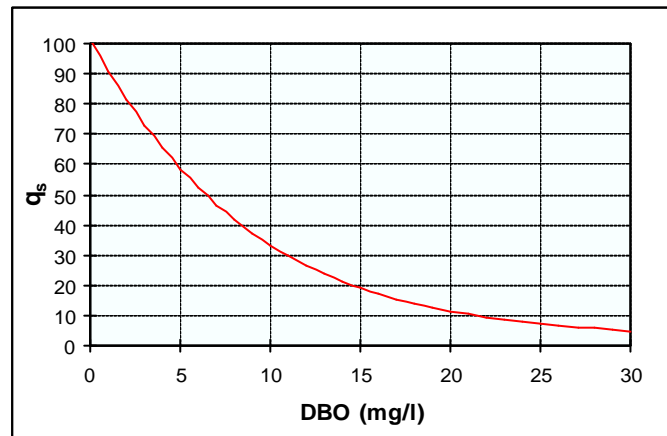


Figura 2.7:DBO

As equações para o cálculo do q_s para o parâmetro Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) são:

- Para $DBO \leq 30 \text{ mg/L}$

$$q_s = 100,9571 - 10,7121 \times DBO + 0,49544 \times DBO^2 - 0,011167 \times DBO^3 + 0,0001 \times DBO^4$$

- Para $DBO > 30,0 \text{ mg/L}$

$$q_s = 2,0$$

Pela figura 2.8, comparando as curvas desenvolvidas por BROWN *et al.* (1974), CETESB (2004), MATTOS (1998) e CPRH com a obtida para o SCQA, verifica-se que os resultados de “ q_s ” de DBO para o SCQA mostram-se satisfatórios.

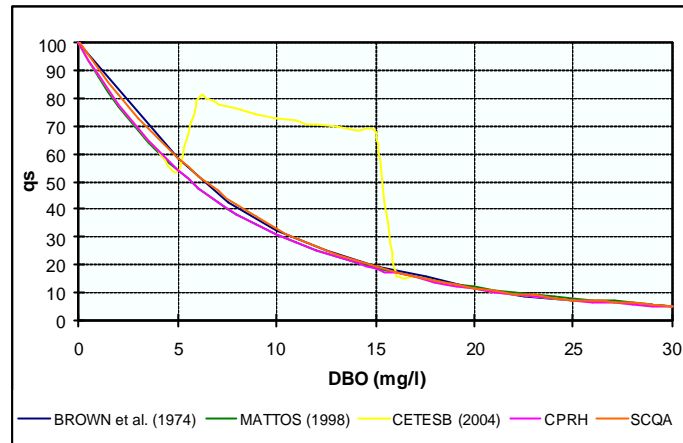


Figura 28: DBO (comparação)

3.5 Nitrato Total (NO_3)

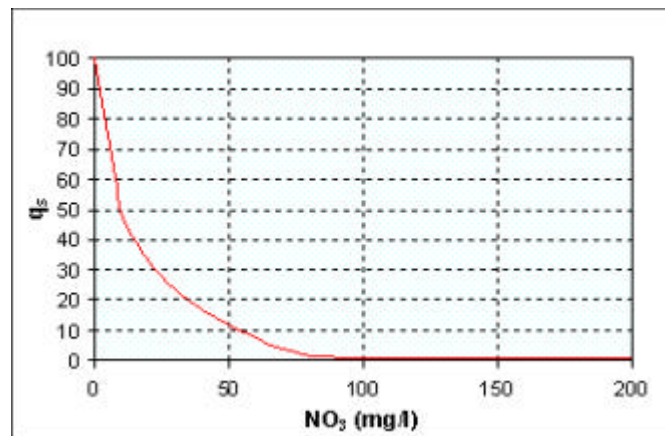


Figura 2.9: Nitrato Total

As equações para o cálculo do q_s para o parâmetro Nitrato Total (NO_3) são:

- Para $\text{NO}_3 \leq 10 \text{ mg/L}$

$$q_s = -5,1 \times \text{NO}_3 + 100,17$$

- Para $10 < \text{NO}_3 \leq 60 \text{ mg/L}$

$$q_s = -22,853 \times \ln(\text{NO}_3) + 101,18$$

- Para $60 < \text{NO}_3 \leq 90 \text{ mg/L}$

$$q_s = 10.000.000.000 \times (\text{NO}_3)^{-5,1161}$$

- Para $\text{NO}_3 > 90 \text{ mg/L}$

$$q_s = 1,0$$

Pela figura 2.10, comparando as curvas desenvolvidas por BROWN *et al.* (1974), CETESB (2004), MATTOS (1998) e CPRH com a obtida para o SCQA, verifica-se que os resultados de “ q_s ” de Nitrato para o SCQA mostram-se satisfatórios.

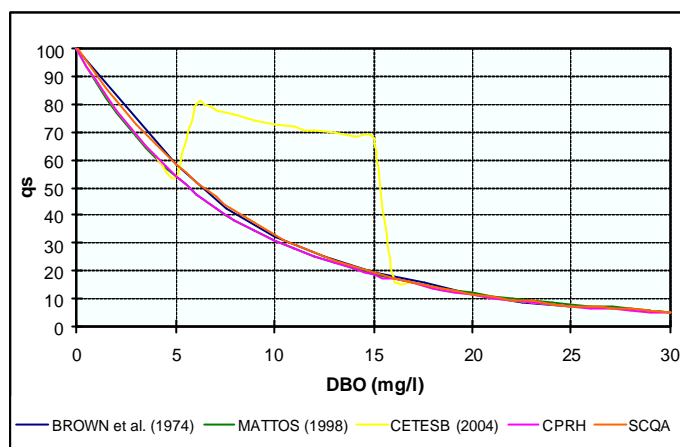


Figura 2.10:Nitrato Total (comparação)

3.6 Fósforo Total (PO₄)

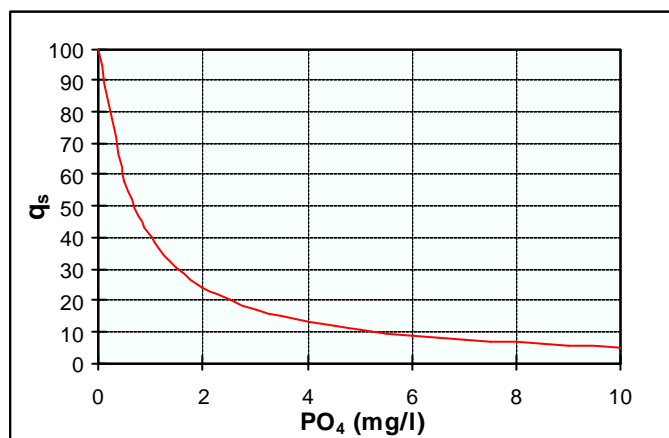


Figura 2.11:Fósforo Total

As equações para o cálculo do q_s para o parâmetro Fósforo Total (PO₄) são:

- Para PO₄ ≤ 10 mg/L

$$q_s = 79,7 \times (PO_4 + 0,821)^{-1,15}$$

- Para PO₄ > 10,0 mg/L

$$q_s = 5,0$$

Pela figura 2.12, comparando as curvas desenvolvidas por BROWN *et al.* (1974), CETESB (2004) e MATTOS (1998) com a obtida para o SCQA, verifica-se que os resultados de “ q_s ” de Fósforo Total para o SCQA mostram-se satisfatórios.

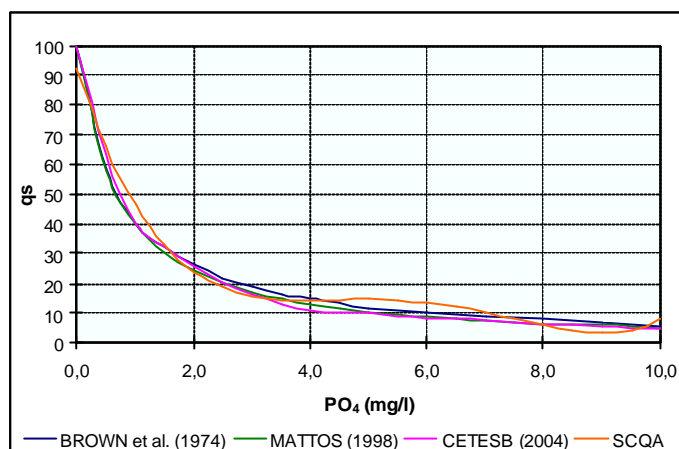


Figura 2.12: Fósforo Total (comparação)

3.7 Turbidez (Tu)

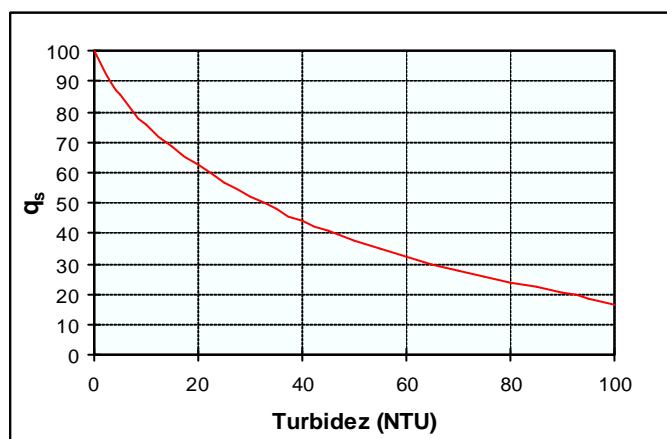


Figura 2.13: Turbidez

As equações para o cálculo do q_s para o parâmetro Turbidez (Tu) são:

- Para $Tu \leq 100$

$$q_s = 90,37 \times e^{(-0,0169 \times Tu)} - 15 \times \cos(0,0571 \times (Tu - 30)) + 10,22 \times e^{(-0,231 \times Tu)} - 0,8$$

- Para $Tu > 100$

$$q_s = 5,0$$

Pela figura 2.14, comparando as curvas desenvolvidas pela BROWN *et al.* (1974), CETESB (2004) e MATTOS (1998) com a obtida para o SCQA, verifica-se que os resultados de “ q_s ” de Turbidez para o SCQA mostram-se satisfatórios.

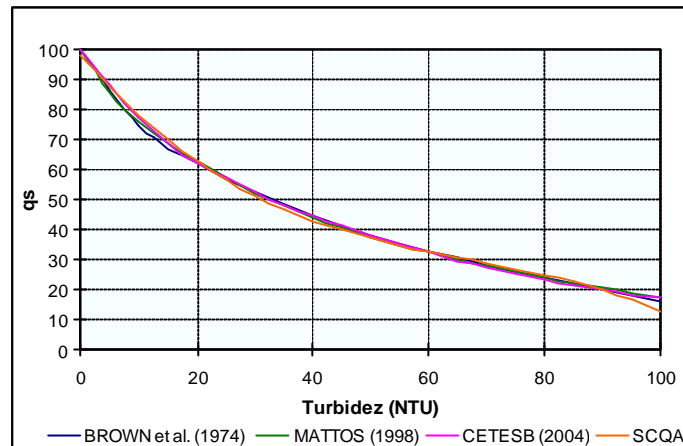


Figura 2.14: Turbidez (comparação)

3.8 Sólidos Totais (ST)

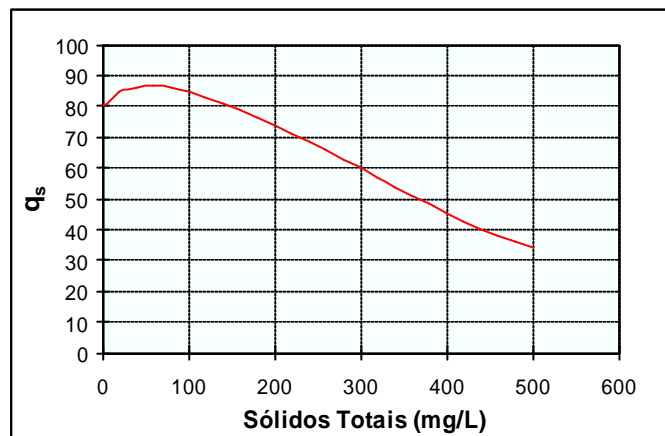


Figura 2.15: Sólidos Totais

As equações para o cálculo do q_s para o parâmetro Sólidos Totais (ST) são:

- Para $ST \leq 500$

$$q_s = 133,17 \times e^{(-0,0027 \times ST)} - 53,17 \times e^{(-0,0141 \times ST)} + [(-6,2 \times e^{(-0,00462 \times ST)}) \times \text{sen}(0,0146 \times ST)]$$

- Para $ST > 500$

$$q_s = 30,0$$

Pela figura 2.16, comparando as curvas desenvolvidas pela BROWN *et al.* (1974), CETESB (2004) e MATTOS (1998) com a obtida para o SCQA, verifica-se que os resultados de “ q_s ” de Turbidez para o SCQA mostram -se satisfatórios.

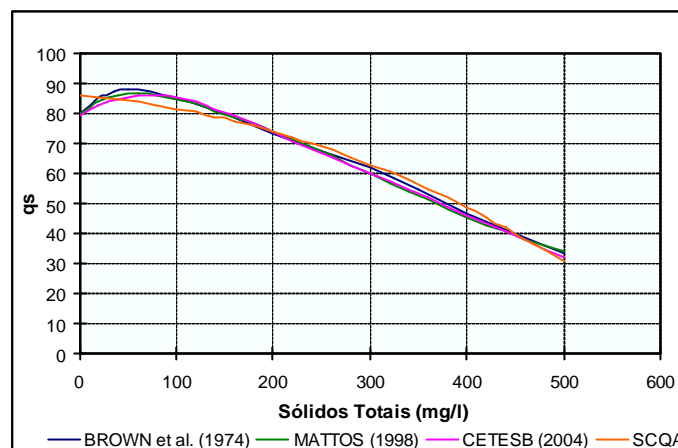


Figura 2.16:Sólidos Totais (comparação)

3.9 Variação de Temperatura

As equações e as curvas desenvolvidas pela NSF, levam em consideração as características dos corpos de água e variações climáticas dos EUA, sendo a variação de temperatura de equilíbrio o principal parâmetro afetado. Como no nosso caso, os ambientes não recebem cargas térmicas elevadas, as equações não condizem com a realidade brasileira, pois a variação da temperatura de equilíbrio é próxima de zero, então teremos:

$$\Delta T \cong 0$$

- Para $-0,625 < \Delta T \leq 0,625$

$$q_s = 4,8 \times \Delta T + 93$$

$$q_s = 4,8 \times (0) + 93$$

$$q_s = 93$$

O q_s utilizado para variação de temperatura neste estudo é constante igual a 93.

4 SISTEMA DE CÁLCULO DA QUALIDADE DA ÁGUA (SCQA)

O SCQA é um programa eficiente desenvolvido em linguagem JAVA, que converte de forma automática planilhas e/ou arquivo texto, com os resultados das análises de água, medidos nos diversos pontos das bacias do estado de Minas Gerais, para o ambiente de banco de dados Access e Oracle além de calcular o índice de qualidade de água (IQA), no Anexo 1 é apresentado o programa.

4.1 Requisitos do Sistema

O programa opera em equipamentos que atendem alguns requisitos básicos, tais como:

- Windows PC Pentium 233Mhz ou superior;

- Mínimo de memória RAM de 64 Mb, sendo 128 Mb o recomendado;
- Mínimo de 25 Mb de espaço livre em disco;
- Monitor colorido padrão VGA com as configurações:
 - Número de cores disponíveis: High Color (16 Bits)
 - Resolução da tela: 800x600
- Sistema Operacional windows 98 ou superior.

4.2 Vantagens

O cálculo do índice de qualidade de água vem sendo realizado através do programa IQACALC em linguagem FORTRAN 77 para PC, o que resultava em algumas dificuldades operacionais no sistema windows além da demanda de tempo para a realização do cálculo. Em face disso o SCQA automatizou as diversas funções que eram realizadas manualmente de forma onerosa possibilitando a diminuição de ocorrência de erros e facilitando a disponibilização dos dados nos ambientes INTRANET e INTERNET.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BROWN, R. M. & McClelland, N. I. **Up from chaos: the water quality index as an effective instrument in water quality management**. Michigan: National Sanitation Foundation. 1974. 27 p.
- CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental), São Paulo. 2004. **Relatório De Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo 2003/CETESB**. São Paulo: CETESB. 2004. 264 p.
- CPRH: AGÊNCIA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS / PE. **Seleção de Índices e Indicadores de Qualidade da Água. Aplicação dos Índices Selecionados**. Oficina do Programa Nacional de Meio Ambiente – PNMAII. Recife.
- FEAM (Fundação Estadual do Meio Ambiente), IGAM (Instituto Mineiro de Gestão das Águas). **Programa para o cálculo do índice de qualidade da água – IQA “IQACALC”**. Belo Horizonte, 2000.
- MATTOS, A. R. 1998. **Índice de Qualidade de Águas para Bacia do Rio das Velhas Aspectos Metodológicos e Avaliação Qualitativa do Ambiente**. Belo Horizonte. 101p.
- VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Vol.: 1 e 2. Belo Horizonte: UFMG, 1996.243p.
- INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. **Qualidade das Águas Superficiais do Estado de Minas Gerais em 1998** Belo Horizonte: FEAM, 1999. 87p.
- _____. **Qualidade das Águas Superficiais do Estado de Minas Gerais em 1999**. Belo Horizonte: FEAM, 2000. 81p.
- _____. **Qualidade das Águas Superficiais do Estado de Minas Gerais em 2000**. Belo Horizonte: FEAM, 2000. 112p.
- _____. **Monitoramento das águas Superficiais na Bacia do Rio Doce em 2001**. Belo Horizonte: IGAM, 2002. 108 p.
- _____. **Monitoramento das águas Superficiais na Bacia do Rio Grande em 2001**. Belo Horizonte: IGAM, 2002. 124 p.
- _____. **Monitoramento das águas Superficiais na Bacia do Rio Jequitinhonha em 2001**. Belo Horizonte: IGAM, 2002. 76 p.
- _____. **Monitoramento das águas Superficiais na Bacia do Rio Mucuri em 2001**. Belo Horizonte: IGAM, 2002. 69 p.
- _____. **Monitoramento das águas Superficiais na Bacia do Rio Pará em 2001**. Belo Horizonte: IGAM, 2002. 90 p.
- _____. **Monitoramento das águas Superficiais na Bacia do Rio Paraíba do Sul em 2001**. Belo Horizonte: IGAM, 2002. 116 p.

_____. **Monitoramento das águas Superficiais na Bacia do Rio Paranaíba em 2001**. Belo Horizonte: IGAM, 2002. 94 p.

_____. **Monitoramento das águas Superficiais na Bacia do Rio Paraopeba em 2001**. Belo Horizonte: IGAM, 2002. 97 p.

_____. **Monitoramento das águas Superficiais na Bacia do Rio Pardo em 2001**. Belo Horizonte: IGAM, 2002. 65 p.

_____. **Monitoramento das águas Superficiais na Bacia do Rio São Francisco - Norte em 2001**. Belo Horizonte: IGAM, 2002. 112 p.

_____. **Monitoramento das águas Superficiais na Bacia do Rio São Francisco - Sul em 2001**. Belo Horizonte: IGAM, 2002. 98 p.

_____. **Monitoramento das águas Superficiais na Bacia do Rio das Velhas em 2001**. Belo Horizonte: IGAM, 2002. 130 p.

_____. **Monitoramento das águas Superficiais na Bacia do Rio Doce em 2002**. Belo Horizonte: IGAM, 2003. 140 p.

_____. **Monitoramento das águas Superficiais na Bacia do Rio Grande em 2002**. Belo Horizonte: IGAM, 2003. 165 p.

_____. **Monitoramento das águas Superficiais na Bacia do Rio Jequitinhonha em 2002**. Belo Horizonte: IGAM, 2003. 107 p.

_____. **Monitoramento das águas Superficiais na Bacia do Rio Mucuri em 2002**. Belo Horizonte: IGAM, 2003. 107 p.

_____. **Monitoramento das águas Superficiais na Bacia do Rio Pará em 2002**. Belo Horizonte: IGAM, 2003. 119 p.

_____. **Monitoramento das águas Superficiais na Bacia do Rio Paraíba do Sul em 2002**. Belo Horizonte: IGAM, 2003. 149 p.

_____. **Monitoramento das águas Superficiais na Bacia do Rio Paranaíba em 2002**. Belo Horizonte: IGAM, 2003. 125 p.

_____. **Monitoramento das águas Superficiais na Bacia do Rio Paraopeba em 2002**. Belo Horizonte: IGAM, 2003. 97 p.

_____. **Monitoramento das águas Superficiais na Bacia do Rio Pardo em 2002**. Belo Horizonte: IGAM, 2003. 101 p.

_____. **Monitoramento das águas Superficiais na Bacia do Rio São Francisco - Norte em 2002**. Belo Horizonte: IGAM, 2003. 141 p.

_____. **Monitoramento das águas Superficiais na Bacia do Rio São Francisco - Sul em 2002**. Belo Horizonte: IGAM, 2003. 122 p.

_____. **Monitoramento das águas Superficiais na Bacia do Rio das Velhas em 2002**. Belo Horizonte: IGAM, 2003. 151 p.

_____. **Monitoramento das águas Superficiais na Bacia do Rio Doce em 2003.** Belo Horizonte: IGAM, 2004. 149 p.

_____. **Monitoramento das águas Superficiais na Bacia do Rio Grande em 2003.** Belo Horizonte: IGAM, 2004. 168 p.

_____. **Monitoramento das águas Superficiais na Bacia do Rio Jequitinhonha em 2003.** Belo Horizonte: IGAM, 2004. 119 p.

_____. **Monitoramento das águas Superficiais na Bacia do Rio Mucuri em 2003.** Belo Horizonte: IGAM, 2004. 117 p.

_____. **Monitoramento das águas Superficiais na Bacia do Rio Pará em 2003.** Belo Horizonte: IGAM, 2004. 126 p.

_____. **Monitoramento das águas Superficiais na Bacia do Rio Paraíba do Sul em 2003.** Belo Horizonte: IGAM, 2004. 162 p.

_____. **Monitoramento das águas Superficiais na Bacia do Rio Paranaíba em 2003.** Belo Horizonte: IGAM, 2004. 131 p.

_____. **Monitoramento das águas Superficiais na Bacia do Rio Paraopeba em 2003.** Belo Horizonte: IGAM, 2004. 133 p.

_____. **Monitoramento das águas Superficiais na Bacia do Rio Pardo em 2003.** Belo Horizonte: IGAM, 2004. 106 p.

_____. **Monitoramento das águas Superficiais na Bacia do Rio São Francisco - Norte em 2003.** Belo Horizonte: IGAM, 2004. 139 p.

_____. **Monitoramento das águas Superficiais na Bacia do Rio São Francisco - Sul em 2003.** Belo Horizonte: IGAM, 2004. 128 p.

_____. **Monitoramento das águas Superficiais na Bacia do Rio das Velhas em 2003.** Belo Horizonte: IGAM, 2004. 161 p.