MARCOS MARGARIDO RIGHETTO

Desenvolvimento e Calibração de um Tanque de Reaeração Equipado com Grade Oscilante

Dissertação apresentada ao Departamento de Hidráulica e Saneamento da Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil.

Área de Concentração: Hidráulica e Saneamento
Orientador: Prof. Tit. Woodrow N. L. Roma

**São Carlos, SP
2008**

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE
TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO,
PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Tratamento
da Informação do Serviço de Biblioteca – EESC/USP

D571d Righetto, Marcos Margarido
Desenvolvimento e calibração de um tanque de reaeração
equipado com grade oscilante / Marcos Margarido Righetto;
orientador Woodrow Nelson Lopes Roma . -- São Carlos,
2008.

Dissertação (Mestrado-Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Civil e Área de Concentração em Hidráulica e
Saneamento) -- Escola de Engenharia de São Carlos da
Universidade de São Paulo.

1. Reaeração. 2. Turbulência superficial. 3. Grades
oscilantes. 4. Oxigênio dissolvido. I. Título.

FOLHA DE JULGAMENTO

Candidato: Engenheiro **MARCOS MARGARIDO RIGHETTO**

Dissertação defendida e julgada em 29/04/2008 perante a Comissão Julgadora:

Prof. Titular **WOODROW NELSON LOPES ROMA (Orientador)**
(Escola de Engenharia de São Carlos/USP) Aprovado

Prof. Associado **RODRIGO DE MELO PORTO**
(Escola de Engenharia de São Carlos/USP) Aprovado

Prof. Dr. **MARCOS ROGERIO SZELIGA**
(Universidade Estadual de Ponta Grossa/UEPG) Aprovado

Prof. Associado **MARCELO ZAIAT**
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em
Engenharia (Hidráulica e Saneamento)

Prof. Associado **GERALDO ROBERTO MARTINS DA COSTA**
Presidente da Comissão da Pós-Graduação da EESC

DEDICATÓRIA

*Em especial, aos meus pais, Antonio Marozzi Righetto e Maria do Carmo Duch
Margarido, aos meus irmãos Giovanni, Julian e Carolina pela compreensão, amor
e estímulo, que permitiram a conclusão desta obra.*

*Ao Prof. Dr. Woodrow Nelson Lopes Roma, pela confiança depositada,
oportunidade de tê-lo sempre presente e atento às minhas incertezas, dúvidas,
incentivo e orientação.*

*E, finalmente, agradeço a minha noiva Fernanda pelo amor, compreensão,
paciência, dedicação e amizade que proporcionou nos momentos mais difíceis.*

Dedico este trabalho.

AGRADECIMENTOS

Para a concretização deste trabalho de pesquisa, foi possível contar com a colaboração e apoio de entidades e pessoas a quem gostaria de externar meus melhores agradecimentos.

Ao CNPq, pela concessão da bolsa de estudos que possibilitou a realização deste trabalho.

A USP, pelo acolhimento e infra-estrutura.

Aos amigos do laboratório de Fenômenos de Transporte, pelo incentivo e pela parceria em vários trabalhos realizados.

Aos amigos Roberto Cezar Bérghamo, Pavlovna Damião Rocha Bueno, André Canale Garcia, Maria Auxiliadora de C. Altieri Pin e Rosemeire Aparecida de Jesus, funcionários do Departamento de Hidráulica e Saneamento, pela presteza e auxílio nos serviços.

Aos Professores Doutores Rodrigo de Melo Porto, Luisa Fernanda Ribeiro Reis, Marcius Fantozzi Giorgetti, Eduardo Mario Menciondo, Eduardo Cleto Pires, Jurandir Povinelli e Maria do Carmo Calijuri pelas disciplinas cursadas no curso de Mestrado.

Aos colegas de pós-graduação do Departamento de Hidráulica e Saneamento.

Meus sinceros agradecimentos.

RESUMO

RIGHETTO, M. M. (2008) **Desenvolvimento e Calibração de um Tanque de Reaeração Equipado com Grade Oscilante**. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 177p.

Este trabalho apresenta a calibração e o desenvolvimento de um tanque de reaeração, equipamento que gera turbulência com intensidade controlável por meio de grade oscilante. Foram realizadas adequações ao projeto inicial de construção do tanque, idealizado por ROMA, onde se buscou o equilíbrio e as limitações de funcionamento para que, em futuros trabalhos, o tanque possa ser utilizado sob condições adequadas sem a presença de “ruídos” que venham a interferir nos resultados. A calibração do tanque foi realizada levantando-se o coeficiente de reaeração K_2 para dois tipos de grades, 256 malhas/m² e 1024 malhas/m² constituídas por barras de seção medindo 10 x 10 mm, em diversas frequências de oscilações sob condições controladas de temperatura e umidade relativa do ar. Com auxílio de um medidor eletroquímico de oxigênio dissolvido e de um contador de rotação, pôde-se acompanhar a reoxigenação da água e avaliar a frequência de oscilação das grades. A desaeração da massa de água, necessária para a calibração do tanque, foi promovida por *Stripping* provocado por cavitação forçada à temperatura ambiente com injeção de nitrogênio. A taxa de reaeração K_2 foi calculada por medidas da variação do oxigênio dissolvido em função do tempo provocada por agitação mecânica para determinada frequência de oscilação da grade. Os resultados obtidos forneceram as curvas de reaeração em função da frequência de oscilação e do tipo de grade utilizada em cada ensaio que, através do uso de planilha eletrônica, determinaram-se os valores de concentração de saturação (C_s) e coeficiente de reoxigenação (K_2) com o uso de regressão não linear.

Palavras – chave: reaeração, turbulência superficial, grades oscilantes, oxigênio dissolvido.

ABSTRACT

RIGHETTO, M. M. (2008) **Development and Calibration of a Reaeration Tank Equipped With Oscillating Grids**. Master of Science Dissertation – School of Engineering at São Carlos, University of São Paulo, São Carlos, 177p.

This work presents a reaeration tank development and its calibration, equipment that generates controlled intensity turbulence produced by oscillating grid. An adaptation on the original design idealized by Roma was made improving the equilibrium of the oscillating grid mechanism and defining the limits of functionality of the device. These are important aspects for future research on experimental turbulence generation since that the use of equipment free of undesirable disturbing noise are of fundamental importance. Tank calibration was obtained through the evaluation of the reaeration coefficient K_2 using two types of oscillating grids, 256 and 1024 meshes/m², constructed with 10 x 10 mm² square section bars. Experimental runs were conducted under controlled conditions of air temperature and humidity, for several oscillating frequencies for each grid. The necessary water mass desaeration was obtained by ambient temperature stripping, induced by forced cavitation and nitrogen injection. Reaeration coefficients were calculated from data obtained from dissolved oxygen concentration measurements as function of time for each grid size and oscillating frequency combination. As results, reaeration curves with reaeration coefficients as function of oscillating frequency and grid type are presented.

Key-Words: re-aeration, superficial turbulence, oscillating grids, dissolved oxygen.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Detalhe dos equipamentos utilizados no sistema desaerador.....	66
Figura 2: Disposição dos compartimentos central (50 x 50 x 100 cm) e laterais do tanque (50 x 8,5 x 100 cm)	68
Figura 3: Projeto da grade média. Barras de comprimento de 49 cm no interior do tanque de 50 x 50 cm (medidas em mm)	69
Figura 4: Projeto da grade fina. Barras de comprimento de 49 cm no interior do tanque de 50 x 50 cm (medidas em mm)	70
Figura 5: Detalhe da fixação da grade no perfil metálico.....	72
Figura 6: Sistema de polias com esticador	73
Figura 7: Sistema biela-manivela e conjunto de polias - mecanismo de oscilação da grade ...	74
Figura 8: Motor elétrico com sistema de redução 10:1	75
Figura 9: Inversor de frequência.....	75
Figura 10: Contador de rotação	76
Figura 11: Oxímetro fabricado pela WTW.....	79
Figura 12: par de Termôpares tipo T (cobre/constantan)	80
Figura 13: Psicrômetro de aspiração	81
Figura 14: Datalogger CR10 produzido pela Campbell Scientific Inc.....	82
Figura 15: Teclado CR10KD produzido pela Campbell Scientific Inc.....	82
Figura 16: Esquema de desoxigenação da água	84
Figura 17: Placa contendo o diafragma	84
Figura 18: Grade geradora de turbulência	86
Figura 19: Tanque de reaeração em acrílico.....	87
Figura 20: Par de termôpares inseridos no abrigo (<i>Shield</i>)	90

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Características dos equipamentos encontrados na literatura.....	36
Tabela 2: Valores de Umidade Relativa	91
Tabela 3: Sintetização dos gráficos 09 ao 62	98
Tabela 4: Incerteza dos parâmetros medidos e estimados	102

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Curva de reoxigenação para grade fina com frequência de oscilação de 121 ciclos/min	93
Gráfico 2: Curva de reoxigenação em função do tempo.....	97
Gráfico 3: Resíduos em função do tempo	99
Gráfico 4: Ampliação das curvas de reoxigenação (observada e modelada) para o ensaio egm210_1	100
Gráfico 7: Resíduos gerados (forma tendenciosa) pelos pontos observados e modelados do trecho ampliado anteriormente.....	101
Gráfico 8: Curva de calibração do tanque - K_2 versus frequência de oscilação	102
Gráfico 9: Curva de reoxigenação em função do tempo.....	116
Gráfico 10: Resíduos em função do tempo	116
Gráfico 11: Curva de reoxigenação em função do tempo.....	117
Gráfico 12: Resíduos em função do tempo	117
Gráfico 13: Curva de reoxigenação em função do tempo.....	118
Gráfico 14: Resíduos em função do tempo	118
Gráfico 15: Curva de reoxigenação em função do tempo.....	119
Gráfico 16: Resíduos em função do tempo	119

Gráfico 17: Curva de reoxigenação em função do tempo	120
Gráfico 18: Resíduos em função do tempo	120
Gráfico 19: Curva de reoxigenação em função do tempo	121
Gráfico 20: Resíduos em função do tempo	121
Gráfico 21: Curva de reoxigenação em função do tempo	122
Gráfico 22: Resíduos em função do tempo	122
Gráfico 23: Curva de reoxigenação em função do tempo	123
Gráfico 24: Resíduos em função do tempo	123
Gráfico 25: Curva de reoxigenação em função do tempo	124
Gráfico 26: Resíduos em função do tempo	124
Gráfico 27: Curva de reoxigenação em função do tempo	125
Gráfico 28: Resíduos em função do tempo	125
Gráfico 29: Curva de reoxigenação em função do tempo	126
Gráfico 30: Resíduos em função do tempo	126
Gráfico 31: Curva de reoxigenação em função do tempo	127
Gráfico 32: Resíduos em função do tempo	127
Gráfico 33: Curva de reoxigenação em função do tempo	128
Gráfico 34: Resíduos em função do tempo	128
Gráfico 35: Curva de reoxigenação em função do tempo	129
Gráfico 36: Resíduos em função do tempo	129
Gráfico 37: Curva de reoxigenação em função do tempo	130
Gráfico 38: Resíduos em função do tempo	130
Gráfico 39: Curva de reoxigenação em função do tempo	131
Gráfico 40: Resíduos em função do tempo	131
Gráfico 41: Curva de reoxigenação em função do tempo	132

Gráfico 42: Resíduos em função do tempo	132
Gráfico 43: Curva de reoxigenação em função do tempo.....	133
Gráfico 44: Resíduos em função do tempo	133
Gráfico 45: Curva de reoxigenação em função do tempo.....	134
Gráfico 46: Resíduos em função do tempo	134
Gráfico 47: Curva de reoxigenação em função do tempo.....	135
Gráfico 48: Resíduos em função do tempo	135
Gráfico 49: Curva de reoxigenação em função do tempo.....	136
Gráfico 50: Resíduos em função do tempo	136
Gráfico 51: Curva de reoxigenação em função do tempo.....	137
Gráfico 52: Resíduos em função do tempo	137
Gráfico 53: Curva de reoxigenação em função do tempo.....	138
Gráfico 54: Resíduos em função do tempo	138
Gráfico 55: Curva de reoxigenação em função do tempo.....	139
Gráfico 56: Resíduos em função do tempo	139
Gráfico 57: Curva de reoxigenação em função do tempo.....	140
Gráfico 58: Resíduos em função do tempo	140
Gráfico 59: Curva de reoxigenação em função do tempo.....	141
Gráfico 60: Resíduos em função do tempo	141
Gráfico 61: Curva de reoxigenação em função do tempo.....	142
Gráfico 62: Resíduos em função do tempo	142

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Caracterização do sistema desaerador	66
Quadro 2: Caracterização do sistema de geração de turbulência.....	77

LISTA DE SÍMBOLOS E SIGLAS

A – ampère

A – área

A/D – placa de conversão de dados analógico-digital

C – concentração

C_0 – concentração inicial

CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental

C_I – concentração do gás na interface

C_L – concentração na fase líquida

CPU – unidade central de processamento

C_S – concentração de saturação

cv – cavalo vapor

DBO – demanda bioquímica de oxigênio

D_m – coeficiente de difusão molecular

DPIV – Digital Particle Image Velocimetry

e – pressão parcial de vapor

EESC – Escola de Engenharia de São Carlos

egf – ensaio de grade fina

egm – ensaio de grade média

e_s – pressão parcial máxima do vapor d'água

h – profundidade

IQAs – índices de qualidade de águas

j – fluxo de difusão

K_2 – coeficiente de reaeração

K_G – coeficiente do filme gasoso

kg/m² - quilogramas por metro quadrado

K_L – coeficiente de transferência de massa

K_L – coeficiente do filme líquido

LIF – Laser Induced Fluorescence

M – massa

N₂ – nitrogênio

NaCl – Cloreto de sódio

$\emptyset_{(t)}$ – função para a distribuição das idades
OD – oxigênio dissolvido
p – pressão atmosférica
P.V.C. – poli cloreto de vinila
 P_G – pressão parcial do gás na fase líquida
 P_I – pressão parcial do gás na interface
PID - Proportional Integral Derivative Control
PIV – Particle Image Velocimetry
RPM – rotações por minuto
s – razão média de renovação superficial
T – temperatura
t – tempo
 T_{bs} – temperatura de bulbo seco
 T_{bu} – temperatura de bulbo úmido
te – tempo médio
 t_e – tempo médio de mistura
u.r. – umidade relativa
 U_i – componente de velocidade
USP – Universidade de São Paulo
vs – versus
z – profundidade a partir da superfície
 δ – espessura do filme
 ε_i – coeficiente de difusão total
 θ – coeficiente de temperatura

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA	21
2	OBJETIVOS.....	25
2.1	OBJETIVO GERAL	25
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	25
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	27
3.1	OXIGÊNIO DISSOLVIDO EM ÁGUA	27
3.1.1	<i>Fonte de Oxigênio nas Águas</i>	27
3.1.2	<i>Importância nos estudos de controle de qualidade das águas</i>	27
3.1.3	<i>Outros Aspectos do Oxigênio Dissolvido na Água</i>	28
3.2	HISTÓRICO DO ESTUDO DA REAERAÇÃO	29
3.3	ESTUDOS DA REAERAÇÃO NA ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS	31
3.4	TANQUES ENCONTRADOS NA LITERATURA	35
3.5	FUNDAMENTOS DE TRANSFERÊNCIA DE MASSA.....	37
3.5.1	<i>Transporte de Massa Molecular (Difusão)</i>	37
3.5.1.1	Fluxo de Difusão	38
3.5.1.2	Difusão em estado estacionário	39
3.5.1.2.1	Primeira Lei de Fick.....	40
3.5.1.3	Difusão em estado não-estacionário	40
3.5.1.3.1	Segunda Lei de Fick.....	41
3.5.2	<i>Equação da Advecção-Difusão e o Coeficiente de Reoxigenação</i>	41
3.6	REOXIGENAÇÃO	46
3.6.1	<i>Modelos Conceituais</i>	46
3.6.1.1	Teoria dos Dois Filmes	46
3.6.1.2	Teoria da Penetração	49
3.6.1.3	Teoria da Renovação Superficial.....	52
3.6.1.4	Teoria da Penetração dos Filmes	53
3.7	MÉTODOS PARA DETERMINAÇÃO DO K_2	55
3.7.1	<i>Métodos Diretos</i>	55
3.7.1.1	Método Exponencial	55
3.7.1.2	Método do Déficit Logarítimo.....	55
3.7.1.3	Método Direto ou Diferencial	56
3.7.2	<i>Métodos Indiretos</i>	56
3.8	INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA SOBRE O COEFICIENTE DE REOXIGENAÇÃO K_2	57
3.9	INFLUÊNCIA DA UMIDADE ATMOSFÉRICA SOBRE O COEFICIENTE DE REOXIGENAÇÃO K_2	58
4	METODOLOGIA.....	61
4.1	DESCRIÇÃO DO EXPERIMENTO	61
4.2	MATERIAIS	65
4.2.1	<i>Equipamento utilizado para desoxigenação da água</i>	65
4.2.2	<i>Equipamento utilizado para geração da turbulência</i>	67
4.2.2.1	Tanque em acrílico	67
4.2.2.2	Grades	68
4.2.2.3	Mecanismo de oscilação da grade	71
4.2.2.3.1	Sistema biela-manivela e conjunto de polias	72
4.2.2.3.2	Motor elétrico e conjunto de redução.....	74
4.2.2.3.3	Inversor de frequência.....	75
4.2.2.3.4	Contador de rotação	75
4.2.3	<i>Sistema de controle de temperatura</i>	77
4.2.4	<i>Instrumentação de Medida</i>	78
4.2.4.1	Medidor eletrônico de OD e temperatura da água	78
4.2.4.2	Medidas de tempo ao longo dos ensaios	80
4.2.4.3	Medidas de temperatura do ar para determinação da umidade relativa	80
4.2.4.4	Mecanismos de Aquisição e Armazenamento de Dados	81
4.2.4.4.1	Datalogger.....	81
4.2.4.4.2	Programa de coleta de dados.....	82
4.3	MÉTODOS.....	83
4.3.1	<i>Sistema de Desaeração da Água</i>	83

4.3.2	<i>Sistema de Geração de Turbulência</i>	85
4.3.3	<i>Determinação da Umidade Relativa</i>	88
4.3.4	<i>Determinação do Coeficiente de Reaeração K_2</i>	91
4.3.5	<i>Correção do K_2 para temperatura padrão</i>	94
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	95
5.1	TRATAMENTO E ANÁLISE DOS DADOS	95
5.2	COEFICIENTE DE REOXIGENAÇÃO K_2	95
5.3	CORREÇÃO DE K_2 PARA A TEMPERATURA PADRÃO DE 25°C	99
5.4	ANÁLISE DA ESTRUTURA DOS ERROS NAS MEDIDAS REALIZADAS	99
5.5	CURVA DE CALIBRAÇÃO PARA O TANQUE	101
5.6	INCERTEZAS ASSOCIADAS AOS VALORES MEDIDOS	102
5.7	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	103
6	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	104
6.1	CONCLUSÕES	104
6.1.1	<i>Avaliação do Tanque</i>	104
6.1.2	<i>Coeficiente de Reaeração</i>	105
6.1.3	<i>Resíduos</i>	106
6.2	RECOMENDAÇÕES	106
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	108
8	APÊNDICE A – GRÁFICOS DAS CURVAS DE REOXIGENAÇÃO E RESÍDUOS EM FUNÇÃO DO TEMPO	114
9	APÊNDICE B – DADOS EXPERIMENTAIS DE OXIGÊNIO DISSOLVIDO	144
10	ANEXO A – PROGRAMA DO <i>DATALOGGER</i> DESENVOLVIDO PARA LEITURA DE TEMPERATURAS ATRAVÉS DE TERMOPARES	174

1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

O constante crescimento demográfico e a conseqüente expansão econômica acarretam um aumento da demanda de água, em virtude tanto da ampliação dos usos atribuídos a ela, como do volume requerido por cada um desses usos.

Os cursos d'água cada vez mais são utilizados como corpos receptores de despejos, tanto domésticos quanto industriais em sua maioria sem tratamento adequado e podem receber também, materiais utilizados na agricultura como agrotóxicos e pesticidas, através dos escoamentos superficial e sub-superficial.

Nesse contexto, torna-se necessário o conhecimento da capacidade dos cursos d'água em restabelecer os padrões mínimos de qualidade da água, garantindo a manutenção da biodiversidade necessária para que haja vida e posteriores aproveitamentos dos usos da água.

Os lançamentos de despejos nos cursos d'água provocam reações bioquímicas que transformam os materiais orgânicos em substâncias minerais estáveis, consumindo o oxigênio dissolvido e tornando inadequada à sobrevivência da vida aquática (ROMA, 1988). O processo de autodepuração dos rios torna viável a sobrevivência de espécies aquáticas, uma vez que é um mecanismo natural de reoxigenação realizado pelo transporte de gases da atmosfera para o corpo d'água através de sua superfície livre, estando assim diretamente relacionado com a capacidade que o rio tem em recuperar a quantidade de oxigênio dissolvido presente na água. Este fenômeno de transporte é caracterizado por uma velocidade de reação quantificada pelo parâmetro K_2 , denominado Coeficiente de Reaeração.

Entende-se como reaeração o processo de reoxigenação através do contato da superfície livre de um escoamento com o ar atmosférico. A taxa de oxigênio dissolvido expressa em porcentagem de saturação é uma característica representativa de certa massa de água e de seu grau de poluição. Para restituir a uma água poluída a taxa de oxigênio dissolvido ou para alimentar o processo de biodegradação das matérias orgânicas

consumidoras de oxigênio, é preciso favorecer o contato da água e do ar (LEMAIRE & LEMAIER, 1975).

A atmosfera, que contém cerca de 21% de oxigênio (SEINFELD & PANDIS, 1998), é a principal fonte de reoxigenação de corpos d'água. Caracterizada pelo fenômeno da reaeração, a reoxigenação se dá pelo fenômeno da difusão molecular e pelos processos advectivos, responsáveis pela mistura dos gases dissolvidos na massa líquida. O oxigênio também pode ser introduzido pela ação fotossintética das algas, no entanto, a maior parte do gás oriundo dessa última fonte é consumido durante o processo de respiração, além da própria degradação de sua biomassa morta.

O oxigênio dissolvido na água representa um dos principais parâmetros para a caracterização de sua qualidade, uma vez que ele supre as necessidades bioquímicas de processos que nela ocorrem, possibilitando a continuidade da vida no meio aquático. Tendo em vista que o oxigênio é um gás, ocorre um fluxo entre a interface ar-água, que é proporcional a diferença entre a concentração de oxigênio na água e a concentração de saturação de oxigênio. Se a água está supersaturada o fluxo é negativo, ou seja, há transferência de oxigênio da água para a atmosfera. Da mesma forma, se a concentração de oxigênio é menor que a concentração de saturação o fluxo é positivo, da atmosfera para a água.

No processo físico, como já citado anteriormente, a oxigenação da água é causada pela transferência de moléculas de ar através da camada de superfície (interface ar-água). Essa transferência de moléculas ocorre tanto em águas paradas quanto em águas agitadas. Observa-se que, em represas e lagos onde a movimentação da água é muito baixa, essa transferência se dá muito lentamente, já em rios e riachos onde a movimentação da água é maior, esse processo torna-se acelerado e passa a ser estudado através de escoamentos turbulentos. Assim, observa-se que o parâmetro de reaeração K_2 tem sido usado largamente em recentes

pesquisas, relacionando-o à turbulência superficial e sua quantificação obtida através de medidas de turbulência (PEREIRA, 2002).

Para simular as condições de escoamento turbulento, regime no qual acontece a maioria das situações encontradas na natureza, diversos estudos já realizados confirmam que o emprego do tanque prismático equipado com grade oscilante é o mais eficiente, motivo da proposta deste trabalho, que apresenta o propósito de avaliar e calibrar o funcionamento do tanque projetado por ROMA, através de ensaios de reoxigenação em diferentes velocidades de oscilações para duas configurações de grades.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

O objetivo deste trabalho é desenvolver e avaliar o funcionamento de um tanque prismático, em acrílico equipado com grade oscilante que gera turbulência superficial, correlacionando com o fenômeno de transferência de massa através da interface ar-água, através da determinação de um parâmetro conhecido como K_2 (coeficiente de reaeração) da massa de água presente no interior do tanque.

2.2 Objetivos Específicos

Realizar modificações necessárias no tanque para que se possam obter condições adequadas de turbulência e do fenômeno de reaeração.

Calibrar o tanque com relação às características do fenômeno de reaeração para aplicação em futuros trabalhos envolvendo medidas de turbulência.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo é feita uma revisão sobre a importância da presença do oxigênio dissolvido na água, estudos que envolvem a turbulência superficial correlacionada com o fenômeno da reaeração em meios líquidos e das teorias que explicam a transferência de oxigênio da fase gasosa para a fase líquida e de métodos para a aeração.

3.1 Oxigênio Dissolvido em Água

3.1.1 Fonte de Oxigênio nas Águas

O oxigênio se dissolve em água proveniente da atmosfera (reaeração), caracterizando um processo físico e através da fotossíntese de algas e plantas aquáticas, caracterizando um processo biológico.

3.1.2 Importância nos estudos de controle de qualidade das águas

O oxigênio dissolvido é o elemento principal no metabolismo dos microrganismos aeróbios que habitam as águas naturais ou os reatores para tratamento biológico de esgotos. Nas águas naturais, o oxigênio é indispensável também para outros seres vivos, especialmente os peixes, onde a maioria das espécies não resiste a concentrações de oxigênio dissolvido na água inferiores a 4,0 mg/L. É, portanto, um parâmetro de extrema relevância na legislação de classificação das águas naturais, bem como na composição de índices de qualidade de águas (IQAs). No IQA utilizado no Estado de São Paulo pela CETESB, a concentração de oxigênio dissolvido é um parâmetro que recebe uma das maiores ponderações.

A concentração de oxigênio dissolvido é também o parâmetro fundamental nos modelos de autodepuração natural das águas.

A determinação da concentração de oxigênio dissolvido em águas é também imprescindível para o desenvolvimento da análise da DBO, demanda bioquímica de oxigênio, que representa o potencial de matéria orgânica biodegradável nas águas naturais ou em esgotos sanitários e muitos efluentes industriais. Em última instância, este teste bioquímico empírico se baseia na diferença de concentrações de oxigênio dissolvido em amostras integrais ou diluídas, durante um período de incubação de cinco dias a 20°C. O que se “mede” de fato nesta análise é a concentração de oxigênio dissolvido antes e depois do período de incubação.

3.1.3 Outros Aspectos do Oxigênio Dissolvido na Água

O oxigênio dissolvido na água (OD) é um dos parâmetros mais importantes de que se dispõem no campo de controle de poluição das águas tornando-se fator fundamental para se verificar e manter condições aeróbicas num curso d'água que recebe material poluidor.

O OD é utilizado para controlar processos de aeração e é dado indispensável no estudo da atividade fotossintetizadora e da corrosividade da água. A solubilidade do oxigênio é função da temperatura, umidade relativa do ar, pressão, nível de turbulência e da atividade local.

Desvios na concentração de equilíbrio do oxigênio podem ser causados por:

- Temperatura da água;
- Aeração da água;
- Processos químicos e físico-químicos, tais como oxidação bioquímica aeróbica de substâncias orgânicas, a respiração de organismos aquáticos, ou a produção de oxigênio durante os processos de fotossíntese.

Em despejos de líquidos o oxigênio dissolvido é fator que determina se as mudanças biológicas são efetuadas por organismos aeróbicos ou anaeróbicos. O primeiro usa oxigênio livre para oxidação da matéria orgânica e inorgânica e produz produtos finais inócuos, entretanto o último (anaeróbico) se utiliza de sais inorgânicos, tais como, sulfatos e o produto final por vezes são desagradáveis. Desta forma é de suma importância que condições favoráveis aos organismos aeróbicos sejam mantidas, caso contrário, os organismos anaeróbicos se desenvolverão.

3.2 Histórico do Estudo da Reaeração

As primeiras pesquisas envolvendo a turbulência no processo de mistura na interface líquido-líquido de densidades diferentes usando grades oscilantes se deram em 1955 por ROUSE e DODU. Experimentos relacionados foram publicados por CROMWELL em 1960, TURNER e KRAUS em 1967 e TURNER em 1968 entre outros, e em todas essas pesquisas as taxas de mistura foram interpretadas usando medidas das escalas de comprimento e velocidade baseadas na geometria e frequência da grade oscilante.

Em 1967, FORTESCUE E PEARSON desenvolveram um modelo denominado modelo dos grandes turbilhões usando os parâmetros obtidos das medidas das grandezas cinemáticas características do escoamento turbulento. Mais tarde, em 1975 THOMPSON e TURNER avaliaram as vantagens do método da grade oscilante atribuindo um maior controle da turbulência e a ausência do escoamento médio e o utilizaram no estudo da estrutura turbulenta.

Em 1976, HOPFINGER e TOLY procuraram complementar o trabalho desenvolvido por THOMPSON & TURNER sobre a produção de turbulência por meio de grades oscilantes utilizando o Anemômetro de Fio Quente para medir a turbulência em camadas próximas à superfície.

DICKEY *et al.* (1984) realizaram medidas simultâneas das flutuações de velocidade nas direções vertical e horizontal com o uso de fotografias, com origem na direção média do comprimento de escala integral. Com os resultados de parâmetros turbulentos, caracterizados pela velocidade turbulenta e pelo comprimento de escala integral, desenvolveram um coeficiente através de análise dimensional e comparando-o ao coeficiente de transferência de gás.

BRUMLEY, em 1985 usou o mesmo tipo de montagem de THOMPSON & TURNER para medir a turbulência superficial e o espectro de frequências presentes na turbulência correlacionando-a com o movimento e frequência da grade. BRUMLEY utilizou um anemômetro de fio quente da *TSI Inc.* para obter os dados de turbulência, mantendo a sonda anemométrica com velocidade constante ao longo de um círculo.

ATKINSON & WOLCOTT (1990) usaram um tanque para estudos de processos de mistura entre fluidos estratificados. Processos de mistura também foram estudados com uso de tanques de grades oscilantes em DE SILVA & FERNANDO (1992).

MATSUNAGA *et al.* (1991) compararam as propriedades da turbulência gerada por grade oscilante através de análise numérica com as medidas obtidas em seus experimentos. Os resultados experimentais convergiram para a solução analítica proposta.

DE SILVA e FERNANDO (1994) utilizaram tanques de diferentes tamanhos equipados com grades oscilantes com o intuito de estudar as propriedades de turbulência isotrópica. As observações experimentais foram comparadas com a formulação teórica, bem como com experimentos realizados anteriormente.

SRDIC *et al.* (1996) apresentaram em uma nova alternativa para simulação da turbulência isotrópica. Utilizaram duas grades paralelas entre si que foram imersas em água. As grades não oscilavam em sincronia, e a região central apresentou certas propriedades

similares àsquelas da turbulência isotrópica. SHY et al. (1997) também realizaram trabalhos com duas grades oscilantes.

Em 2000, ORLINS e GULLIVER utilizaram tanque com grades oscilantes para investigar a relação entre turbulência na superfície livre e o transporte de massa. A técnica utilizada para observar as variações foi a Velocimetria por Processamento de Imagens (PIV).

CHENG e LAW (2001) investigaram a turbulência gerada por grade vertical, usando a técnica da Velocimetria por Processamento de Imagens Digitais (DPIV), apresentando grade quantidade de medidas de velocidade turbulenta através das componentes horizontal e vertical.

GUALTIERI *et al.* (2002) fizeram um estudo detalhado do fenômeno de transporte de massa na interface ar-água baseado na análise dimensional. Este estudo envolveu o uso das principais equações encontradas na literatura e mostrou que o processo de transferência de massa na interface ar-água é afetado por 14 diferentes parâmetros. Os resultados forneceram uma aproximação detalhada ao processo de reaeração que pode explicar também a pouca confiabilidade das equações existentes na literatura.

ORLINS e GULLIVER (2003) utilizaram um tanque equipado com grade oscilante movimentada por um motor elétrico para estudar a dessorção de partículas contaminantes presentes em sedimentos no interior da massa de água. Através do fenômeno de transporte de massa na interface ar-água, os pesquisadores investigaram para diversos níveis de turbulência através de técnicas de medições, qual a taxa de transferência da fase líquida para a fase vapor desses contaminantes.

3.3 Estudos da Reaeração na Escola de Engenharia de São Carlos

As pesquisas realizadas envolvendo a reaeração de massas de água na Escola de Engenharia de São Carlos – USP começaram na década de 1980 com o trabalho de

GIORGETTI e GIANANTI (1983), em que os pesquisadores avaliaram o desgaste de sondas solúveis em função da intensidade turbulenta próxima à superfície em águas correntes, correlacionando os resultados com o coeficiente de reaeração K_2 .

Em 1985, SCHULZ produziu turbulência através de jatos líquidos submersos e correlacionou os resultados obtidos com o coeficiente de reaeração utilizando a analogia com a dissolução de sondas solúveis de monocristais de NaCl próximas à superfície.

Em 1988, BARBOSA utilizou a técnica de traçadores gasosos e a partir do coeficiente de dessorção do etileno obteve correlações com o coeficiente de reaeração em tanques com agitação por pás rotativas. Em 1997, BARBOSA empregou a técnica de traçadores na determinação de parâmetros de qualidade d'água em cursos naturais.

Em 1990, SCHULZ relacionou o coeficiente de reaeração com a difusividade estabelecendo critérios para a proporcionalidade com a agitação mecânica.

A técnica para avaliação da turbulência superficial utilizando um método óptico (Sonda Óptica) teve sua primeira incursão em 1988 através da tese de livre docência desenvolvida por ROMA apresentada a EESC – USP. Em seu trabalho “Medidas dos parâmetros de turbulência superficial e sua inter-relação com o coeficiente de reaeração”, ROMA desenvolveu um método de medida da turbulência na camada de superfície e investigou sua relação com o coeficiente de absorção. O método foi desenvolvido com base nos fenômenos ópticos de refração e quantificou a turbulência a partir das ondas superficiais por ela provocadas. Foram feitos testes em laboratório utilizando um tanque de reaeração provido de grades oscilantes para produção artificial da turbulência.

CARREIRA, em 1995 realizou testes de reoxigenação de um meio líquido em um tanque cilíndrico agitado por impulsor de pás rotativas, usando a mesma técnica desenvolvida por Roma buscando a obtenção de correlações entre os sinais captados pela Sonda Óptica e os

coeficientes de transferência de massa. Os resultados obtidos demonstraram fortes correlações entre o coeficiente de transferência de massa e a macroescala da turbulência.

Em 1995, ROMA estabeleceu princípios para a deformação superficial decorrente da turbulência através dos dados obtidos pela Sonda Óptica e ainda determinou a proporcionalidade entre a deformação superficial e a contribuição luminosa para o sensor óptico.

Em 1996, MELLO deu continuidade à linha de pesquisa dos sensores ópticos fotorreceptores, estudando os parâmetros de turbulência superficial obtidos por este método e suas correlações com o coeficiente de reaeração superficial em corpos d'água dando ênfase na análise numérica para desenvolvimento de um modelo teórico do sistema óptico de avaliação da deformação superficial. SILVEIRA, em 1997 propôs modelos de calibração da Sonda Óptica através de experimentos utilizando a propagação de ondas em canais, medindo as deformações e comparando os resultados com os sinais obtidos pelo foto receptor. Em 2000, MIRANDA realizou estudos utilizando a Sonda Óptica correlacionando os dados obtidos de turbulência com o coeficiente de reaeração no domínio da frequência.

Também em 1996, OLIVEIRA estudou a influência da umidade atmosférica sobre o processo de absorção de oxigênio por um corpo d'água efetuando testes de laboratório utilizando tanque com agitação hidrodinâmica em ambiente controlado. Os resultados sugeriram a existência de uma resistência ao processo de absorção de oxigênio em condições de elevada umidade atmosférica.

PEREIRA em 2002 relacionou parâmetros turbulentos medidos pelo método óptico comparados com os parâmetros do método fotográfico próximo à superfície, buscando uma correlação entre os dois resultados, que permitiu avaliar a qualidade dos dados obtidos pelo sensor óptico. A avaliação dos parâmetros obtidos pelos dois métodos identificou o que melhor correlaciona com o coeficiente de reaeração superficial.

Em 2003, SZÉLIGA desenvolveu um método para quantificação da turbulência superficial que consiste na aquisição e processamento das imagens decorrentes da reflexão, sobre a superfície líquida, de um feixe de laser segundo uma geometria que permite determinar a velocidade de oscilação vertical e a ampliação superficial. Os dados obtidos com o método foram correlacionados ao coeficiente de reaeração K_2 para estimativa da capacidade de depuração do corpo d'água.

Em 2004, SILVEIRA apresentou em sua Tese uma investigação sobre a influência da umidade atmosférica no processo de absorção de oxigênio atmosférico por corpos d'água através de sua superfície livre propondo um modelo original para esse processo.

Novas investigações foram feitas por PEREIRA em 2006 envolvendo formação de correntes preferenciais nos escoamentos gerados por grades oscilantes. Buscou elaborar uma metodologia que permite avaliar a medida de turbulência de vários planos nas três direções cartesianas, permitindo gerar uma “tomografia” do escoamento utilizando técnicas de visualização feitas por método fotográfico.

No mesmo ano, em 2006, JANZEN buscou obter uma melhor compreensão de como a turbulência influi nos processos de transferência de massa através da realização de experimentos em tanque de grade oscilante. Realizou medidas simultâneas de velocidade e concentração de oxigênio dissolvido, próximas à interface gás-água através do uso das técnicas de *Particle Image Velocimetry* (PIV) e *Laser Induced Fluorescence* (LIF).

CORRÊA (2006) testou um algoritmo de controle do tipo convencional PID (*Proportional Integral Derivative Control*) para a identificação de um modelo linear empírico para o processo de transferência de oxigênio das bolhas de ar para o meio líquido, simulação para testes de controle e implementação de uma estratégia de controle em escala laboratorial em tempo real. Os ensaios foram realizados em canal aberto, o qual foi adaptado para aeração com sensores, atuadores, microcomputador, interface AD/DA. Com os resultados obtidos da

perturbação do degrau existente no canal, foi possível identificar o sistema como de 1ª ordem, suficientes para os propósitos de controle.

Essas são apenas algumas citações entre os diversos trabalhos que vêm se realizando. Atualmente estão se desenvolvendo programas de mestrado e doutorado, dentro da linha de pesquisa com abordagens em técnicas como as descritas na presente dissertação, envolvendo medidas de turbulência relacionadas à reoxigenação superficial, bem como estudos envolvendo o próprio fenômeno de reaeração.

3.4 Tanques Encontrados na Literatura

Devido à falta de padronização para a construção de tanques de reaeração equipado com grade oscilante, com definição de sua forma, dimensões, geometria e movimento da grade, foi feita uma revisão nesse sentido resumida na tabela 1.

Tabela 1: Características dos equipamentos encontrados na literatura

AUTORES	DIMENSÕES DO TANQUE		GRADE	
	Área (cm ²)	Altura (cm)	Barras (cm ²)	Espaçamento (cm)
BOUVARD & DUMAS (1967)	67,5 x 67,5	100,0	placa perfurada 4,55 (diâm. dos furos)	
THOMPSON & TURNER (1975)	25,4 x 25,4	46,0	1,0 x 1,0 0,952 (diâm.)	5,0
HOPFINGER & TOLY (1976)	67,5 x 67,5 80,0 x 80,0	100,0	1,0 x 1,0 2,0 x 2,0	5,0 10,0
McDOUGAL (1979)	25,4 x 25,4	46,0	1,0 x 1,0	5,0
BRUMLEU & JIRKA (1987)	50,0 x 50,0	40,0	1,3 x 1,3	6,35 x 6,35
ROMA (1988)	50,0 x 50,0	80,0	1,0 x 1,0	2,65 3,90 6,45
NOKES (1988)	25,4 x 25,4	60,0	1,0 x 1,0	5,0
ATKINSON & WOLCOTT (1990)	120,0 x 30,0	40,0	1,0 x 1,0	5,0
MATSUNAGA et al. (1991)	100,0 x 25,0	40,0	1,0 x 1,0	5,0
DE SILVA & FERNANDO (1992)	26,0 x 26,0	60,0	0,9 x 0,9	2,93 4,76 6,20
DE SILVA & FERNANDO (1994)	25,4 x 25,4 45,7 x 45,7	47,0 45,7	0,9 x 0,9 1,2 x 1,9	4,76 7,97
SRDIC et al. (1996)	36,0 x 36,0	58,0	1,0 x 1,0	5,0
VOROPAYEV & FERNANDO (1996)	16,0 (diâm.)	25,0	0,071 0,071 0,051	0,318 0,635 0,180
BRUNK et al. (1996)	20,0 x 40,0	100,0	0,267 (diâm.)	1,27
LYN (1997) apud CHENG & LAW (2001)	25,4 x 25,4	48,0	0,95 x 0,95	4,8
KIT et al. (1997)	47,0 x 47,0	45,0	1,93 x 1,93	8,0
SHY et al. (1997)	15,0 x 15,0 30,0 x 30,0	30,0 60,0	0,6 x 0,6	3,0
DE SILVA & FERNANDO (1998)	150,0 x 27,0	46,0	1,0 x 1,0	4,76
BRUNK, B. .K et al. (1998)	20,0 x 40,0	25,0	0,267 (diâm.)	1,27
LIEM et al. (1999)	11,5 x 11,5	15,0	0,32 (diâm.) 0,48 (diâm.) 0,64 (diâm.)	0,92 1,10 1,38
HIBBIS & GULLIVER (1999)	50,0 x 50,0	50,0	1,77 x 1,77	6,4
BARRY et al. (2001)	52,0 x 48,0	60,0	1,0 x 1,0	5,0
CHENG & LAW (2001)	50,0 x 50,0	100,0	1,0 x 1,0	5,0
SOUZA (2002)	50,0 x 50,0	115,0	1,0 x 1,0	5,1

3.5 Fundamentos de Transferência de Massa

Os principais mecanismos para o transporte de massa são a difusão, que é um processo de transferência lento e se deve às interações moleculares sendo descrita pelas Leis de Fick, e a advecção, onde o transporte de massa ocorre principalmente devido a movimentação do fluido.

3.5.1 Transporte de Massa Molecular (Difusão)

A difusão é um processo de movimento de partículas, numa solução, por exemplo, ou num meio gasoso. Na difusão, que é um fenômeno puramente físico, as partículas tendem a se mover da área de maior concentração para a de menor concentração, até que as concentrações se igualem.

Da mesma forma que a corrente elétrica está associada ao transporte de cargas elétricas através de um fio condutor quando este está sujeito a uma diferença de potencial elétrico, a difusão está associada ao transporte de massa que ocorre em um sistema quando nele existe um gradiente de concentração química. Governada por diferentes mecanismos e manifestando-se com magnitudes bastante distintas, a difusão ocorre no interior de sólidos, líquidos e gases. Uma gota de tinta que se dilui na água é um exemplo de difusão no interior de um líquido. O odor de um perfume que se espalha por uma sala, é um exemplo de difusão no interior de um gás.

O tipo mais importante de difusão molecular e também o que mais exemplifica esse fenômeno é o de misturas binárias (dois componentes).

A difusão molecular é um fenômeno de transporte de matéria em que um soluto é transportado devido aos movimentos das moléculas de um fluido. Estes movimentos fazem com que, do ponto de vista macroscópico, seja transportado soluto das zonas de concentração mais elevadas para as zonas de concentrações mais baixas.

A difusão molecular de um solvente ocorre no sentido inverso, ou seja, de uma solução menos concentrada para uma solução mais concentrada. Quando esta difusão do solvente ocorre através de uma membrana semipermeável é denominada de osmose. A solução menos concentrada é denominada hipotônica e a mais concentrada de hipertônica. Este processo de difusão do soluto ou solvente é extremamente importante na absorção de nutrientes pelas células, através da membrana celular.

No fenômeno da difusão, desenvolve-se um gradiente de concentração produzindo-se difusão ordinária no sentido oposto. Ao se atingir o estado estacionário, o fluxo dos dois (ou mais) tipos de difusão algumas vezes se anulam uns aos outros, produzindo num dado ponto propriedades independentes do tempo.

A transferência de massa por difusão é um processo análogo ao da transferência de calor por condução. A massa é transportada pelo movimento de uma dada espécie no sentido da sua diminuição de concentração, analogamente à troca de energia entre as moléculas no sentido do decréscimo da temperatura no problema da condução.

Devido ao espaçamento entre as moléculas, a taxa de difusão é muito mais elevada em gases do que em líquidos e conseqüentemente mais elevada nos líquidos do que nos sólidos.

3.5.1.1 Fluxo de Difusão

Para quantificar a rapidez com que o fenômeno da difusão se processa no tempo usamos o Fluxo de Difusão (J).

O Fluxo de Difusão é definido como sendo a massa (ou, de forma equivalente, o número de átomos) M que se difunde por unidade de tempo através de uma área unitária perpendicular à direção do movimento da massa,

$$J = \frac{M}{A \cdot t} \quad (1)$$

A representa a área através da qual a difusão está ocorrendo e t é o tempo de difusão decorrido. Em forma diferencial,

$$J = \frac{1}{A} \frac{dM}{dt} \quad (2)$$

As unidades para J são quilogramas (ou átomos) por metro quadrado por segundo ($\text{kg/m}^2\text{-s}$ ou $\text{átomos/m}^2\text{-s}$).

No caso da difusão unidimensional, a concentração C dos átomos que se difundem é função da posição x no interior do sólido e do tempo t de difusão. Assim, em geral, $C = f(x, t)$.

Para cada t , o fluxo de difusão num dado x é proporcional ao valor de dC/dx em x

$$J_x = -D \left. \frac{dC}{dx} \right|_x \quad (3)$$

A constante de proporcionalidade D é chamada de Coeficiente de Difusão, e é expressa em m^2/s .

3.5.1.2 Difusão em estado estacionário

Quando J não varia com o tempo (C também não varia com o tempo) temos a difusão em estado estacionário (ou difusão em regime permanente).

Para que J não varie com o tempo é necessário que J também não varie com a posição.

Assim,

$$\frac{dC}{dx} = cte \Rightarrow C = f(x) \quad (4)$$

é uma função linear de x .

3.5.1.2.1 Primeira Lei de Fick

Para processos de difusão em estado estacionário, a equação que correlaciona o fluxo de difusão J com o gradiente de concentração dC/dx é chamada de Primeira Lei de Fick,

$$J_x = -D \frac{dC}{dx} \quad (5)$$

O sinal negativo na equação acima indica que o fluxo ocorre na direção contrária à do gradiente de concentração, isto é, no sentido das concentrações altas para as concentrações baixas.

Na primeira lei de Fick, o potencial termodinâmico ou força motriz para que ocorra o fenômeno de difusão, é o gradiente de concentração.

3.5.1.3 Difusão em estado não-estacionário

A maioria das situações práticas envolvendo difusão ocorre em condições de estado não-estacionário (ou regime transitório ou condições transientes).

Na difusão em estado não-estacionário, tanto o fluxo de difusão quanto o gradiente de concentração, numa dada posição x , variam com o tempo t . Como resultado ocorre um acúmulo ou esgotamento líquido do componente que se encontra em difusão.

3.5.1.3.1 Segunda Lei de Fick

Para descrever a difusão em estado não-estacionário, é utilizada a equação diferencial parcial conhecida por Segunda Lei de Fick,

$$\frac{\partial C}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(D \frac{\partial C}{\partial x} \right) \quad (6)$$

Se o coeficiente de difusão não depende da composição (portanto, da posição), a Segunda Lei de Fick se simplifica para,

$$\frac{\partial C}{\partial t} = D \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} \quad (7)$$

Quando são especificadas condições de contorno que possuem um sentido físico, é possível obter-se soluções para Segunda Lei de Fick. Essas soluções são funções $C = f(x, t)$ que representam as concentrações em termos tanto da posição quanto do tempo.

3.5.2 Equação da Advecção-Difusão e o Coeficiente de Reoxigenação

O transporte advectivo de quantidade de movimento força o escoamento a seguir uma direção preferencial, geralmente determinada por um fator externo, seja ele a injeção de fluido, gradiente de pressão ou diferenças de densidade. Este efeito aparece, nas equações

governantes, como parcelas não lineares que atuam na geração de instabilidades e na amplificação das perturbações injetadas no escoamento.

Ao aplicar o balanço de massa em um volume infinitesimal qualquer, imaginando em seu interior um líquido incompressível em escoamento permanente, uma expressão em termos da concentração do gás dissolvido é obtida na forma conhecida como a equação da advecção-difusão, apresentada por BIRD *et al.* (1960) ou por FISHER *et al.* (1979) citada em BARBOSA (1989) e PEREIRA (2002), como:

$$\frac{\partial C}{\partial t} + U_i \frac{\partial C}{\partial x_i} = \frac{\partial}{\partial x_i} \left(D_m \frac{\partial C}{\partial x_i} \right) + \sum s \quad (8)$$

em que:

C – concentração do gás dissolvido no líquido

U_i – componente da velocidade do líquido segundo a direção x_i

D_m – coeficiente de difusão molecular do gás no líquido

$\sum s$ – somatório de todas as fontes e sumidouros do soluto

Essas expressões escritas em valores médios de concentrações e velocidades são:

$$u_i = U_i - \overline{U_i} \quad (9)$$

e

$$c = C - \overline{C} \quad (10)$$

em que:

U_i – componente da velocidade do líquido segundo a direção x_i

u_i – flutuação da velocidade segundo a direção x_i

$\overline{U_i}$ – velocidade média segundo a direção x_i

C – concentração do soluto dissolvido no líquido

c – flutuação da concentração relativa ao seu valor médio $\overline{C}$

$\overline{C}$ – concentração média temporal

Substituindo as expressões 9 e 10 na equação 8, resultará:

$$\frac{\partial \overline{C}}{\partial t} + \overline{U_i} \frac{\partial \overline{C}}{\partial x_i} = \frac{\partial}{\partial x_i} \left(D_m \frac{\partial \overline{C}}{\partial x_i} - \overline{u_i c} \right) + \Sigma \overline{s} \quad (11)$$

O termo $\overline{}$ - indica média relativa ao tempo.

Com a hipótese de que os termos relativos ao transporte turbulento podem ser escritos considerando um coeficiente de difusão turbulento, a taxa de difusão turbulenta é representada por:

$$-\overline{u_i c} = D_{Ti} \cdot \frac{\partial \overline{C}}{\partial x_i} \quad (12)$$

com:

$\overline{D_{Ti}}$ – coeficiente de difusão turbulenta

$\overline{u_i c}$ – taxa de difusão turbulenta, segundo a direção x_i

Reescrevendo a equação 11 considerando a equação 12, fica:

$$\frac{\partial \bar{C}}{\partial t} + \bar{U}_i \frac{\partial \bar{C}}{\partial x_i} = \frac{\partial}{\partial x_i} \left(\varepsilon_i \frac{\partial \bar{C}}{\partial x_i} \right) + \Sigma \bar{s} \quad (13)$$

com

$$\varepsilon_i = D_m + D_{Ti} \quad (14)$$

Sendo ε_i o coeficiente de difusão total, correspondente à soma das contribuições molecular e turbulenta.

Considerando uma profundidade h de um canal ou de um tanque com água, a concentração média é definida como:

$$\bar{C} = \frac{1}{h} \cdot \int_0^h C \cdot dy \quad (15)$$

Ainda considerando que o fluxo de massa no fundo do canal deve ser nulo, fica:

$$\varepsilon_y \cdot \frac{\partial C}{\partial y} \bigg|_{y=0} = 0 \quad (16)$$

Aplicando a média sobre a profundidade h e considerando que a concentração da substância dissolvida é constante em toda direção vertical, obtemos a seguinte equação:

$$\frac{\partial \bar{C}}{\partial t} + \bar{U}_i \frac{\partial \bar{C}}{\partial x} = \bar{\epsilon}_x \frac{\partial^2 \bar{C}}{\partial x^2} - \frac{1}{h} \left(\bar{\epsilon}_y \frac{\partial \bar{C}}{\partial y} \right)_{y=h} + \Sigma \bar{s} \quad (17)$$

De acordo com BENNET & RATHBUN (1972), por conveniência e tradição, o termo do segundo membro do lado direito da equação 17 é expresso em um dos dois coeficientes de transferência de massa, K_L ou K_2 . O coeficiente geralmente utilizado é o de transferência de massa K_L e pode ser descrito como:

$$K_L = \frac{1}{C_s - \bar{C}} \cdot \left(\bar{\epsilon} \frac{\partial \bar{C}}{\partial y} \right)_{y=h} \quad (18)$$

Em que C_s é a concentração de oxigênio dissolvido no volume da fase líquida.

O coeficiente de reaeração K_2 pode ser expresso em função do coeficiente de transferência de massa K_L , segundo descrito em BENNET & RATHBUN (1972, p.8) como:

$$K_2 = \frac{K_L}{h} \quad (19)$$

A equação 18 é reescrita por BARBOSA (1989) como:

$$K_2 = \frac{1}{(C_s - \bar{C})h} \left(-\varepsilon \frac{\partial \bar{C}}{\partial y} \right)_{y=h} \quad (20)$$

Reescrevendo a equação 20 em termos do coeficiente de reaeração, temos:

$$\frac{\partial \bar{C}}{\partial t} + \bar{U}_i \frac{\partial \bar{C}}{\partial x} = \varepsilon_x \frac{\partial^2 \bar{C}}{\partial x^2} + K_2 \cdot (C_s - \bar{C}) + \Sigma \bar{s} \quad (21)$$

Segundo BARBOSA (1989), o termo de difusão longitudinal por ser considerado pequeno quando comparado ao termo advectivo é freqüentemente desprezado e isso implica na simplificação da equação 21, como se nota a seguir:

$$\frac{\partial \bar{C}}{\partial t} + \bar{U}_i \frac{\partial \bar{C}}{\partial x} = K_2 \cdot (C_s - \bar{C}) + \Sigma \bar{s} \quad (22)$$

3.6 Reoxigenação

3.6.1 Modelos Conceituais

3.6.1.1 Teoria dos Dois Filmes

A teoria dos dois filmes é a mais antiga e a mais simples teoria sobre absorção de gás pelo meio líquido. Apresentada inicialmente por WHITMANN (1923) e publicada posteriormente por LEWIS & WHITMANN (1924), a teoria propõe que na camada limite entre o estado líquido e gasoso existe uma película viscosa que oferece resistência à passagem do gás para a fase líquida na interface gás-água.

Trata-se de um modelo físico simplificado do processo de absorção de um gás por um líquido, que apresenta como fator principal de críticas a não consideração de complexos fatores hidrodinâmicos atuantes durante o processo de transferência de gases no regime turbulento.

As principais hipóteses da aplicação desse modelo segundo os autores baseiam-se em:

- Equilíbrio instantâneo na interface entre a pressão parcial do gás P_I e sua concentração no líquido C_I
- Distribuição linear da concentração nos filmes líquido e gasoso
- Condições em regime permanente
- Fluxo de massa ocorre em ambos os lados da interface ar-água
- Película superficial nos dois estados é laminar

Críticas ao modelo também são feitas em relação às hipóteses da distribuição linear da concentração e à existência de uma película superficial estável, condições que em regime turbulento são pouco prováveis.

O fluxo de massa do meio gasoso para o meio líquido através da interface baseado nas hipóteses feitas por LEWIS e WHITMANN (1924) pode ser descrito como:

$$J = \frac{1}{A} \cdot \frac{dm}{dA} = K_L \cdot (C_I - C_L) = K_G \cdot (P_G - P_I) \quad (23)$$

em que:

J – fluxo de massa ou taxa de transferência gasosa

A – área da interface gás-água

m – massa de gás dissolvido

C_I – concentração do gás na interface

C_L – concentração na fase líquida

K_L – coeficiente do filme líquido

P_G – pressão parcial do gás na fase líquida

P_I – pressão parcial do gás na interface

K_G – coeficiente do filme gasoso

Aplicando-se a Lei de Henry na equação 23, pois há o equilíbrio entre as fases líquida e gasosa, a pressão parcial do gás na interface e a concentração do gás na interface são eliminados, passando a um coeficiente global de resistência ao processo de transferência oferecido pelos dois filmes que pode ser descrito pela seguinte expressão:

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{K_L} + \frac{1}{H \cdot K_G} \quad (24)$$

Como o gradiente de concentração é admitido linear em cada camada e o transporte de massa dentro do filme ocorre somente por difusão molecular, pode-se escrever, portanto:

$$J = D_m \cdot \frac{(C_I - C_L)}{\delta} \quad (25)$$

Em que δ é a espessura do filme líquido.

Considerando,

$$J = K_L \cdot (C_I - C_L) \quad (26)$$

Então,

$$K_L = \frac{J}{(C_I - C_L)} = \frac{D_m}{\delta} \quad (27)$$

O que implica em:

$$K_L = \frac{D_m}{\delta} \quad (28)$$

em que:

D_m – coeficiente de difusão molecular

δ – espessura do filme

K_L – coeficiente global de transferência de massa

3.6.1.2 Teoria da Penetração

Proposta por HIGBIE (1935), a teoria da penetração postula que os gases dissolvidos são incorporados no meio líquido pelo movimento da água em seu interior. Considera que há uma renovação do líquido em contato com a superfície livre sendo constantemente substituído por outros elementos fluidos provenientes de camadas inferiores.

Contradiz o que a teoria dos dois filmes se baseia, pois os gases não tem tempo suficiente para penetrar no filme líquido e estabelecer um perfil linear de concentração característico em regime permanente.

Durante a investigação da existência ou não da resistência ao deslocamento da massa na interface no momento da absorção de um gás por um líquido, considera a existência de um filme laminar na superfície desse líquido. Considera que cada elemento fluido em contato com a superfície livre está exposto há um tempo médio t_e de contato. Após esse tempo, esse elemento é completamente misturado na massa líquida. Assim, todos os elementos da superfície são considerados como possuidores de um mesmo tempo médio de contato com a superfície sendo substituídos por outros elementos no mesmo instante. Desse modo, o processo é transiente e governado por difusão molecular.

Aplicando-se um balanço de massa para a difusão de um soluto gasoso em uma fase líquida com profundidade z , obtém-se a seguinte equação:

$$\frac{\partial C}{\partial t} = D_m \cdot \frac{\partial^2 C}{\partial z^2} \quad (29)$$

em que:

D_m – difusividade molecular do oxigênio na água

z – profundidade a partir da superfície

C – parâmetros independentes do tempo

As condições iniciais de contorno para a equação 29 são:

$$C = C_L \quad \text{para} \quad t = 0$$

$$C = C_S \quad \text{para} \quad z = 0 \text{ e } t > 0$$

$$C = C_L \quad \text{para} \quad z \rightarrow \infty$$

As etapas iniciais de transferência de massa entre as fases para uma camada infinitamente extensa aplicou-se as seguintes condições:

$$\begin{array}{lll} t = 0 & z > 0 & C = C_L \\ t > 0 & z = 0 & C = C_S \\ t > 0 & z \rightarrow \infty & C = C_L \end{array}$$

Resolvendo a equação 29 com as condições de contorno descritas anteriormente e aplicando mudanças de variáveis, $C = C_S - C_L$, o fluxo na interface pode ser calculado como:

$$K_L = 2 \cdot \sqrt{\frac{D_m}{\pi \cdot t_e}} \quad (30)$$

em que:

D_m – coeficiente de difusão molecular

K_L – coeficiente global de transferência de massa

t_e – tempo médio de mistura

O modelo proposto por HIGBIE (1935) pode ser interpretado que quanto mais curto for o tempo de contato, maior será a taxa de transferência de oxigênio. Na aeração superficial, significa aumentar o nível de agitação, sendo tanto maior quanto menor for o tempo de contato t_e com a superfície livre.

3.6.1.3 Teoria da Renovação Superficial

Esta teoria trata-se de uma expansão conceitual da teoria da penetração, proposta por HIGBIE (1935) pelo fato de também considerar que o efeito de mistura se estende até a superfície.

Proposta por DANCKWERTS (1951), essa teoria modifica a teoria de penetração supondo que vários elementos da água poderiam passar por uma mistura completa vertical com períodos diferentes de contato com o gás na superfície, não mais um tempo médio t_e , mas considerando uma distribuição aleatória de idades dada por:

$$\phi(t) = s \cdot e^{-st} \quad (31)$$

em que s é a razão média de renovação superficial por unidade total de área da superfície e $\phi(t)$ uma função para a distribuição das idades. Este é o ponto principal de diferença entre a teoria da penetração e a teoria da renovação superficial. A teoria assume que a probabilidade que qualquer elemento da superfície de se incorporar no meio líquido é independente do tempo de permanência nesta superfície. Assim, DANCKWERTS calculou a distribuição de idades dos elementos superficiais.

O autor da teoria admite que a concentração de gás constante na superfície do fluido é igual a concentração de saturação, e a taxa de produção da superfície por unidade total de área (s) independe da idade do elemento.

O coeficiente de transferência de massa proposto pela teoria da renovação superficial é dado por:

$$K_L = \sqrt{D_m \cdot s} \quad (32)$$

em que:

D_m – coeficiente de difusão molecular

K_L – coeficiente global de transferência de massa

s – razão média de renovação superficial por unidade total de área da superfície

3.6.1.4 Teoria da Penetração dos Filmes

Trata-se de uma composição das teorias dos dois filmes e da teoria da penetração. Proposta por TOOR & MARCHELLO (1958) se baseia em considerar uma zona laminar limitada pela região turbulenta, de espessura δ , como na teoria dos dois filmes e localizada ao nível da superfície de um líquido turbulento que se encontra uniforme.

Apresenta como princípio que a totalidade da resistência à transferência de massa é concentrada em um filme na interface ar-água, porém a turbulência produz a ação de renovação da superfície, ou seja, a imersão do filme que está na superfície para a formação de outro vindo do interior do volume. Assim, a transferência de massa se processa como na teoria dos dois filmes para águas calmas e como a teoria da penetração para águas mais agitadas. Isso faz que a transferência de massa ocorra somente por difusão molecular e a idade dos elementos superficiais assume distribuição, conforme proposto por DANCKWERTS.

A equação que governa o processo de difusão é descrita como:

$$\frac{\partial C}{\partial \theta} = D \frac{\partial^2 C}{\partial y^2} \quad (33)$$

sendo as condições de limite para a teoria:

$$\begin{array}{llll} C = C_L & \text{para} & t = 0 & 0 < y < \delta \\ C = C_S & \text{para} & t > 0 & y = 0 \\ C = C_L & \text{para} & t > 0 & y = \delta \end{array}$$

A solução obtida para esta teoria foi dividida em para tempos de exposição curtos (teoria dos filmes) e longos (teoria da penetração) conforme descrito abaixo.

Para tempos de exposição curtos:

$$J = \Delta C \sqrt{\frac{D_m}{\pi \cdot t}} \left[1 + 2 \sum \exp \left\{ \frac{-n^2 \cdot \delta^2}{D_m \cdot t} \right\} \right] \quad (34)$$

Válida para $t \ll \left(\delta^2 / D_m \right)$.

Para tempos de exposição longos:

$$J = \Delta C \frac{D_m}{\delta} \cdot \left[1 + 2 \sum \exp \left\{ -n^2 \pi^2 \frac{D_m \cdot t}{\delta^2} \right\} \right] \quad (35)$$

Válida para $t \gg \left(\delta^2 / D_m \right)$.

3.7 Métodos para Determinação do K_2

3.7.1 Métodos Diretos

3.7.1.1 Método Exponencial

Neste método, os valores das concentrações de OD em função do tempo são utilizados diretamente para ajustar a equação $C = C_s - (C_s - C_0) \cdot e^{-K_2 \cdot t}$ (36) através do método dos mínimos quadrados não linear. A estimativa dos parâmetros é mais precisa quando comparada a outros métodos. A principal vantagem deste método é a possibilidade de programar uma rotina de cálculo com recursos computacionais para estimar os parâmetros K_2 , C_s e C_0 .

3.7.1.2 Método do Déficit Logaritmo

A equação 36 escrita na forma logarítmica torna-se:

$$\ln\left(\frac{C_s - C}{C_s - C_0}\right) = -K_2 \cdot t \quad (37)$$

Em que $(C_s - C)$ é o déficit de oxigênio. O valor de K_2 é determinado como sendo o coeficiente angular da reta apresentada na equação 37. Para análise da regressão, pode ser utilizado o método dos mínimos quadrados linear.

O método do logaritmo apresenta como desvantagem o fato de requerer o valor da concentração de saturação (C_s), calculado ou determinado experimentalmente. A estimativa do parâmetro K_2 pode ser afetada se a escolha de C_s não for adequada.

3.7.1.3 Método Direto ou Diferencial

O método direto ou diferencial aproxima numericamente a taxa de transferência volumétrica $\frac{dC}{dt}$ para $\frac{\Delta C}{\Delta t}$ utilizando as variações das concentrações obtidas experimentalmente. O valor de K_2 é determinado pelo coeficiente angular da equação

diferencial $\frac{dC}{dt} = K_2 \cdot (C_s - C)$ (38) utilizando o método dos mínimos quadrados linear.

A principal desvantagem deste método é que ele majora os erros de medida dos dados experimentais. Motivo este que pesquisadores não o utilizam para determinação do K_2 , pois o processo de aproximação numérica resulta em erros maiores do que aqueles que se verificam na própria medida da concentração de OD.

3.7.2 Métodos Indiretos

Os métodos indiretos baseiam-se em alguns parâmetros relacionados com a estrutura do escoamento, resultado de análise de grupos adimensionais ou processo de absorção ou dessorção, e que preferencialmente estejam relacionados com a turbulência superficial do meio líquido estabelecendo alguma relação com o coeficiente de reaeração do sistema, determinado pelo método direto.

TSIVOGLU *et al.* (1965) desenvolveram um método indireto para determinação do coeficiente de reaeração K_2 utilizando o princípio de que a taxa de dessorção de um gás traçador é proporcional à taxa de absorção do oxigênio da atmosfera. Neste método foi utilizado um gás radioativo como traçador. Posteriormente, RATHBUN *et al.* (1978) substituiu o gás radioativo por gases hidrocarbonetos leves, como etileno e propano, recebendo o nome de método dos traçadores modificados.

O método do traçador gasoso é considerado entre os métodos indiretos o mais preciso e aplicativo, principalmente pela técnica da cromatografia, que consiste na medida de concentração dos gases. Essa confiabilidade foi testada por RAINWATER e HOLLEY (1983) e BARBOSA (1989), onde utilizaram diferentes tipos de gases em seus trabalhos.

Outro método indireto para determinação do K_2 a ser comentado é o método dos sólidos solúveis proposto por GIORGETTI e GIANSAANTI (1983) e aperfeiçoado por SCHULZ e GIORGETTI (1986). Neste método, os pesquisadores avaliaram o nível de turbulência em relação ao coeficiente de reaeração superficial através da dissolução de um corpo de prova sólido solúvel em água, posicionado abaixo da superfície líquida. O grau de turbulência na interface ar-água é o responsável pela dissolução do sólido.

3.8 Influência da Temperatura sobre o Coeficiente de Reoxigenação K_2

A temperatura constitui-se uma das variáveis físicas que afeta a taxa de transferência gasosa. Estudos realizados por vários pesquisadores indicam que existe uma variação crescente do coeficiente de absorção de oxigênio comumente encontrado em escoamentos naturais com o aumento da temperatura.

Pesquisas experimentais feitas por KRENKEL & ORLOB (1962) produziram resultados que explicam a variação do coeficiente de reoxigenação em relação à temperatura a partir da lei de Arrhenius, que considera o processo de absorção de gás em meio líquido comandado por energia cinética. Esses resultados foram ajustados por uma função exponencial do tipo:

$$K_2(T) = a' \cdot e^{b' \cdot T} \quad (39)$$

Em que a' e b' são coeficientes obtidos através de ajuste da função aos pontos experimentais e T é a temperatura absoluta em K.

Para uma temperatura de referência, geralmente 25°C, a equação anterior torna-se:

$$K_2(25) = a' \cdot e^{b' \cdot 25} \quad (40)$$

Para permitir correções sobre o valor do coeficiente de reoxigenação a temperaturas quaisquer, utiliza-se uma relação entre as equações 39 e 40 atribuindo-se ao termo $e^{b'}$ o valor de θ , de maneira que:

$$K_2(T) = K_2(25) \cdot \theta^{T-25} \quad (41)$$

Como menciona o item 4.3.5, o valor comumente utilizado para o valor de θ é 1,024.

3.9 Influência da Umidade Atmosférica sobre o Coeficiente de Reoxigenação K_2

ADENEY e BECKER (1919) apontam que os fatores que influenciam a transferência de gases na interface ar-água são a umidade, temperatura e pressão. Esses pesquisadores foram os primeiros a relatar uma possível influência da umidade atmosférica sobre o processo de absorção de gases por um corpo líquido.

COSTA (1992) investigou a influência da umidade relativa do ar na medida do coeficiente de reoxigenação. Os resultados de sua pesquisa indicam uma correlação negativa entre o coeficiente de reoxigenação e a umidade relativa do ar para uma faixa de umidade entre 55 e 98%. Em alguns resultados, para uma variação de 20 a 30% na umidade, correspondeu a variação de 30 a 50% no parâmetro K_2 .

OLIVEIRA (1996) sugeriu em seu trabalho a existência de uma resistência ao processo de absorção de oxigênio pelo corpo d'água em condições de elevada umidade atmosférica. Observou que para ensaios de reoxigenação realizados durante o dia, sem chuva, os valores de K_2 divergiram para o mesmo ensaio durante a noite, quando ocorreu chuva. Isto

implicou em estudos mais profundos em seu trabalho visto que a umidade influenciara a transferência de oxigênio.

SILVEIRA (2004) investigou profundamente a influencia da umidade atmosférica no processo de absorção de oxigênio atmosférico por corpo d'água através de sua superfície livre. Através de metodologia clássica e de um modelo com sumidouro de oxigênio ajustado aos dados experimentais de sua pesquisa, comprovou a hipótese de que a taxa de evaporação, que é função da umidade atmosférica, tem influência no processo de transferência de oxigênio através da interface ar-água.

4 METODOLOGIA

4.1 Descrição do Experimento

O experimento constituiu-se da reoxigenação de uma massa de água, sob a ação de agitação turbulenta provocada por grades oscilantes. Neste processo, buscou-se levantar as curvas de reoxigenação da massa de água com a utilização de diferentes grades e frequências de oscilações para a determinação do coeficiente de reaeração K_2 como uma função da oscilação e do tamanho da grade. Foram feitos ensaios com dois diferentes tipos de grades: uma com 256 malhas/m² (grade média) e a outra com 1024 malhas/m² (grade fina), ambas construídas com barras de alumínio de seção quadrada de 10 mm de lado. Os ensaios foram realizados com as seguintes frequências de oscilações das grades: 167, 181, 189, 198 e 210 ciclos por minuto (ciclos/min) para a grade média e 100, 121, 138 e 161 ciclos por minuto (ciclos/min) para a grade fina.

Primeiramente, introduzia-se água limpa de torneira no tanque até o nível de 55 cm de altura, este nível foi adotado como padrão para a realização de todos os ensaios. Posteriormente acionava-se o sistema desaerador (sistema de retirada do OD da água, apresentado no item 4.2.1 e 4.3.1) até obter-se uma concentração mínima de OD entre 1,5 a 2,0 mg/L conforme indicado por BOYLE *et al. apud* BROWN & BAILLOD (1982) que recomendam iniciar os experimentos partindo-se de uma concentração mínima de OD próxima de 20% da concentração de saturação.

Como a temperatura da água sofre um aquecimento provocado pelo sistema desaerador, utilizaram-se garrafas plásticas contendo gelo com o propósito de controlar a temperatura da água em valores próximos ao da temperatura ambiente. O gelo contido nas garrafas não interfere na concentração de OD no meio líquido.

Tendo sido verificado os pontos de concentração zero (através de uma solução de água com sulfito de sódio) e de saturação do aparelho medidor de OD, a sonda eletrolítica foi posicionada numa região de alta movimentação da água, próxima a grade, com o intuito de evitar erros de medida devido ao consumo de oxigênio pela sonda. Em seguida, anotava-se o valor da concentração inicial de OD, C_0 , para início do processo de reoxigenação.

Durante o monitoramento do processo de reoxigenação foram coletadas medidas de oxigênio dissolvido, das temperaturas do ar e da água e do tempo transcorrido desde o início do processo. Esses dados foram utilizados para determinar o valor do coeficiente de reaeração K_2 e da concentração de saturação C_s dos ensaios realizados com o uso do modelo exponencial ajustado aos pontos obtidos pelo método dos mínimos quadrados não linear.

Os ensaios foram realizados no Campus I da Universidade de São Paulo localizado na cidade de São Carlos, mais precisamente no Laboratório de Fenômenos de Transporte do Departamento de Hidráulica e Saneamento. O ambiente onde foram feitos os ensaios, foi uma sala com aproximadamente 12 m² e 2,70 m de altura, climatizada por aparelho de ar-condicionado para que o ambiente não sofresse variação brusca de temperatura. A umidade relativa da sala foi monitorada continuamente.

Todos os preparativos necessários para os ensaios como a climatização da sala, verificação dos softwares utilizados nas coletas de dados, calibração da sonda eletroquímica utilizada para leituras de concentração de OD, lavagem cuidadosa do tanque e da bomba de recirculação para evitar a presença de materiais oxidantes, eram previamente iniciados com antecedência mínima de uma hora. Estes procedimentos garantiram maior controle na coleta de dados, evitando assim influências exteriores que poderiam atrapalhar os resultados da pesquisa.

Alguns cuidados tomados antes do início de cada ensaio merecem ser citados, entre os quais se destacam:

- Remoção de possíveis materiais no interior do tanque que venham a interferir nos ensaios.
- Checagem do aperto de todos os parafusos do tanque, com principal atenção para os parafusos que fixam as grades no mecanismo de oscilação.
- Verificação das correias.
- Observação de vazamentos que possam causar danos ao motor elétrico ou ao contador de rotação.
- Ajuste da frequência do inversor, de modo que se tenha a frequência de oscilação desejada antes do início da coleta de dados.
- As grades devem estar alinhadas nas duas extremidades de fixação, caso contrário, pode haver ruptura do material devido à flexão que o movimento de oscilação possa gerar.
- Observação do frasco acoplado ao psicrômetro. O mesmo deve conter água em seu interior.

Para o desenvolvimento da pesquisa, foi utilizado um conjunto de elementos associados apresentados a seguir:

1. Sistema de desaeração da massa de água por *stripping* provocado por cavitação forçada a temperatura ambiente e injeção de nitrogênio
2. Sistema de geração de turbulência para o processo de reoxigenação da massa líquida
3. Sistema de controle de temperatura

4. Instrumentação de medida

- Medidor eletrônico de oxigênio dissolvido (OD) e temperatura da água
- Medidor de rotação
- Medidas de tempo ao longo dos ensaios
- Medidas das temperaturas de bulbo seco e bulbo úmido do ar para determinação da umidade relativa

5. Mecanismos de aquisição e armazenamento dos dados

- Microcomputador
- Datalogger de oito canais

6. Determinação da umidade relativa do ar

7. Determinação do coeficiente de reaeração K_2

4.2 MATERIAIS

4.2.1 Equipamento utilizado para desoxigenação da água

A desoxigenação da massa de água foi feita por *Stripping* com vapor d'água obtido por evaporação à temperatura ambiente, provocada por diminuição da pressão, até atingir a pressão de vapor, em uma placa contendo um diafragma, reforçada pela injeção de nitrogênio (N_2). Para conseguir este efeito, uma placa contendo um pequeno orifício é introduzida em um circuito fechado de bombeamento, construído com tubos de P.V.C. impulsionado por uma bomba hidráulica *Mark*, modelo *XD2* com potência de $\frac{1}{2}$ cv. A água é forçada a passar pelo diafragma que provoca a cavitação imediatamente à jusante da placa causando o aparecimento de bolhas de vapor d'água. Devido à diferença de concentração de oxigênio, as bolhas de vapor d'água capturam o OD na água liberando-o para a atmosfera.

O sistema completo de desaeração da água constou de uma bomba centrífuga acoplada a um motor de $\frac{1}{2}$ cv, tubulação de sucção contendo o diafragma, tubulação de recalque com tap para a injeção de N_2 retornando para o tanque, cilindro de nitrogênio, registros e válvulas para controle do fluxo da água e do gás (Figura 1).

Figura 1: Detalhe dos equipamentos utilizados no sistema desaerador

No quadro 01 são apresentadas as características do sistema desaerador utilizado na pesquisa.

SISTEMA DESAERADOR	
BOMBA	
Marca	MARK
Modelo	XD2
Tipo	Centrífuga
Sucção	3/4"
Recalque	3/4"
Vazão	7 m ³ /h
MOTOR	
Potência nominal	1/2 cv
Rotações por minuto	3500
Corrente	6,9/3,4 A
DIAFRAGMA	
Orifício da placa	7 mm

Quadro 1: Caracterização do sistema desaerador

4.2.2 Equipamento utilizado para geração da turbulência

4.2.2.1 Tanque em acrílico

O sistema de geração de turbulência montado e utilizado nos ensaios foi baseado em diversas pesquisas encontradas na literatura, acrescido de melhoramentos para aprimorar as condições de ensaio. Trata-se de um tanque prismático, construído em chapas de acrílico de 20 mm de espessura, com base retangular de 0,71 x 0,50 m (medidas internas) e altura de 1,00 m, equipado com grade oscilante localizada a 16 cm acima do fundo do tanque em relação ao centro de oscilação, cuja amplitude é de 10,0 cm.

Dividido em três partes, o tanque foi projetado para gerar turbulência a partir do movimento da grade. O compartimento central possui área de 0,25 m² (0,50 x 0,50 m) com capacidade de receber 250 litros de água e os dois compartimentos laterais possuem área de 0,0425 m² (0,50 x 0,085 m) cada um com capacidade de receber 42,5 litros de água, totalizando 335 litros.

Para vedação das paredes intermediárias que separam os compartimentos laterais do compartimento central, foram utilizados *orings* de vedação (anéis de borracha) nos parafusos que travam as referidas placas, pois se tratam de placas móveis sendo necessária sua desmontagem para troca da grade.

A figura 2 ilustra a disposição dos compartimentos e as principais características do tanque.

Figura 2: Disposição dos compartimentos central (50 x 50 x 100 cm) e laterais do tanque (50 x 8,5 x 100 cm)

Devido à movimentação do sistema de oscilação da grade, o tanque pode apresentar pequenos deslocamentos horizontais perpendiculares ao eixo de oscilação. Com a utilização de pontaletes inseridos entre a parede do tanque e a alvenaria, este efeito é minimizado ou até mesmo anulado, evitando que possíveis interferências na geração de turbulência possam vir a interferir na aquisição de dados.

4.2.2.2 Grades

Para agitação da massa líquida, gerando o movimento turbulento, foram construídas duas grades em alumínio em dois tamanhos diferentes. A primeira denominada “grade média”

possui 256 malhas/m² e a segunda, denominada “grade fina” possui 1024 malhas/m². As seções das malhas são de 51,2 x 51,2 mm e 20,6 x 20,6 mm respectivamente.

As grades são quadradas, constituídas por barras de seção quadrada medindo 10 x 10 mm, montadas segundo malhas quadradas com espaçamento entre barras de 5,12 cm e 2,06 cm. As medidas externas das grades são de 49,0 x 49,0 cm.

As figuras 3 e 4 mostram detalhadamente os projetos de montagem das grades média e fina respectivamente.

Figura 3: Projeto da grade média. Barras de comprimento de 49 cm no interior do tanque de 50 x 50 cm (medidas em mm)

Figura 4: Projeto da grade fina. Barras de comprimento de 49 cm no interior do tanque de 50 x 50 cm (medidas em mm)

Acionada por sistema biela-manivela, a grade oscila verticalmente provocando movimentação da água que é propagada através da massa líquida gerando o movimento turbulento que é transmitido até a superfície livre.

No decorrer dos ensaios, houve reação química da água com o alumínio provocando o desgaste prematuro das grades e alterações das propriedades físicas e químicas da água. A água tornava-se escura e continha partículas de pó de alumínio que prejudicavam os ensaios, portanto, inviabilizando o término dos ensaios dias após a troca da água do tanque.

Para minimizar essa reação, adotou-se a aplicação de tinta *spray* sobre as grades e demais peças construídas em alumínio.

As duas grades (1024 e 256 malhas/m²) apresentaram ruptura das hastes de alumínio durante os ensaios. Como medida de reforço, necessária pela ruptura do material (alumínio), fez-se a substituição das hastes que fixam a grade nos perfis oscilantes por hastes feitas em aço inox.

Para amortecer os esforços impostos na grade, pequenos anéis de borracha foram colocados entre as hastes de fixação da grade e os perfis de sustentação. Esta aplicação possibilitou ensaios em altas rotações por longos períodos.

No início da fase de coleta de dados do experimento, foram avaliadas quais frequências de oscilações seriam adequadas para as grades.

Para a grade fina, de 1024 malhas/m², a faixa de oscilação que mostrou condições adequadas de funcionamento ficou entre 100 a 160 ciclos/min. Abaixo de 100 ciclos/min, a turbulência gerada não ofereceu nível adequado de movimentação da massa líquida. Acima de 160 ciclos/min, se observou a formação de ondas com movimento preferencial no sentido do eixo do sistema de oscilação, provocada pela movimentação da parte inferior das placas que separam o compartimento central dos dois compartimentos laterais.

Já para a grade média, de 256 malhas/m², a faixa de oscilação ficou entre 160 a 210 ciclos/min. Frequências abaixo de 160 ciclos/min, não mostraram eficiência na movimentação da água. Acima de 210 ciclos/min, o sistema mostrou-se instável, observando-se fortes ruídos e início de colapso das correias e polias utilizadas no mecanismo de movimentação das grades.

4.2.2.3 Mecanismo de oscilação da grade

O sistema de oscilação da grade foi projetado para evitar a interferência de seus movimentos com o compartimento central do tanque. Este efeito foi conseguido isolando esses mecanismos através de dois compartimentos laterais que evitam que qualquer parte do sistema entre em contato com o interior do volume (compartimento central).

Foram feitos duas fendas nas paredes de acrílico que separam os compartimentos com abertura apenas para a passagem das barras de sustentação da grade. As fendas possuem comprimento vertical suficiente para a amplitude de oscilação da grade (10 cm).

A grade é fixada em dois perfis metálicos (um em cada compartimento lateral) através das quatro hastes passantes pelas fendas. Estes perfis são fixados em eixos com sistema biela-manivela responsáveis pelo movimento de oscilação da grade. A figura 5 mostra a fixação da grade no perfil metálico.

Figura 5: Detalhe da fixação da grade no perfil metálico

4.2.2.3.1 Sistema biela-manivela e conjunto de polias

O mecanismo biela-manivela possibilitou o movimento de oscilação da grade com amplitude de 10 cm. O movimento vertical permitido à grade, por este sistema, tem variação de velocidade senoidal, comum nos tanques na maioria dos trabalhos pesquisados.

A concepção original do projeto previa dois pares de polias responsáveis pela movimentação do sistema biela-manivela, localizadas nas duas extremidades do tanque ligadas entre si através de um eixo transversal localizado abaixo do tanque.

As polias giravam no mesmo sentido de rotação por meio de correias dentadas ligadas ao eixo central. Observou-se logo nos primeiros ensaios, a sobreposição de movimentos provocado pelas polias causando instabilidade no tanque. Pequenas oscilações (ondas) eram observadas na superfície líquida aumentando o contato da massa de água com a atmosfera.

Esse aumento de contato da área superficial interferia nos ensaios de reoxigenação prejudicando o experimento.

A solução encontrada foi a inversão do sentido de rotação de uma das polias, fazendo com que elas girem em sentidos opostos anulando a sobreposição dos movimentos. Assim, o tanque e todo sistema de geração de turbulência ficou em equilíbrio fornecendo adequadas condições para os ensaios de reoxigenação.

A figura 6 ilustra a concepção dessa alternativa.

Figura 6: Sistema de polias com esticador

O projeto do sistema biela-manivela e conjunto de polias são apresentados na figura 7 mostrada a seguir.

Figura 7: Sistema biela-manivela e conjunto de polias - mecanismo de oscilação da grade

4.2.2.3.2 Motor elétrico e conjunto de redução

Um motor elétrico de corrente alternada de 1,5 cv de potência fornecia energia necessária para movimentação do sistema. Sua frequência de rotação era controlada por inversor de frequência auxiliado por um contador de rotação equipado com sensor eletromagnético. Através do sistema de redução 10:1 mostrado na figura 8, foi possível trabalhar em diversas rotações de acordo com o planejamento dos experimentos.

Figura 8: Motor elétrico com sistema de redução 10:1

4.2.2.3.3 Inversor de frequência

Através do uso de um inversor de frequência (Figura 9), *WEQ* modelo *CFW-08*, foi possível controlar a frequência e o sentido de rotação do motor. Esse equipamento foi importante para a calibração do tanque, pois possibilitou os diversos ensaios em variadas rotações.

Figura 9: Inversor de frequência

4.2.2.3.4 Contador de rotação

Para medir a frequência de oscilação da grade, foi utilizado um contador digital de rotação (Figura 10) medindo diretamente o número de voltas do eixo do sistema. Esse

instrumento é composto de um sensor eletromagnético que, quando interceptado por um ímã posicionado na extremidade da polia do mancal, emite um pulso elétrico para um contador digital que acumula o número de rotações da polia. A contagem é feita durante um minuto determinando a velocidade de rotação em rotações por minuto (rpm).

Figura 10: Contador de rotação

Deve-se observar que uma rotação da polia equivale a uma oscilação completa da grade.

A caracterização geral do sistema de geração de turbulência utilizado na pesquisa está apresentada no quadro 02.

TANQUE DE AGITAÇÃO HIDRODINAMICA EQUIPADO COM GRADE OSCILANTE	
RECIPIENTE	
Formato	Retangular
Altura	1,00 m
Base	0,71 x 0,50 m
Capacidade máxima	335 litros
Nível da água	55 cm do fundo
Material	Acrílico e Aço Inoxidável
GRADES OSCILANTES	
Tipo	Grades malhadas
Seções das malhas	51,2 x 51,2 e 2,06 x 2,06 mm
Tamanhos	256 e 1024 malhas/m ²
Dimensões das barras	10,0 x 10,0 mm
Espaçamento entre barras	5,12 e 2,06 cm
Medidas externas	49,0 x 49,0 cm
Nível da água	39 cm (em relação ao centro de oscilação)
Posição	16 cm (fundo do tanque ao centro de oscilação)
Material	Alumínio
MOTOR E CONJUNTO DE REDUÇÃO	
Marca	WEQ
Potência nominal	1,5 cv
Rotações por minuto	1720
Corrente	4,43/2,56 A
Conjunto de redução	10:1
INVERSOR DE FREQUÊNCIA	
Marca	WEQ
Modelo	CFW-08
Software	Versão 3.8x
MEDIDOR DE ROTAÇÃO	
Mecanismo	Eletromagnético
Tempo de contagem	1 minuto

Quadro 2: Caracterização do sistema de geração de turbulência

4.2.3 Sistema de controle de temperatura

Os ensaios foram realizados com temperatura ambiente controlada por um aparelho de ar-condicionado de 12.000 Btu e monitoradas por dois pares de termopar tipo *T*

(cobre/constantan), para garantir que o ambiente (sala) e a massa de água a ser reoxigenada estejam dentro da mesma faixa de temperaturas em todos os ensaios realizados.

A temperatura do ambiente que se buscou realizar os experimentos foi de 25°C com tolerância de $\pm 1,5^\circ\text{C}$. Esta faixa de temperatura facilitou a obtenção da umidade relativa do ar em torno de 60 a 80%. Assim como a temperatura, a umidade relativa do ar tem aspecto importante na taxa de reaeração em meios líquidos.

O processo de desoxigenação por recirculação com injeção de N_2 e o processo de reoxigenação por meio de produção de turbulência com grades oscilantes produziram aquecimento na água devido à passagem da água pela bomba de recirculação e a movimentação do sistema de geração de turbulência. Para controle desse aquecimento, foram utilizadas garrafas plásticas, contendo gelo, imersas nos compartimentos laterais, medida que não produziu deformação superficial no compartimento central do tanque. O controle foi feito pela troca destas garrafas por garrafas contendo água a temperatura ambiente conforme a variação de temperatura e vice-versa. Buscou-se controlar a temperatura da água, a exemplo do ambiente, em torno de 25°C com tolerância de $\pm 1,5^\circ\text{C}$.

4.2.4 Instrumentação de Medida

4.2.4.1 Medidor eletrônico de OD e temperatura da água

As medidas de concentração de OD necessárias para determinação dos parâmetros K_2 (coeficiente de reoxigenação) e C_s (concentração de saturação) foram obtidas por meio de um oxímetro (Figura 11) de fabricação alemã, modelo *OXI 127* da *WTW* que possui mostrador digital e pode apresentar a concentração de OD em miligrama por litro (mg/L) ou em porcentagem (%), equipado com sensor eletroquímico de membrana de teflon, modelo *CellOx 325* também da *WTW*. O oxímetro recebe sinais analógicos da sonda e converte em sinais digitais introduzindo coeficientes estabelecidos por calibração feita antes de cada ensaio.

Colocando o sensor diretamente dentro da água, ele realiza medidas instantâneas de concentrações de oxigênio dissolvido e temperatura da água, permitindo assim o monitoramento contínuo em todo o ensaio.

Figura 11: Oxímetro fabricado pela WTW

Durante os primeiros ensaios, constatou-se necessidade de coleta dos dados em uma região de alta movimentação da massa líquida (próximo a grade) para evitar uma situação de baixa concentração de oxigênio na região de medida devido ao consumo de oxigênio pela sonda, que interfere nos resultados de coleta. Durante a fase dos ensaios, para leituras corretas, era realizada a calibração automática (*CAL*) do oxímetro durante a preparação dos instrumentos. Este procedimento garantiu precisão nas leituras evitando-se erros sistemáticos que poderiam interferir nos resultados.

A calibração do equipamento também era conferida pelo ajuste inicial de dois pontos: o ponto zero e o ponto de saturação. O ponto zero foi obtido conforme recomendação do manual de operação do aparelho utilizando-se uma solução de sulfito de sódio a 3% e o ponto de saturação foi encontrado por comparação com a concentração de OD obtida por análise química pelo método titulométrico de Winkler. O aparelho foi ajustado para compensação automática da temperatura.

4.2.4.2 Medidas de tempo ao longo dos ensaios

O tempo transcorrido desde o início do ensaio de reoxigenação foi monitorado por cronômetro digital para que se obtivessem as curvas de concentração de oxigênio dissolvido em função do tempo.

Foram registrados dados de leituras em intervalos de dez minutos devido ao longo tempo que os ensaios requeriam.

4.2.4.3 Medidas de temperatura do ar para determinação da umidade relativa

A temperatura ambiente foi monitorada através de dois pares de termopar tipo T (cobre/*constantan*) mostrados na figura 12, os quais são conectados ao *Datalogger* para posterior transferência de dados para o microcomputador.

Figura 12: par de Termôpares tipo T (cobre/*constantan*)

Com o auxílio de um psicrômetro de aspiração, as temperatura de bulbo seco, T_{bs} , e temperatura de bulbo úmido, T_{bu} , foram facilmente obtidas para determinação da umidade relativa do ar.

O psicrômetro (Figura 13) é um instrumento composto por dois termômetros idênticos (termopares) que serve para avaliar a quantidade de vapor de água contida no ar. Enquanto um termômetro indica a temperatura do bulbo seco, T_{bs} , o outro indica a temperatura do bulbo

úmido, T_{bu} . Para evitar influência de radiação emitida por fontes próximas, foi utilizado um abrigo (*Shield*) constituído basicamente por um tubo de PVC de 4" (100 mm) de diâmetro, por onde o ar é forçado a passar, impulsionado por um ventilador com rotação constante instalado em uma das extremidades do tubo.

Figura 13: Psicrômetro de aspiração

4.2.4.4 Mecanismos de Aquisição e Armazenamento de Dados

Para a aquisição e armazenamento dos dados coletados durante os ensaios, foram utilizados um microcomputador e um *Datalogger*.

4.2.4.4.1 Datalogger

O *Datalogger*, modelo CR10 (Figura 14) fabricado pela *Campbell Scientific Inc.*, foi utilizado para a coleta e armazenamento dos dados feitos pelos sensores termopares. Trata-se de um aparelho construído basicamente de uma CPU (Unidade Central de Processamento), de uma memória de armazenamento de dados e de canais de entradas e saídas analógicas e digitais.

Figura 14: Datalogger CR10 produzido pela Campbell Scientific Inc.
Fonte: Campbell Scientific Inc.

A principal vantagem de se utilizar o *Datalogger* é a possibilidade de armazenar uma programação e seu funcionamento através do teclado *CR10KD* (Figura 15) sem a necessidade de estar conectado a um computador, facilitando assim o seu uso em campo. Na programação, podem-se estipular diversas funções para serem utilizadas durante a coleta de dados, entre elas, o tipo de medida e o número de medidas registradas, cálculo da média de uma série de dados entre outras possibilidades.

Figura 15: Teclado CR10KD produzido pela Campbell Scientific Inc.
Fonte: Campbell Scientific Inc.

4.2.4.4.2 Programa de coleta de dados

Com linguagem de programação própria, foi desenvolvida uma rotina de coleta e armazenamento dos dados para posterior envio das informações ao microcomputador. Os dados enviados pelo *CR10* foram utilizados para determinação da umidade relativa do ar através do psicrômetro. O apêndice B mostra a rotina de programação do *CR10* utilizada neste trabalho.

O software utilizado para aquisição de dados e posterior envio para o computador foi o PC208W 3.3, desenvolvido pela *Campbell Scientific Inc.*

4.3 MÉTODOS

4.3.1 Sistema de Desaeração da Água

A água utilizada nos ensaios é proveniente da rede de abastecimento do Campus USP – São Carlos. A concentração de oxigênio dissolvido está na faixa de 6,5 a 7,5 mg/L dependendo da temperatura da água.

A desaeração ou desoxigenação da água foi promovida por *Stripping* – método de retirada do oxigênio dissolvido na água por meio do borbulhamento de um gás – com vapor provocado por cavitação forçada à temperatura ambiente ou com injeção de nitrogênio (N_2). O método de cavitação foi proposto por MAXWELL E HOLLEY (1969), utilizando um processo físico de retirada dos gases dissolvidos para evitar um residual de produtos químicos, como por exemplo, o sulfito de sódio, que consome o oxigênio contido na água através de reações químicas.

O processo de retirada do oxigênio consistiu na recirculação da água (Figura 16), que forçada a passar por uma região de baixa pressão, evapora a temperatura ambiente, provocando o aparecimento de bolhas de vapor d'água. Para conseguir o efeito de baixa pressão, a água é forçada a passar por uma placa contendo um diafragma (17) que torna a pressão disponível próxima à pressão de vapor da água, provocando o aparecimento de bolhas de vapor nas quais a pressão parcial do oxigênio é nula, provocando a migração para estas dos gases dissolvidos na água devido a diferenças de pressão parcial. O mesmo efeito é conseguido com a injeção de N_2 diretamente na massa líquida. No entanto o processo é incrementado com o uso simultâneo das duas técnicas acelerando o processo em tempo considerável, cerca de 1 (uma) hora do tempo gasto apenas com a recirculação da água.

Figura 16: Esquema de desoxigenação da água

Figura 17: Placa contendo o diafragma

A injeção de N_2 na tubulação de recalque faz com que este se misture com maior eficiência às micro-bolhas geradas pela cavitação forçada, retirando o oxigênio dissolvido da

água em um curto período de tempo (20 minutos). Com este incremento, o aquecimento da água provocado pelo contato com a bomba de recirculação é minimizado.

Todos os ensaios foram realizados com temperatura média da água a 25°C com tolerância de $\pm 1,5^\circ\text{C}$.

Através de análises dos ensaios de laboratório, observou-se que o sistema tem capacidade de desaerar um volume da ordem de 200 litros de água em um período de tempo de aproximadamente uma hora.

O processo de desoxigenação era interrompido quando o nível de oxigênio dissolvido da água atingisse um nível considerado adequado para iniciar o processo de reoxigenação. Neste trabalho, o nível de oxigênio dissolvido utilizado para iniciar o processo de reoxigenação foi entre 1,5 a 2,0 mg/L. Esse valor foi o mínimo alcançado pelo processo mecânico de retirado de oxigênio com injeção de N_2 , sendo esse valor considerado satisfatório para determinação do K_2 e do valor estimado da concentração de saturação de OD, pois a curva OD vs tempo observada nos ensaios se inicia com uma reta nos valores mais baixos para em seguida tomar a forma exponencial.

4.3.2 Sistema de Geração de Turbulência

O sistema de geração de turbulência é o responsável pelo aumento da taxa de reoxigenação da massa de água, uma vez que, mesmo o sistema estando estático, ocorre transferência de gases tanto da água para a atmosfera como vice-versa, dependendo dos níveis de concentração dos gases, pelo fenômeno da difusão molecular.

Adotado com base nas experiências de THOMPSON E TURNER (1975), o sistema é composto por um tanque prismático feito em acrílico equipado com grades oscilantes que permitem maior controle e confiança ao generalizar os dados obtidos nos ensaios.

Quando uma grade de barras cruzadas (Figura 18) é movimentada verticalmente de forma oscilatória imersa em um fluido, ela provoca um conjunto de pequenos jatos de fluido nas vizinhanças da grade. A alguma distância da grade, devido à dissipação viscosa e à interação dos jatos, a regularidade dos jatos é perdida e forma-se um escoamento turbulento irregular. Como a maior parte da energia transferida ao fluido pela grade é dissipada pelas forças viscosas muito perto da grade, a eficiência deste sistema é muito baixa. No entanto, detecta-se a formação de turbulência em todo o tanque e a associação entre as características da turbulência e da grade são perdidas, características turbulentas estas que permitem analisar os dados obtidos para aplicações mais gerais.

Figura 18: Grade geradora de turbulência

TURNER determinou em seus estudos, para aplicações gerais de turbulência, que a distância entre a superfície livre para a atmosfera e a grade oscilante deve ser no mínimo duas vezes a largura da malha da grade.

Figura 19: Tanque de reaeração em acrílico

O processo de reaeração na superfície líquida está intimamente ligado ao grau de agitação da massa de água presente no tanque. Quanto maior a área de contato na interface ar-água, maior será a velocidade do processo físico de reaeração.

Os valores da variação de concentração de oxigênio dissolvido foram registrados a cada dez minutos monitorados pelo medidor de OD e pelos sensores de temperatura ambiente.

Foi padronizada em todos os ensaios a altura da lâmina d'água em relação ao fundo do tanque. A altura padronizada foi de 55 cm estando a 39 cm do eixo central de oscilação da grade. Utilizou-se 184,25 litros de água nos ensaios sendo utilizados no compartimento central 137,5 litros.

As tabelas contendo todos os ensaios de reoxigenação podem ser encontradas no apêndice A.

4.3.3 Determinação da Umidade Relativa

A umidade relativa, $u.r.$, é definida pela relação entre a massa de vapor d'água existente em certo volume de ar e a massa de vapor d'água máxima que esse volume de ar pode conter, expressa em porcentagem, isto é:

$$u.r. = 100 \frac{m_v}{m_{v,máx}} = 100 \frac{e}{e_s} \quad (42)$$

em que e_s é a pressão parcial máxima do vapor d'água, função apenas da temperatura do ar, podendo ser quantificada através da seguinte equação empírica de TETENS:

$$e_s = 6,11 \cdot 10^{\frac{7,5 \cdot t}{237,3+t}} \quad (43)$$

e_s em mb e t , a temperatura do ar, em °C.

Para a condição do ar com quantidade de vapor d'água inferior à de saturação, o valor da pressão parcial de vapor, e , pode ser determinado através de um instrumento chamado psicrômetro, composto por dois termômetros: um para determinação da temperatura do ar, T , e o outro para temperatura do bulbo úmido, T_{bu} .

O termômetro de bulbo úmido é envolvido por uma malha porosa (algodão ou gaze) mergulhada num recipiente contendo água destilada, ficando constantemente úmida pelo fenômeno da capilaridade. A evaporação da água retira calor do bulbo fazendo com que o termômetro indique uma temperatura mais baixa do que a do outro termômetro. Como a quantidade de água evaporada é função do gradiente de pressão de vapor, isto é, função da pressão parcial do vapor d'água presente no ar e da pressão parcial de vapor saturado nas

imediações do bulbo úmido, consegue-se relacionar a pressão parcial de vapor do ar, e , com a diferença de temperatura dos termômetros de bulbo seco e de bulbo úmido, $T - T_{bu}$.

A seguinte equação empírica exprime e/e_s em função de $(T - T_{bu})$ e de p/e_s :

$$\frac{e}{e_s} = 1 - 0,00066 \cdot \frac{p}{e_s} \cdot (T - T_{bu}) \quad (44)$$

A partir da Equação 44 consegue-se exprimir o valor da pressão parcial de vapor do ar, e :

$$e = e_s \left[1 - 0,00066 \cdot \frac{p}{e_s} \cdot (T - T_{bu}) \right] \quad (45)$$

sendo p a pressão atmosférica em mb obtida através da altitude local, e_s a pressão de saturação de vapor d'água à temperatura de bulbo úmido em mb, T a temperatura do ar em °C e T_{bu} a temperatura de bulbo úmido em °C.

Para coleta da temperatura do bulbo seco e do bulbo úmido, foram utilizados termopares tipo T (cobre/*constantan*) os quais são os mais indicados para medições de temperatura na gama dos -270°C a 400°C.

Trata-se de um conjunto formado por dois fios condutores de eletricidade, um de cobre e o outro composto por uma liga de cobre e níquel (*constantan*). Os fios têm suas extremidades soldadas entre si em um ambiente de gás argônio formando a junta de medição da temperatura. Esta junta é protegida, de possíveis radiações emitidas por materiais ao redor, por um abrigo, composto por um tubo de PVC branco de 4" (100 mm) de diâmetro e aproximadamente 30 cm de comprimento. O abrigo, chamado de *Shield*, contribui para que o efeito da radiação não interfira nas leituras de temperatura do bulbo seco e úmido.

Com um pequeno ventilador instalado em uma das extremidades do tubo, cria-se uma corrente de ar em seu interior para facilitar a evaporação da água presente no bulbo úmido.

Um reservatório contendo água está disposto na parte inferior do equipamento com a função de manter úmida a gaze que envolve o termopar utilizado para medir a temperatura do bulbo úmido. As extremidades opostas dos fios são conectadas ao *Datalogger*, para o qual os dados são transferidos e armazenados via programação própria.

A figura 20 mostra o par de termopares inseridos no abrigo (*Shield*).

Figura 20: Par de termôparres inseridos no abrigo (*Shield*)

A Tabela 2 resume as condições dos ensaios.

Tabela 2: Valores de Umidade Relativa

Ensaio	Grades (malhas/m ²)	Rotações	Tágua _m (°C)	UR _m (%)
egf100_1	1024	100	24,6	72,9
egf100_2	1024	100	23,3	69,7
egf100_3	1024	100	24,0	69,1
egf121_1	1024	121	26,3	72,3
egf121_2	1024	121	26,2	68,1
egf121_3	1024	121	23,4	70,0
egf138_1	1024	138	25,3	67,7
egf138_2	1024	138	25,3	79,0
egf138_3	1024	138	24,1	63,1
egf161_1	1024	161	24,7	67,8
egf161_2	1024	161	24,5	61,3
egf161_3	1024	161	24,2	63,2
egm167_1	256	167	24,5	72,9
egm167_2	256	167	22,5	69,5
egm167_3	256	167	23,8	74,6
egm181_1	256	181	25,1	73,6
egm181_2	256	181	24,8	69,2
egm181_3	256	181	25,1	66,4
egm189_1	256	189	24,1	84,7
egm189_2	256	189	24,9	67,8
egm189_3	256	189	24,4	69,7
egm198_1	256	198	20,6	77,8
egm198_2	256	198	24,5	70,2
egm198_3	256	198	24,7	71,6
egm210_1	256	210	20,8	80,0
egm210_2	256	210	24,8	69,7
egm210_3	256	210	24,0	74,7

4.3.4 Determinação do Coeficiente de Reaeração K_2

O parâmetro K_2 (coeficiente de reoxigenação) é determinado através da aplicação de um modelo matemático, Método Exponencial descrito no item 3.7.1.1, aos dados obtidos experimentalmente de concentração de OD em função do tempo. Como o modelo aproxima perfeitamente a curva experimental através do ajuste do parâmetro K_2 , este método oferece excelente aproximação deste valor.

Utiliza-se o método de retirada de oxigênio exposto no item 4.3.1 para produzir um déficit de OD na água, e a partir daí, a reaeração é monitorada durante todo o processo através

de medidas de concentrações de OD (mg/L) em relação ao tempo transcorrido no experimento.

O fenômeno da reaeração em água consiste na transferência de moléculas do ar através da superfície líquida, aumentando a taxa de OD na massa líquida. O processo de reaeração pode ser avaliado através de diversas medidas do OD ao longo do tempo, obtendo-se uma curva de OD vs tempo (Gráfico 01), e a partir dessa curva, o coeficiente de reaeração pode ser estimado através do modelo:

$$C = C_s - (C_s - C_0) \cdot e^{-K_2 \cdot t} \quad (46)$$

em que:

C – concentração de OD na água em mg/L;

C_0 – concentração inicial de OD na água em mg/L;

C_s – concentração de saturação de oxigênio no meio líquido em mg/L;

K_2 – coeficiente de reaeração em horas⁻¹;

t – tempo transcorrido desde o início do processo em horas.

Gráfico 1: Curva de reoxigenação para grade fina com frequência de oscilação de 121 ciclos/min

Para análise dos dados coletados nos ensaios de reoxigenação no meio líquido, utilizou-se o método exponencial por apresentar aplicações dos valores de OD de forma direta. A equação 46 é aplicada para o ajuste dos dados experimentais através do método dos mínimos quadrados não linear.

Este método apresenta como vantagem o fato de permitir, através de recursos computacionais, determinar os valores dos parâmetros C_s e K_2 deixando-os livres para a verificação da adequabilidade do modelo proposto. O valor de C_0 é tomado como sendo o valor inicial de concentração do experimento, ou seja, o valor que se atingiu no processo de desaeração da água.

A opção pelo método exponencial é recomendada por BOYLE (1974) e segundo BROWN & BAILLOD (1982), os erros observados nos valores de concentrações próximos da saturação tendem a ser menores do que aqueles observados na fase inicial do ensaio, onde a taxa de transferência de oxigênio é alta.

Esses erros referem-se à diferença dos valores de concentração de OD observados nos ensaios e os valores de concentração de OD previstos na aplicação do modelo exponencial.

4.3.5 Correção do K_2 para temperatura padrão

No presente trabalho, adotou-se a correção do coeficiente de reaeração K_2 com relação à temperatura padrão de 25°C citado no item 3.8, definida pela expressão:

$$K_2(t) = K_2(25) \cdot \theta^{(t-25)} \quad (47)$$

em que:

θ – coeficiente de temperatura utilizado para corrigir o coeficiente de reoxigenação a uma temperatura de referência, neste caso 25°C. Segundo RAINWATER E HOLLEY (1983, p.34) *apud* COSTA (1992) o valor de θ é 1,024 por representar uma média para o conjunto de observações dos diferentes pesquisadores.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Tratamento e Análise dos Dados

Os dados coletados nos ensaios de calibração do tanque são de medidas da concentração de oxigênio dissolvido, OD, em função do tempo, acompanhadas de medidas de controle da temperatura da água, das temperaturas de bulbo seco e úmido para controle da umidade relativa do ar e da rotação do eixo da grade. As medidas de OD foram tomadas em função do tempo, com periodicidade de 10 minutos e formaram um conjunto de dados a ser tratado com modelo matemático para obtenção dos valores do coeficiente de reoxigenação K_2 , objetivo principal do trabalho.

O tratamento dos dados foi realizado conforme aconselham BOYLE *et al.* (1974) com a aplicação do modelo exponencial para a determinação dos valores da concentração de saturação e do K_2 .

Aos dados coletados nos ensaios foi aplicado o método dos mínimos quadrados não linear, introduzido em planilha eletrônica para a determinação dos parâmetros citados.

O comportamento exponencial foi observado em todos os ensaios, conforme pode ser verificado nos gráficos ilustrativos do processo de reoxigenação (Apêndice A).

5.2 Coeficiente de Reoxigenação K_2

A determinação do coeficiente de reoxigenação K_2 obtido em cada ensaio foi realizada com base na equação 46 que apresenta características de comportamento exponencial, seguindo a metodologia do modelo exponencial descrita no item 4.3.4.

Nesse item, são apresentados os resultados da estimativa dos parâmetros K_2 e C_s sendo que o valor do parâmetro C_0 utilizado foi o valor inicial da concentração de OD em cada ensaio realizado.

Os ensaios são identificados ou caracterizados pelo tipo de grade, velocidade de oscilação da grade, temperaturas médias do ar para as condições de bulbo seco e bulbo úmido, temperatura média da água e umidade relativa do ar verificada em cada ensaio realizado.

Para a grade de 1024 malhas / m² (abertura de 20,6 mm e espessura de 10 mm), foi definido o termo “egf” e para a grade de 256 malhas/m² (abertura de 51,2 mm e espessura de 10 mm) o termo “egm”. A numeração após cada termo refere-se à velocidade de oscilação da grade.

Os resultados são mostrados em dois tipos diferentes de gráficos: curvas de reoxigenação e de resíduos (OD medido – OD modelo) em função do tempo.

Para cada frequência de oscilação e tipo de grade foram realizados 3 (três) ensaios a fim de se obter comparações de resultados em diversas situações de temperatura, umidade relativa do ar e condições iniciais e finais de concentrações de OD. Considerou-se o coeficiente de reoxigenação como sendo aquele representado pelo valor médio dos 3 (três) ensaios realizados para cada tipo de grade e frequência de oscilação.

As grandezas medidas durante os ensaios foram as das seguintes variáveis: concentração de oxigênio dissolvido, temperaturas do ar em condições de bulbo seco e de bulbo úmido, temperatura da água e o tempo transcorrido do início ao término do processo de oscilação mecânica como indutor da reoxigenação da água. A umidade relativa do ar foi determinada através de equação empírica descrita na seção 4.3.3.

A curva de reoxigenação foi construída com base nos dados experimentais (pontos discretos) e resultados da modelagem (linha contínua) utilizando-se dos parâmetros estimados K_2 e C_s e do parâmetro C_0 como condição da concentração inicial de cada ensaio.

Este conjunto de gráficos permite uma análise sobre a estimativa dos parâmetros utilizados para a calibração do tanque.

Para exemplificar, o comportamento típico das curvas de reoxigenação dos experimentos, pode ser visualizado pelo gráfico 2 referente ao ensaio egm210_1.

Gráfico 2: Curva de reoxigenação em função do tempo
Frequência = 210 ciclos/min; Grade com 256 malhas/m² (egm210_1)

Os gráficos e as planilhas de cálculo dos coeficientes de reoxigenação dos demais ensaios são apresentados nos apêndices A e B.

Na tabela 3, encontram-se os resultados do coeficiente de reoxigenação, juntamente com os demais valores de variáveis de controle (temperatura do ar em condições de bulbo seco e úmido, temperatura da água e umidade relativa do ar) obtidos durante os ensaios do experimento.

Tabela 3: Sintetização dos gráficos 09 ao 62

Ensaio	N	TBS _m (°C)	TBU _m (°C)	Táguam (°C)	C _i (mg/L)	C _s (mg/L)	K _{2,T} (h ⁻¹)	K _{2,25} (h ⁻¹)	UR _m (%)
egf100_1	100	24,8	21,1	24,6	1,54	6,67	0,0581	0,0587	72,9
egf100_2	100	23,9	19,9	23,3	1,88	6,39	0,0632	0,0658	69,7
egf100_3	100	24,9	20,8	24,0	1,46	6,11	0,0684	0,0700	69,1
egf121_1	121	24,1	20,4	26,3	1,62	5,73	0,0799	0,0778	72,3
egf121_2	121	25,2	20,7	26,2	1,60	5,34	0,0823	0,0800	68,1
egf121_3	121	23,9	19,8	23,4	1,43	5,90	0,0862	0,0895	70,0
egf138_1	138	25,3	20,8	25,3	1,72	5,76	0,0990	0,0984	67,7
egf138_2	138	22,9	20,2	25,3	1,72	5,51	0,0998	0,0990	79,0
egf138_3	138	26,1	20,8	24,1	2,01	5,90	0,0921	0,0942	63,1
egf161_1	161	23,5	19,2	24,7	1,43	5,10	0,1267	0,1276	67,8
egf161_2	161	27,0	21,2	24,5	1,33	5,32	0,1216	0,1232	61,3
egf161_3	161	22,4	17,5	24,2	1,40	5,61	0,1246	0,1271	63,2
egm167_1	167	24,2	20,5	24,5	2,10	7,79	0,0753	0,0761	72,9
egm167_2	167	23,9	19,8	22,5	1,80	7,45	0,0714	0,0757	69,5
egm167_3	167	25,4	21,9	23,8	1,64	7,70	0,0670	0,0690	74,6
egm181_1	181	26,2	22,5	25,1	1,67	6,11	0,0883	0,0881	73,6
egm181_2	181	25,8	21,4	24,8	2,62	6,37	0,0921	0,0925	69,2
egm181_3	181	25,6	20,8	25,1	2,22	6,41	0,0850	0,0847	66,4
egm189_1	189	20,8	19,0	24,1	1,41	6,45	0,1013	0,1034	84,7
egm189_2	189	24,7	20,2	24,9	1,45	6,64	0,0929	0,0932	67,8
egm189_3	189	24,5	20,4	24,4	1,64	6,49	0,1027	0,1043	69,7
egm198_1	198	20,3	17,6	20,6	1,78	6,60	0,1083	0,1201	77,8
egm198_2	198	23,3	19,4	24,5	1,57	6,22	0,1001	0,1014	70,2
egm198_3	198	24,5	20,7	24,7	1,34	5,58	0,1130	0,1138	71,6
egm210_1	210	19,9	17,5	20,8	1,71	7,17	0,1146	0,1265	80,0
egm210_2	210	24,5	20,3	24,8	1,49	6,11	0,1278	0,1286	69,7
egm210_3	210	24,7	21,3	24,0	1,35	6,10	0,1209	0,1237	74,7

5.3 Correção de K_2 para a temperatura padrão de 25°C

Para efetuar comparações com os valores dos coeficientes de reoxigenação é necessária a correção de K_2 referente a uma temperatura padrão, no caso, 25°C. A correção é feita com base na equação 47 apresentada na seção 4.3.5.

Os valores de K_2 corrigidos estão apresentados na tabela 3.

5.4 Análise da Estrutura dos Erros nas Medidas Realizadas

A estrutura dos erros experimentais foi examinada através da análise gráfica dos resíduos (diferença entre as concentrações observadas e previstas pelo modelo), em função do tempo de duração de cada ensaio.

A seguir, como ilustração, é apresentado o gráfico de resíduos para o ensaio egm210_1. Os gráficos referentes aos resíduos dos demais ensaios podem ser encontrados no Apêndice A, imediatamente após a apresentação das curvas de reoxigenação.

Gráfico 3: Resíduos em função do tempo

Observando os gráficos dos resíduos, verifica-se que as variações dos erros experimentais não apresentam comportamento estatisticamente aleatório em torno de zero. Nota-se esta tendência em todos os ensaios, que pode ser explicada pelos valores levantados experimentalmente.

As curvas de reoxigenação obtidas experimentalmente são compostas por pequenos trechos lineares. Como a curva obtida pelo modelo é perfeitamente exponencial, a diferença entre a curva experimental e a modelada gera tendência em torno de zero.

Os gráficos 4 e 5 ilustram a tendência de um trecho do ensaio egm210_1 de forma ampliada para melhor visualização.

Gráfico 4: Ampliação das curvas de reoxigenação (observada e modelada) para o ensaio egm210_1

Gráfico 5: Resíduos gerados (forma tendenciosa) pelos pontos observados e modelados do trecho ampliado anteriormente

5.5 Curva de Calibração para o Tanque

O gráfico, mostrado a seguir, apresenta os valores de K_2 em função da velocidade de oscilação para as duas grades utilizadas nos ensaios, assim como a curva média de calibração para as duas grades. A partir desse gráfico, pode-se visualizar o comportamento global de reoxigenação em função da oscilação das grades.

Observam-se, através do gráfico 8, efeitos similares gerados na reaeração da massa líquida para as duas configurações de grades utilizadas, com diferença em torno de 60 ciclos por minuto entre si. A curva que representa os valores médios das grades, mostra essa similaridade.

Gráfico 6: Curva de calibração do tanque - K_2 versus frequência de oscilação

5.6 Incertezas Associadas aos Valores Medidos

As incertezas relativas aos parâmetros medidos são apresentadas na tabela 4.

Tabela 4: Incerteza dos parâmetros medidos e estimados

Parâmetro	Instrumento	Menor divisão da escala do instrumento	Incerteza
Conc. de OD (mg/L)	Oxímetro	0,01	(-0,01; +0,01)
Tempo (s)	Relógio (digital)	1	(-15; +15)
Temperatura (°C)	Eletrônico (digital)	0,1	(-0,1; +0,1)
Nº de rotações	Medidor de rotações	1	1 ciclo
Umidade relativa (%)	Psicrômetro	-	(-1,1; +1,1)

As concentrações de oxigênio dissolvido na massa de água foram determinadas através de leituras instantâneas fornecidas pelo oxímetro. A incerteza relativa aos valores obtidos está associada à menor divisão da escala de leitura deste aparelho.

O tempo gasto para se efetuar as leituras das temperaturas envolvidas no experimento somado àquele referente à observação da concentração de oxigênio e anotação dos dados não excedeu 15 (quinze) segundos.

As incertezas relacionadas às leituras de temperaturas de bulbo seco, de bulbo úmido e da água obtidas neste experimento foram avaliadas pela menor divisão de escala de cada aparelho.

5.7 Discussão dos Resultados

Este trabalho não se destinou à modelação matemática representativa da transferência de massa, no caso oxigênio, na interface ar-água mas sim o conhecimento do funcionamento do tanque e a taxa de reaeração no meio líquido presente em seu interior.

Buscou-se levantar as curvas de reoxigenação da massa líquida em diversas situações físicas para a determinação dos parâmetros que envolvem o fenômeno da reaeração.

Na pesquisa, desenvolveu-se o funcionamento do tanque que, poderá ser utilizado para futuros trabalhos de pesquisa. Seu mecanismo de funcionamento, considerado simples, possibilitará avanços nos estudos de quantificação e qualificação da turbulência superficial, fator que aumenta o contato da área superficial na interface ar-água, acelerando a reoxigenação em corpos d'água.

Os resultados apresentados neste capítulo mostram que o desenvolvimento do tanque foi adequado para a finalidade que foi projetado. Apesar dos resultados não poderem ser comparados a outros trabalhos, numa análise individual entre eles, pode-se concluir que se apresentam satisfatórios e que podem ser utilizados em trabalhos posteriores a este.

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

6.1 Conclusões

6.1.1 Avaliação do Tanque

Foram feitos diversos ensaios com o intuito de se obter a calibração do tanque, relacionando o coeficiente de reaeração K_2 com a oscilação e o tipo da grade, condição estável da temperatura da água e do ar. Os ensaios foram realizados com 5 (cinco) valores de oscilação para a grade de 256 malhas/m² e 4 (quatro) valores de oscilação para a grade de 1024 malhas/m², denominadas grade média e grade fina respectivamente.

Estes ensaios se prestaram para se avaliar o funcionamento do tanque durante os longos períodos requeridos para os ensaios de reoxigenação com a demonstração de estabilidade e equilíbrio do sistema e a comprovação da confiabilidade do processo ensaiado.

Visualmente, pôde-se observar que a turbulência gerada na superfície da água foi adequada para o sucesso dos ensaios e vislumbra-se a realização de estudos que envolvam temas relacionados com mecanismos e medidas de turbulência.

A avaliação do tanque tem aplicação importante, pois oferece condições adequadas de geração de turbulência para trabalhos posteriores a este e que possam ser desenvolvidos com os requisitos de segurança e confiabilidade dos resultados.

O material utilizado na construção do tanque (acrílico) possibilitou a visualização do escoamento em seu interior, possibilitando assim, medidas em seu interior com a utilização de laser, métodos fotográficos, métodos ópticos entre outros.

Pôde-se observar que o mecanismo construído para movimentação do conjunto de sistema (sistema biela-manivela, polias, correias, eixo, sistema de redução, motor elétrico) apresentou regularidade em seu funcionamento e solicitou pouca potência do motor nas

rotações ensaiadas. Prova disto, foi a utilização de um motor elétrico de 1 ½ cv para fornecimento de energia para a movimentação do sistema.

Outro fator importante que merece destaque foi à possibilidade do controle das frequências de oscilações ser feito por um inversor de frequência. O emprego deste equipamento gera confiabilidade e exatidão no controle das rotações impostas a cada ensaio e também, efeito positivo na avaliação de todo conjunto.

A avaliação quanto ao desenvolvimento do tanque de reaeração desta pesquisa possibilitou ajustes de adequação para seu funcionamento, apresentando resultados adequados para os propósitos de sua utilização.

6.1.2 Coeficiente de Reaeração

O tanque apresentado nesta pesquisa, construído para a finalidade de gerar turbulência, possibilitou o conhecimento de um parâmetro muito importante para a qualidade das águas, parâmetro este conhecido como coeficiente de reaeração, K_2 . Utilizado em diversos modelos para previsão da capacidade que um rio tem de restabelecer o nível de OD, o K_2 torna-se parâmetro fundamental para a avaliação dos impactos que lançamentos de despejos possam causar na vida aquática.

Por meio da análise dos resultados, os valores encontrados do coeficiente de reaeração foram compatíveis com os valores encontrados na literatura. Embora esses valores não possam ser comparados aos valores de outros equipamentos, por apresentarem grades e características geométricas do tanque diferentes das encontradas na literatura, os valores levantados possibilitam aplicações diretas para que futuros trabalhos venham a ser desenvolvidos no equipamento sem a necessidade de novos ensaios.

A calibração do tanque possibilita que os valores de K_2 sejam conhecidos e aplicados em trabalhos que envolvam correlações com o fenômeno de reoxigenação de corpos d'água

na interface ar-água. Através do gráfico 8 ($K_{2,25}$ vs frequência de oscilação), os valores de K_2 são facilmente encontrados, bastando para isso, entrar com a frequência de oscilação da grade a ser utilizada nos experimentos. O valor do coeficiente é diretamente determinado, podendo ser correlacionado a técnicas de medições da turbulência.

Os ensaios realizados nesta pesquisa apresentaram boa reprodutibilidade dos dados levantados; entretanto, a composição química da água não foi monitorada por motivos operacionais. Para fixar a composição química da água, aconselha-se a utilização de água destilada ao invés de água de abastecimento público.

6.1.3 Resíduos

Os resíduos (diferença entre os valores observados e de modelo matemático) apresentam certa tendenciosidade em torno de zero. Isto se deve ao fato do medidor de OD (oxímetro) possuir pouca precisão (duas casas decimais) para a coleta dos dados. O oxímetro “arredonda” a segunda casa decimal, tornando a diferença das medidas das concentrações de OD observadas nos ensaios constantes entre si, apenas alterando esta diferença depois de passado determinado tempo, mas mantendo novamente essa constante entre os novos valores.

A curva exponencial modelada intercepta a curva experimental em determinados pontos gerando resíduos não aleatórios, ora positivos, ora negativos em torno de zero. Este efeito causa a impressão de que os gráficos dos resíduos foram gerados por uma função (p. ex.: senóide) e não pela diferença entre os pontos observados e modelados que, deveriam gerar resíduos aleatórios em torno de zero.

6.2 Recomendações

Como recomendação para futuros trabalhos, propõe-se investigar através de técnicas apropriadas de medições, se a turbulência gerada no tanque serve para aplicações em modelos

que correlacionem o coeficiente de reaeração com o nível de agitação medida na superfície do tanque.

Também se recomenda repetir alguns ensaios de reoxigenação com aparelhagem mais precisa principalmente o medidor de OD, para se verificar a aleatoriedade dos resíduos gerados.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADENEY, W. E.; BECKER, H. G. (1919) **The Determination of the Rate of Solution of Atmospheric Nitrogen and Oxygen by Water. Part I.** Philosophical Magazine S.6, v. 38, n° 225, p. 317-337.
- ATKINSON, J. F.; WOLCOTT, S. B. (1990) **Interfacial Mixing Driven by Mean Shear and Oscillating Grid.** Journal of Hydraulic Engineering, v. 116, n° 3, p. 397-413.
- BARBOSA Jr., A. R. (1988) **Desenvolvimento de metodologia para a determinação do coeficiente de reaeração dos escoamentos naturais da água com o emprego de traçador gasoso.** Dissertação de Mestrado apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos: EESC – USP. 187p.
- BARRY, M. E.; IVEY, G. N.; WINTERS, K. B.; IMBERGER, J. (2001) **Measurements of diapycnal diffusivities in stratified fluids.** Journal of Fluid Mechanics, v. 442, p. 267-291.
- BENNETT, J. P.; RATHBUN, R. E. (1972) **Reaeration in open-channel flow.** Washington U.S. Government Printing Office. (Geological survey professional paper, n° 737), p.75.
- BIRD, R. B. et al (1960) **Transport Phenomena.** Singapore, Willey Internationa, 780p.
- BOUVARD, M.; DUMAS, H. (1967) **Application de La methode de fil chaud a La mesure de La turbulence dans l'eau.** La Houille Blanche, n° 3, p. 257-270.
- BOYLE, W.C.; BERTHOUEX, A.M.; ROONEY, T.C. (1974) **Pitfall in parameter estimation for oxygen transfer data.** Journal of the Environmental Engineering Division, v. 100, n° 02, p. 391-408.
- BROWN, L.C.; BAILLOD, C.R. (1982) **Modeling and interpreting oxygen transfer data.** Journal of the Environmental Engineering Division, v. 108, n° 04, p. 607-628.
- BRUMLEY, B. H. (1985) **Turbulence Measurements Near the Free Surface in Stirred Grid Experiments.** Cornell University, in Gás Transfer at Water Surfaces, D. Reidel Publishing Company, Holland.
- BRUMLEY, B. H.; JIRKA, G. H. (1987) **near-Surface Turbulence in a Grid-Stirred Tank.** Journal of Fluid Mechanics, v. 183, p. 236-263.
- BRUNK, B. K.; KOCH, D. L.; LION, L. W. (1998) **Observations of coagulation in isotropic turbulence.** Journal of Fluid Mechanics., v. 371, p. 81-107.

- BRUNK, B.; WEBER-SHIRK, M.; JENSEN, A.; JIRKA, G.; LION, L. W. (1996.) **Modeling natural hydrodynamics systems with a differential-turbulence column.** Journal of Hydraulic Engineering, v. 122, n° 7.
- CAMPBELL SCIENTIFIC, INC. (2004a) **CR10**. Disponível em: <http://www.campbellsci.com/cr10> Acesso em: 26 Abril 2007.
- CAMPBELL SCIENTIFIC, INC. **CR10KD**. (2004b) Disponível em: <http://www.campbellsci.com/cr10kd> Acesso em: 26 Abril 2007.
- CARREIRA, M. F. (1995) **Relação entre o coeficiente de absorção de massa KL e parâmetros de turbulência superficial obtidos por método óptico.** Dissertação de mestrado apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos: EESC – USP. 188p.
- CHENG, N. S.; LAW, A. W. K. (2001) **Measurements of Turbulence Generated by Oscillating Grid.** Journal of Hydraulic Engineering, v. 127, n° 3, p. 201-208.
- CORRÊA, L. C. (2006) **Controle do processo da transferência de oxigênio em corpos hídricos.** Dissertação de Mestrado apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos: EESC – USP, 81p.
- COSTA, O. S. (1992) **Análise do Efeito da Umidade Atmosférica sobre o Coeficiente de Reaeração.** Dissertação de Mestrado apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos: EESC – USP. 86p.
- DANCKWERTS, P. V. (1951) **Significance of Liquid-film Coefficients in gas Absorption.** Industrial and Engineering Chemistry, v. 43, n° 6, p. 1460-1467.
- DE SILVA, I. P. D.; FERNANDO, H. J. S. (1992) **Some aspects of mixing in a stratified turbulent patch.** Journal of Fluid Mechanics, v. 240, p. 601-625.
- DE SILVA, I. P. D.; FERNANDO, H. J. S. (1994) **Oscillating grids as a source of nearly isotropic turbulence.** Physics of Fluids, v. 6, n° 7, p. 2455-2464.
- DE SILVA, I. P. D.; FERNANDO, H. J. S. (1998) **Experiments on collapsing turbulent regions in stratified fluids.** Journal of Fluid Mechanics, v. 358, p. 29-60.
- DICKEY, T. D. et al (1984) **A laboratory technique for investigating the relationship between gas transfer and fluid turbulence.** In: BRUTSAERT, W.; JIRKA, G. H., ed. GAS transfer at water surface. Dordrecht, D.Reidel, p. 93-100.
- FISHER, H. B.; LIST, E. J.; KOH, R. C. Y.; et al. (1979) Fickian diffusion. In: Mixing in inland and coastal waters. New York: Academic Press. Chap. 2 p. 30-54.

- FISHER, H. B.; LIST, E. J.; KOH, R. C. Y.; et al. (1979) **Turbulent diffusion**. In: *Mixing in inland and coastal waters*. New York: Academic Press. Chap. 3 p. 55-79.
- FORTESCUE, G. E. & PEARSON, J. R. (1967) **On gas absorption into a turbulent liquid**. Chem. Eng. Sc. Pergamon Press. p.1163-1176.
- GIORGETTI, M. F. & GIANANTI, A. E. (1983) **Avaliação do nível de turbulência em águas correntes e sua correlação com o coeficiente de reaeração superficial**. Trabalho apresentado no 10º Congresso da Associação Brasileira de Engenharia Sanitária.
- GUALTIERI, C.; GUALTIERI, P.; DORIA, G.P.; (2002) **Dimensional Analysis of Reaeration Rate Streams**. Journal of Environmental Engineering, v.128, n°01, p.12-18.
- HIBBS, D. E.; GULLIVER, J. S. (1999) **Dissolution rate coefficients for surface slicks on rivers**. Water Research, v. 133, n° 8, p. 1811-1816.
- HIGBIE, R. (1935) **The Rate of Absorption of Pure Gas into Still Liquid during Short Periods of Exposure**. Trans. Am. Inst. Chem. Eng., v. 31, p. 365.
- HOPFINGER, E. L.; TOLY, J. A. (1976) **Spacially decaying turbulence and its relation to mixing across density interfaces**. J. Fluid Mechanics, v.78, p.155-175.
- JANZEN, J. G. (2006) **Fluxo de massa na interface ar-água em tanques de grades oscilantes e detalhes de escoamentos turbulentos isotrópicos**. Tese de Doutorado apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos: EESC – USP. 170p.
- KIT, E. L. G.; STRANG, E. J.; FERNANDO, H. J. S. (1997) **Measurements of turbulence near shear-free density interfaces**. Journal of Fluids Mechanic, v. 334, p. 293-314.
- KRENKEL, P. A.; ORLOB, G. T. (1962) **Turbulent diffusion and the Reaeration Coefficient**. Journal of the Sanitary Engineering Division, New York, v. 88, part 1, n° 2, p. 53-83.
- LEMAIRE, F. C. & LEMAIER, E. (1975) **Dictionnaire de l'environnement**. Verviers, Marabout
- LEWIS, W. K.; WHITMAN, W. E. (1924) **Principles of gas absorption**. Absorption Symposium. Industrial and Engineering Chemistry, v. 16, n° 12, p. 1215-1220.
- LIEM, L. E.; SMITH, D. W.; STANLEY, S. J. (1999) **Turbulent velocity in flocculation by means of grids**. Journal of environmental Engineering, v. 125, p. 224-233.
- LYN, D. A. (1997) **A PIV study of an oscillating-grid flow**. Experimental and numerical flow visualization and laser anemometry. v. 13, Fluids Engineering Division (Publication), ASME, New York.

- MATSUNAGA, N.; SUGIHARA, Y.; KOMATSU, T. (1991) **A numerical simulation of oscillating-grid turbulence by using the k - ε model**, In: LEE, J. H. W.; CHEUNG, Y. K., eds. Environmental Hydraulics, The Netherlands, A. A. Balkema, v. 1, p. 427-432.
- MAXWELL, W. H. C.; HOLLEY, E. R. (1969) **A Method for Deaerating Water**. Journal of Hydraulics Division, ASCE, v.95 n° 01, p.577-580.
- McDOUGAL, T. J. (1979) **Measurements of turbulence in a zero-mean-shear mixed layer**. Journal of Fluid Mechanics, Cambridge, U.K., v. 94, p. 409-431.
- MELLO, E. D. (1996) **Sistema óptico para avaliação do coeficiente de reaeração superficial em corpos d'água**. Dissertação de Mestrado apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos: EESC – USP. 150p.
- METZGER, I.; DOBBINS, W. E. (1967) **Role of Fluid Properties in Gas Transfer**. Environmental Science and Technology, v. 1, n° 1, p. 57-65.
- MIRANDA, L. M. (2000) **Estudo da deformação superficial gerada pela turbulência na interface ar-água, no domínio da frequência, e sua correlação com o coeficiente de aeração**. Dissertação de Mestrado apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos: EESC – USP, 126p.
- NOKES, R. I. (1988) **On the entrainment rate across a density interface**. Journal of Fluid Mechanics, v. 188, p. 185-204.
- OLIVEIRA, F. C. (1996) **Estudo da influência da umidade atmosférica sobre o coeficiente de reaeração superficial**. Dissertação de Mestrado apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos: EESC – USP. 156p.
- ORLINS, J. J.; GULLIVER, J. S. (2000) **Measurements of Free Turbulence**. In Fourth International Symposium on Gas Transfer at Water Surfaces, Miami Beach, Florida. p. 1-7.
- ORLINS, J. J.; GULLIVER, J. S. (2003) **Turbulence quantification and sediment resuspension in an oscillating grid chamber**. Journal of Experiments in Fluids, v. 34, n° 6, p. 662-677.
- PEREIRA, C. E. (2002) **Estudo de parâmetros turbulentos e sua relação com o coeficiente de reaeração com o uso da técnica fotográfica**. Dissertação de Mestrado apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos: EESC – USP. 192p.
- PEREIRA, C. E. (2006) **Determinação das células de convecção induzidas em tanques agitados por grades oscilantes**. Tese de Doutorado apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos: EESC – USP. 250p.

- RAINWATER, K. A.; HOLLEY, E. R. (1983) **Laboratory studies on the hydrocarbon gas tracer technique for reaeration measurements.** Center for Research in Water Resources, Bureau of Engineering Research – University of Texas at Austin, p. 114.
- RATHBUN, R. E. et al (1978) **Preliminary Experiments with a Modified Tracers Technique for Measuring Stream Reaeration Coefficients – U.S. Geological Survey.** Open-File Report, v. 256, n° 75, Bay St. Louis, Mississippi, p. 36.
- ROMA, W. N (1995) **Surface Deformation Measurement with Optical Sensor and Correlation with Reaeration Coefficient.** In Third International Symposium On Air-Water Gas Transfer, Heidelberg University, Germany. p. 571-576.
- ROMA, W. N. L. (1988) **Medidas dos parâmetros de turbulência superficial e sua interrelação com o coeficiente de reaeração.** Tese de Livre Docência apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos: EESC – USP. 74p.
- ROUSE, H.; DODU, I. (1955) **Diffusion turbulent a travers une discontinuite de densite.** La Houille Blanche, 10: p.522-581.
- SCHULZ, H. E. (1985) **Investigação do mecanismo de reoxigenação da água em escoamento e sua correlação com o nível de turbulência junto à superfície – I.** Dissertação de Mestrado apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos: EESC – USP.
- SCHULZ, H. E. (1990) **Investigação do mecanismo de reoxigenação da água em escoamento e sua correlação com o nível de turbulência junto à superfície – II.** Tese de Doutorado apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos: EESC – USP.
- SCHULZ, H. E.; GIORGETTI, M. F. (1986) **Um modelo de transferência de oxigênio na interface ar-água a partir da teoria estatística de turbulência.** In: Congresso Latino-americano de Transferência de Calor e Matéria. São Paulo. p. 436-451.
- SEINFELD, J. H.; PANDIS, S. N. (1998) **Atmospheric chemistry and physics: from air pollution to climate change.** New York, Wiley. 1326p.
- SHY, S. S.; TANG, C. Y.; FANN, S. Y. (1997) **A nearly isotropic turbulence generated by a pair of vibrating grids.** Experimental Thermal and Fluid Science, v. 14, p. 251-262.
- SILVEIRA, A. (2004) **Influência da umidade atmosférica sobre o mecanismo de transferência de gases através da interface água-atmosfera.** Tese de Doutorado apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos: EESC – USP. 136p.
- SILVEIRA, P. E. (1997) **Desenvolvimento de instrumentação para a medida de deformações na superfície de um líquido.** Dissertação de Mestrado apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos: EESC – USP. 88p.

- SOUZA, L. B. S. (2002) **Estudo da estrutura turbulenta em escoamentos gerados por grades oscilantes**. Dissertação de Mestrado apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos: EESC – USP. 102p.
- SRDIC, A.; FERNANDO, H. J. S.; MONTENEGRO, L. (1996) **Generation of nearly isotropic turbulence using two oscillating grids**. Experiments in Fluids, v. 20, p. 395-397.
- SZÉLIGA, M. R. (2003) **Sistema óptico baseado em visão computacional para obtenção de níveis de turbulência na superfície de escoamentos livres com aplicação na determinação de parâmetros relacionados com a reoxigenação do meio líquido**. Tese de Doutorado apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos: EESC – USP. 240p.
- SZÉLIGA, M. R.; ROMA, W. N. L. (2003) **Sistema de visão computacional para medição de turbulência e correlação com a reaeração de corpos d'água receptores**. Artigo técnico publicado na revista da ABES (Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental). Vol. 9 – N° 1 – jan/mar 2004, p.30-44.
- THOMPSON, J. S.; TURNER, J. S. (1975) **Mixing across an interface due to turbulence generated by oscillating grid**. J. of Fluid Mechanics. v.67: p.349-368.
- TOOR, H. L.; MARCHELLO, J. M. (1958) **Film-penetration model for mass and heat transfer**. A.I.C.H.E. Journal, v. 4, n° 1, p. 97-101.
- TSIVOGLIOU, E. C. et al (1968) **Tracer Measurement of Stream Reaeration II Field Studies**. Journal of Federation, v. 40, n° 2, p. 285-305.
- TURNER, J. S. (1968) **The influence of molecular diffusivity on turbulent entrainment across a density interface**. Journal of Fluid Mechanics, n° 23, p. 639.
- VOROPAYEV, S. I.; FERNANDO, H. J. S. (1996) **Propagation of grid turbulence in homogeneous fluids**. Physics of Fluids, v. 8, n° 9.
- WHITMAN, W. E. (1923) **The two-film theory of gas absorption**. Chemical and Metallurgical Engineering, v. 29, n° 4, p. 146-148.

8 APÊNDICE A – Gráficos das curvas de reoxigenação e resíduos em função do tempo

Gráfico 7: Curva de reoxigenação em função do tempo
Frequência = 100 ciclos/min; Grade com 1024 malhas/m² (egf100_1)

Gráfico 8: Resíduos em função do tempo

Gráfico 9: Curva de reoxigenação em função do tempo
Frequência = 100 ciclos/min; Grade com 1024 malhas/m² (egf100_2)

Gráfico 10: Resíduos em função do tempo

Gráfico 11: Curva de reoxigenação em função do tempo
Frequência = 100 ciclos/min; Grade com 1024 malhas/m² (egf100_3)

Gráfico 12: Resíduos em função do tempo

Gráfico 13: Curva de reoxigenação em função do tempo
Frequência = 121 ciclos/min; Grade com 1024 malhas/m² (egf121_1)

Gráfico 14: Resíduos em função do tempo

Gráfico 15: Curva de reoxigenação em função do tempo
Frequência = 121 ciclos/min; Grade com 1024 malhas/m² (egf121_2)

Gráfico 16: Resíduos em função do tempo

Gráfico 17: Curva de reoxigenação em função do tempo
Frequência = 121 ciclos/min; Grade com 1024 malhas/m² (egf121_3)

Gráfico 18: Resíduos em função do tempo

Gráfico 19: Curva de reoxigenação em função do tempo
Frequência = 138 ciclos/min; Grade com 1024 malhas/m² (egf138_1)

Gráfico 20: Resíduos em função do tempo

Gráfico 21: Curva de reoxigenação em função do tempo
Frequência = 138 ciclos/min; Grade com 1024 malhas/m² (egf138_2)

Gráfico 22: Resíduos em função do tempo

Gráfico 23: Curva de reoxigenação em função do tempo
Frequência = 138 ciclos/min; Grade com 1024 malhas/m² (egf138_3)

Gráfico 24: Resíduos em função do tempo

Gráfico 25: Curva de reoxigenação em função do tempo
Frequência = 161 ciclos/min; Grade com 1024 malhas/m² (egf61_1)

Gráfico 26: Resíduos em função do tempo

Gráfico 27: Curva de reoxigenação em função do tempo
Frequência = 161 ciclos/min; Grade com 1024 malhas/m² (egf161_2)

Gráfico 28: Resíduos em função do tempo

Gráfico 29: Curva de reoxigenação em função do tempo
Frequência = 161 ciclos/min; Grade com 1024 malhas/m² (egf161_3)

Gráfico 30: Resíduos em função do tempo

Gráfico 31: Curva de reoxigenação em função do tempo
Frequência = 167 ciclos/min; Grade com 256 malhas/m² (egm167_1)

Gráfico 32: Resíduos em função do tempo

Gráfico 33: Curva de reoxigenação em função do tempo
Frequência = 167 ciclos/min; Grade com 256 malhas/m² (egm167_2)

Gráfico 34: Resíduos em função do tempo

Gráfico 35: Curva de reoxigenação em função do tempo
Frequência = 167 ciclos/min; Grade com 256 malhas/m² (egm167_3)

Gráfico 36: Resíduos em função do tempo

Gráfico 37: Curva de reoxigenação em função do tempo
Frequência = 181 ciclos/min; Grade com 256 malhas/m² (egm181_1)

Gráfico 38: Resíduos em função do tempo

Gráfico 39: Curva de reoxigenação em função do tempo
Frequência = 181 ciclos/min; Grade com 256 malhas/m² (egm181_2)

Gráfico 40: Resíduos em função do tempo

Gráfico 41: Curva de reoxigenação em função do tempo
Frequência = 181 ciclos/min; Grade com 256 malhas/m² (egm181_3)

Gráfico 42: Resíduos em função do tempo

Gráfico 43: Curva de reoxigenação em função do tempo
Frequência = 189 ciclos/min; Grade com 256 malhas/m² (egm189_1)

Gráfico 44: Resíduos em função do tempo

Gráfico 45: Curva de reoxigenação em função do tempo
Frequência = 189 ciclos/min; Grade com 256 malhas/m² (egm189_2)

Gráfico 46: Resíduos em função do tempo

Gráfico 47: Curva de reoxigenação em função do tempo
Frequência = 189 ciclos/min; Grade com 256 malhas/m² (egm189_3)

Gráfico 48: Resíduos em função do tempo

Gráfico 49: Curva de reoxigenação em função do tempo
Frequência = 198 ciclos/min; Grade com 256 malhas/m² (egm198_1)

Gráfico 50: Resíduos em função do tempo

Gráfico 51: Curva de reoxigenação em função do tempo
Frequência = 198 ciclos/min; Grade com 256 malhas/m² (egm198_2)

Gráfico 52: Resíduos em função do tempo

Gráfico 53: Curva de reoxigenação em função do tempo
Frequência = 198 ciclos/min; Grade com 256 malhas/m² (egm198_3)

Gráfico 54: Resíduos em função do tempo

Gráfico 55: Curva de reoxigenação em função do tempo
Frequência = 210 ciclos/min; Grade com 256 malhas/m² (egm210_1)

Gráfico 56: Resíduos em função do tempo

Gráfico 57: Curva de reoxigenação em função do tempo
Frequência = 210 ciclos/min; Grade com 256 malhas/m² (egm210_2)

Gráfico 58: Resíduos em função do tempo

Gráfico 59: Curva de reoxigenação em função do tempo
Frequência = 210 ciclos/min; Grade com 256 malhas/m² (egm210_3)

Gráfico 60: Resíduos em função do tempo

9 APÊNDICE B – Dados experimentais de oxigênio dissolvido

C = Cs - (Cs - Ci) * exp(-K2 * t)			Média		Temp. água = 24,58 °C		
Soma mmq = 0,0184					Temp. bs = 24,78 °C		
Ci = 1,54 mg/L					Temp. bu = 21,08 °C		
Cs = 6,67 mg/L					u.r. = 72,85 %		
K2 = 0,0010 min ⁻¹					0,0581 h ⁻¹		
K2,25 = 0,0587 h ⁻¹							
Tempo minutos	Duração	Hora h:mm:ss	OD obs. mg/L	OD mod. mg/L	mmq	Resíduos	
0	00:00:00	12:00:00	1,54	1,5400	0,0000	0,0000	
10	00:10:00	12:10:00	1,60	1,5895	0,0001	0,0105	
20	00:20:00	12:20:00	1,64	1,6385	0,0000	0,0015	
30	00:30:00	12:30:00	1,69	1,6870	0,0000	0,0030	
40	00:40:00	12:40:00	1,74	1,7350	0,0000	0,0050	
50	00:50:00	12:50:00	1,79	1,7826	0,0001	0,0074	
60	01:00:00	13:00:00	1,84	1,8298	0,0001	0,0102	
70	01:10:00	13:10:00	1,88	1,8765	0,0000	0,0035	
80	01:20:00	13:20:00	1,93	1,9227	0,0001	0,0073	
90	01:30:00	13:30:00	1,98	1,9685	0,0001	0,0115	
100	01:40:00	13:40:00	2,02	2,0138	0,0000	0,0062	
110	01:50:00	13:50:00	2,06	2,0587	0,0000	0,0013	
120	02:00:00	14:00:00	2,11	2,1032	0,0000	0,0068	
130	02:10:00	14:10:00	2,16	2,1472	0,0002	0,0128	
140	02:20:00	14:20:00	2,20	2,1908	0,0001	0,0092	
150	02:30:00	14:30:00	2,24	2,2340	0,0000	0,0060	
160	02:40:00	14:40:00	2,29	2,2768	0,0002	0,0132	
170	02:50:00	14:50:00	2,35	2,3192	0,0009	0,0308	
180	03:00:00	15:00:00	2,39	2,3611	0,0008	0,0289	
190	03:10:00	15:10:00	2,44	2,4027	0,0014	0,0373	
200	03:20:00	15:20:00	2,49	2,4439	0,0021	0,0461	
210	03:30:00	15:30:00	2,53	2,4846	0,0021	0,0454	
220	03:40:00	15:40:00	2,56	2,5250	0,0012	0,0350	
230	03:50:00	15:50:00	2,59	2,5650	0,0006	0,0250	
240	04:00:00	16:00:00	2,62	2,6045	0,0002	0,0155	
250	04:10:00	16:10:00	2,65	2,6438	0,0000	0,0062	
260	04:20:00	16:20:00	2,69	2,6826	0,0001	0,0074	
270	04:30:00	16:30:00	2,72	2,7210	0,0000	-0,0010	
280	04:40:00	16:40:00	2,75	2,7591	0,0001	-0,0091	
290	04:50:00	16:50:00	2,78	2,7968	0,0003	-0,0168	
300	05:00:00	17:00:00	2,82	2,8342	0,0002	-0,0142	
310	05:10:00	17:10:00	2,86	2,8712	0,0001	-0,0112	
320	05:20:00	17:20:00	2,89	2,9078	0,0003	-0,0178	
330	05:30:00	17:30:00	2,92	2,9441	0,0006	-0,0241	
340	05:40:00	17:40:00	2,97	2,9800	0,0001	-0,0100	
350	05:50:00	17:50:00	3,01	3,0156	0,0000	-0,0056	
360	06:00:00	18:00:00	3,04	3,0509	0,0001	-0,0109	
370	06:10:00	18:10:00	3,08	3,0858	0,0000	-0,0058	
380	06:20:00	18:20:00	3,12	3,1203	0,0000	-0,0003	
390	06:30:00	18:30:00	3,14	3,1546	0,0002	-0,0146	
400	06:40:00	18:40:00	3,17	3,1885	0,0003	-0,0185	
410	06:50:00	18:50:00	3,20	3,2220	0,0005	-0,0220	
420	07:00:00	19:00:00	3,23	3,2553	0,0006	-0,0253	
430	07:10:00	19:10:00	3,27	3,2882	0,0003	-0,0182	
440	07:20:00	19:20:00	3,31	3,3208	0,0001	-0,0108	
450	07:30:00	19:30:00	3,34	3,3531	0,0002	-0,0131	
460	07:40:00	19:40:00	3,37	3,3851	0,0002	-0,0151	
470	07:50:00	19:50:00	3,41	3,4168	0,0000	-0,0068	
480	08:00:00	20:00:00	3,44	3,4482	0,0001	-0,0082	
490	08:10:00	20:10:00	3,47	3,4793	0,0001	-0,0093	
500	08:20:00	20:20:00	3,50	3,5100	0,0001	-0,0100	
510	08:30:00	20:30:00	3,53	3,5405	0,0001	-0,0105	
520	08:40:00	20:40:00	3,56	3,5707	0,0001	-0,0107	
530	08:50:00	20:50:00	3,60	3,6006	0,0000	-0,0006	
540	09:00:00	21:00:00	3,63	3,6302	0,0000	-0,0002	
550	09:10:00	21:10:00	3,64	3,6595	0,0004	-0,0195	
560	09:20:00	21:20:00	3,67	3,6885	0,0003	-0,0185	
570	09:30:00	21:30:00	3,71	3,7173	0,0001	-0,0073	
580	09:40:00	21:40:00	3,73	3,7458	0,0002	-0,0158	
590	09:50:00	21:50:00	3,77	3,7740	0,0000	-0,0040	
600	10:00:00	22:00:00	3,81	3,8019	0,0001	0,0081	
610	10:10:00	22:10:00	3,84	3,8296	0,0001	0,0104	
620	10:20:00	22:20:00	3,87	3,8569	0,0002	0,0131	
630	10:30:00	22:30:00	3,89	3,8841	0,0000	0,0059	
640	10:40:00	22:40:00	3,91	3,9109	0,0000	-0,0009	
650	10:50:00	22:50:00	3,95	3,9376	0,0002	0,0124	
660	11:00:00	23:00:00	3,98	3,9639	0,0003	0,0161	
670	11:10:00	23:10:00	4,01	3,9900	0,0004	0,0200	
680	11:20:00	23:20:00	4,03	4,0159	0,0002	0,0141	
690	11:30:00	23:30:00	4,05	4,0415	0,0001	0,0085	
700	11:40:00	23:40:00	4,08	4,0668	0,0002	0,0132	
710	11:50:00	23:50:00	4,10	4,0919	0,0001	0,0081	
720	12:00:00	00:00:00	4,12	4,1168	0,0000	0,0032	
730	12:10:00	00:10:00	4,15	4,1414	0,0001	0,0086	
740	12:20:00	00:20:00	4,17	4,1658	0,0000	0,0042	
750	12:30:00	00:30:00	4,19	4,1899	0,0000	0,0001	

Quadro 3: Dados referentes aos gráficos 09 e 10 (egf100_1)

C = Cs - (Cs - Ci) * exp(-K2 * t)			<div>Temp. água = 23,33 °C</div> <div>Temp. bs = 23,88 °C</div> <div>Temp. bu = 19,85 °C</div> <div>u.r. = 69,70 %</div>			
Soma mmq = 0,0204						
Ci = 1,88	mg/L					
Cs = 6,39	mg/L					
K2 = 0,0011	min^-1	0,0632	h^-1			
K2,25 = 0,0658	h^-1					
Tempo minutos	Duração	Hora h:mm:ss	OD obs. mg/L	OD mod. mg/L	mmq	Resíduos
0	00:00:00	09:35:00	1,88	1,8800	0,0000	0,0000
10	00:10:00	09:45:00	1,94	1,9272	0,0002	0,0128
20	00:20:00	09:55:00	2,01	1,9740	0,0013	0,0360
30	00:30:00	10:05:00	2,06	2,0203	0,0016	0,0397
40	00:40:00	10:15:00	2,10	2,0660	0,0012	0,0340
50	00:50:00	10:25:00	2,15	2,1113	0,0015	0,0387
60	01:00:00	10:35:00	2,20	2,1561	0,0019	0,0439
70	01:10:00	10:45:00	2,24	2,2005	0,0016	0,0395
80	01:20:00	10:55:00	2,28	2,2444	0,0013	0,0356
90	01:30:00	11:05:00	2,32	2,2878	0,0010	0,0322
100	01:40:00	11:15:00	2,36	2,3308	0,0009	0,0292
110	01:50:00	11:25:00	2,40	2,3733	0,0007	0,0267
120	02:00:00	11:35:00	2,45	2,4154	0,0012	0,0346
130	02:10:00	11:45:00	2,48	2,4570	0,0005	0,0230
140	02:20:00	11:55:00	2,51	2,4982	0,0001	0,0118
150	02:30:00	12:05:00	2,55	2,5390	0,0001	0,0110
160	02:40:00	12:15:00	2,59	2,5793	0,0001	0,0107
170	02:50:00	12:25:00	2,62	2,6192	0,0000	0,0008
180	03:00:00	12:35:00	2,66	2,6587	0,0000	0,0013
190	03:10:00	12:45:00	2,70	2,6978	0,0000	0,0022
200	03:20:00	12:55:00	2,74	2,7365	0,0000	0,0035
210	03:30:00	13:05:00	2,77	2,7747	0,0000	-0,0047
220	03:40:00	13:15:00	2,81	2,8126	0,0000	-0,0026
230	03:50:00	13:25:00	2,84	2,8501	0,0001	-0,0101
240	04:00:00	13:35:00	2,87	2,8872	0,0003	-0,0172
250	04:10:00	13:45:00	2,91	2,9239	0,0002	-0,0139
260	04:20:00	13:55:00	2,94	2,9602	0,0004	-0,0202
270	04:30:00	14:05:00	2,98	2,9961	0,0003	-0,0161
280	04:40:00	14:15:00	3,02	3,0316	0,0001	-0,0116
290	04:50:00	14:25:00	3,06	3,0668	0,0000	-0,0068
300	05:00:00	14:35:00	3,10	3,1016	0,0000	-0,0016
310	05:10:00	14:45:00	3,13	3,1360	0,0000	-0,0060
320	05:20:00	14:55:00	3,17	3,1701	0,0000	-0,0001
330	05:30:00	15:05:00	3,20	3,2038	0,0000	-0,0038
340	05:40:00	15:15:00	3,24	3,2372	0,0000	0,0028
350	05:50:00	15:25:00	3,27	3,2702	0,0000	-0,0002
360	06:00:00	15:35:00	3,30	3,3029	0,0000	-0,0029
370	06:10:00	15:45:00	3,33	3,3352	0,0000	-0,0052
380	06:20:00	15:55:00	3,36	3,3672	0,0001	-0,0072
390	06:30:00	16:05:00	3,39	3,3989	0,0001	-0,0089
400	06:40:00	16:15:00	3,43	3,4302	0,0000	-0,0002
410	06:50:00	16:25:00	3,46	3,4612	0,0000	-0,0012
420	07:00:00	16:35:00	3,49	3,4919	0,0000	-0,0019
430	07:10:00	16:45:00	3,52	3,5222	0,0000	-0,0022
440	07:20:00	16:55:00	3,55	3,5523	0,0000	-0,0023
450	07:30:00	17:05:00	3,58	3,5820	0,0000	-0,0020
460	07:40:00	17:15:00	3,61	3,6114	0,0000	-0,0014
470	07:50:00	17:25:00	3,64	3,6405	0,0000	-0,0005
480	08:00:00	17:35:00	3,67	3,6693	0,0000	0,0007
490	08:10:00	17:45:00	3,70	3,6978	0,0000	0,0022
500	08:20:00	17:55:00	3,73	3,7259	0,0000	0,0041
510	08:30:00	18:05:00	3,75	3,7538	0,0000	-0,0038
520	08:40:00	18:15:00	3,78	3,7814	0,0000	-0,0014
530	08:50:00	18:25:00	3,80	3,8088	0,0001	-0,0088
540	09:00:00	18:35:00	3,83	3,8358	0,0000	-0,0058
550	09:10:00	18:45:00	3,85	3,8625	0,0002	-0,0125
560	09:20:00	18:55:00	3,87	3,8890	0,0004	-0,0190
570	09:30:00	19:05:00	3,89	3,9152	0,0006	-0,0252
580	09:40:00	19:15:00	3,92	3,9411	0,0004	-0,0211
590	09:50:00	19:25:00	3,95	3,9667	0,0003	-0,0167
600	10:00:00	19:35:00	3,98	3,9921	0,0001	-0,0121
610	10:10:00	19:45:00	4,01	4,0172	0,0001	-0,0072
620	10:20:00	19:55:00	4,04	4,0420	0,0000	-0,0020
630	10:30:00	20:05:00	4,07	4,0666	0,0000	0,0034
640	10:40:00	20:15:00	4,09	4,0910	0,0000	-0,0010
650	10:50:00	20:25:00	4,12	4,1150	0,0000	0,0050
660	11:00:00	20:35:00	4,15	4,1388	0,0001	0,0112
670	11:10:00	20:45:00	4,17	4,1624	0,0001	0,0076
680	11:20:00	20:55:00	4,2	4,1857	0,0002	0,0143
690	11:30:00	21:05:00	4,22	4,2088	0,0001	0,0112
700	11:40:00	21:15:00	4,24	4,2316	0,0001	0,0084
710	11:50:00	21:25:00	4,27	4,2542	0,0002	0,0158
720	12:00:00	21:35:00	4,29	4,2766	0,0002	0,0134
730	12:10:00	21:45:00	4,31	4,2987	0,0001	0,0113
740	12:20:00	21:55:00	4,33	4,3206	0,0001	0,0094
750	12:30:00	22:05:00	4,35	4,3423	0,0001	0,0077

Quadro 4: Dados referentes aos gráficos 11 e 12 (cgf100_2)

C = Cs - (Cs - Ci) * exp(-K2 * t)			Média		Temp. água = 24,03 °C	
Soma mmq = 0,0126		Temp. bs = 24,90 °C				
Ci = 1,46	mg/L	Temp. bu = 20,78 °C				
Cs = 6,11	mg/L	u.r. = 69,08 %				
K2 = 0,0011	min^-1					
K2,25 = 0,0700	h^-1	0,0684	h^-1			
Tempo minutos	Duração	Hora h:mm:ss	OD obs. mg/L	OD mod. mg/L	mmq	Resíduos
0	00:00:00	08:10:00	1,46	1,4600	0,0000	0,0000
10	00:10:00	08:20:00	1,51	1,5127	0,0000	-0,0027
20	00:20:00	08:30:00	1,55	1,5648	0,0002	-0,0148
30	00:30:00	08:40:00	1,6	1,6163	0,0003	-0,0163
40	00:40:00	08:50:00	1,66	1,6673	0,0001	-0,0073
50	00:50:00	09:00:00	1,71	1,7176	0,0001	-0,0076
60	01:00:00	09:10:00	1,75	1,7674	0,0003	-0,0174
70	01:10:00	09:20:00	1,79	1,8166	0,0007	-0,0266
80	01:20:00	09:30:00	1,82	1,8653	0,0021	-0,0453
90	01:30:00	09:40:00	1,88	1,9134	0,0011	-0,0334
100	01:40:00	09:50:00	1,94	1,9610	0,0004	-0,0210
110	01:50:00	10:00:00	2,00	2,0080	0,0001	-0,0080
120	02:00:00	10:10:00	2,06	2,0545	0,0000	0,0055
130	02:10:00	10:20:00	2,11	2,1005	0,0001	0,0095
140	02:20:00	10:30:00	2,15	2,1459	0,0000	0,0041
150	02:30:00	10:40:00	2,20	2,1909	0,0001	0,0091
160	02:40:00	10:50:00	2,25	2,2353	0,0002	0,0147
170	02:50:00	11:00:00	2,30	2,2792	0,0004	0,0208
180	03:00:00	11:10:00	2,34	2,3226	0,0003	0,0174
190	03:10:00	11:20:00	2,38	2,3656	0,0002	0,0144
200	03:20:00	11:30:00	2,42	2,4080	0,0001	0,0120
210	03:30:00	11:40:00	2,45	2,4500	0,0000	0,0000
220	03:40:00	11:50:00	2,49	2,4914	0,0000	-0,0014
230	03:50:00	12:00:00	2,54	2,5325	0,0001	0,0075
240	04:00:00	12:10:00	2,58	2,5730	0,0000	0,0070
250	04:10:00	12:20:00	2,61	2,6131	0,0000	-0,0031
260	04:20:00	12:30:00	2,65	2,6527	0,0000	-0,0027
270	04:30:00	12:40:00	2,69	2,6919	0,0000	-0,0019
280	04:40:00	12:50:00	2,72	2,7307	0,0001	-0,0107
290	04:50:00	13:00:00	2,76	2,7690	0,0001	-0,0090
300	05:00:00	13:10:00	2,79	2,8068	0,0003	-0,0168
310	05:10:00	13:20:00	2,83	2,8443	0,0002	-0,0143
320	05:20:00	13:30:00	2,87	2,8813	0,0001	-0,0113
330	05:30:00	13:40:00	2,91	2,9179	0,0001	-0,0079
340	05:40:00	13:50:00	2,95	2,9540	0,0000	-0,0040
350	05:50:00	14:00:00	2,98	2,9898	0,0001	-0,0098
360	06:00:00	14:10:00	3,02	3,0252	0,0000	-0,0052
370	06:10:00	14:20:00	3,05	3,0601	0,0001	-0,0101
380	06:20:00	14:30:00	3,09	3,0947	0,0000	-0,0047
390	06:30:00	14:40:00	3,12	3,1289	0,0001	-0,0089
400	06:40:00	14:50:00	3,15	3,1627	0,0002	-0,0127
410	06:50:00	15:00:00	3,19	3,1961	0,0000	-0,0061
420	07:00:00	15:10:00	3,23	3,2291	0,0000	0,0009
430	07:10:00	15:20:00	3,27	3,2617	0,0001	0,0083
440	07:20:00	15:30:00	3,32	3,2940	0,0007	0,0260
450	07:30:00	15:40:00	3,35	3,3259	0,0006	0,0241
460	07:40:00	15:50:00	3,38	3,3575	0,0005	0,0225
470	07:50:00	16:00:00	3,41	3,3887	0,0005	0,0213
480	08:00:00	16:10:00	3,43	3,4195	0,0001	0,0105
490	08:10:00	16:20:00	3,46	3,4500	0,0001	0,0100
500	08:20:00	16:30:00	3,49	3,4802	0,0001	0,0098
510	08:30:00	16:40:00	3,51	3,5100	0,0000	0,0000
520	08:40:00	16:50:00	3,54	3,5394	0,0000	0,0006
530	08:50:00	17:00:00	3,57	3,5686	0,0000	0,0014
540	09:00:00	17:10:00	3,60	3,5974	0,0000	0,0026
550	09:10:00	17:20:00	3,63	3,6258	0,0000	0,0042
560	09:20:00	17:30:00	3,65	3,6540	0,0000	-0,0040
570	09:30:00	17:40:00	3,69	3,6818	0,0001	0,0082
580	09:40:00	17:50:00	3,72	3,7093	0,0001	0,0107
590	09:50:00	18:00:00	3,75	3,7366	0,0002	0,0134
600	10:00:00	18:10:00	3,78	3,7635	0,0003	0,0165
610	10:10:00	18:20:00	3,80	3,7900	0,0001	0,0100
620	10:20:00	18:30:00	3,82	3,8163	0,0000	0,0037
630	10:30:00	18:40:00	3,84	3,8423	0,0000	-0,0023
640	10:40:00	18:50:00	3,86	3,8680	0,0001	-0,0080
650	10:50:00	19:00:00	3,88	3,8934	0,0002	-0,0134
660	11:00:00	19:10:00	3,91	3,9185	0,0001	-0,0085
670	11:10:00	19:20:00	3,93	3,9434	0,0002	-0,0134
680	11:20:00	19:30:00	3,96	3,9679	0,0001	-0,0079
690	11:30:00	19:40:00	3,98	3,9922	0,0001	-0,0122
700	11:40:00	19:50:00	4,01	4,0162	0,0000	-0,0062
710	11:50:00	20:00:00	4,03	4,0399	0,0001	-0,0099
720	12:00:00	20:10:00	4,06	4,0634	0,0000	-0,0034
730	12:10:00	20:20:00	4,08	4,0866	0,0000	-0,0066
740	12:20:00	20:30:00	4,11	4,1095	0,0000	0,0005
750	12:30:00	20:40:00	4,13	4,1322	0,0000	-0,0022

Quadro 5: Dados referentes aos gráficos 13 e 14 (egf100_3)

C = Cs - (Cs - Ci) * exp(-K2 * t)				Média	Temp. água = 26,12 °C	
Soma mmq = 0,0474					Temp. bs = 24,10 °C	
Ci = 1,62 mg/L					Temp. bu = 20,38 °C	
Cs = 5,73 mg/L					u.r. = 72,30 %	
K2 = 0,0013 min^-1					0,0799 h^-1	
K2,25 = 0,0778 h^-1						
Tempo minutos	Duração horas	Hora h:mm:ss	OD obs. mg/L	OD mod. mg/L	mmq	Resíduos
0	00:00:00	09:30:00	1,62	1,6200	0,0000	0,0000
10	00:10:00	09:40:00	1,70	1,6743	0,0007	0,0257
20	00:20:00	09:50:00	1,76	1,7279	0,0010	0,0321
30	00:30:00	10:00:00	1,82	1,7808	0,0015	0,0392
40	00:40:00	10:10:00	1,87	1,8330	0,0014	0,0370
50	00:50:00	10:20:00	1,92	1,8845	0,0013	0,0355
60	01:00:00	10:30:00	1,98	1,9354	0,0020	0,0446
70	01:10:00	10:40:00	2,03	1,9855	0,0020	0,0445
80	01:20:00	10:50:00	2,08	2,0350	0,0020	0,0450
90	01:30:00	11:00:00	2,12	2,0839	0,0013	0,0361
100	01:40:00	11:10:00	2,17	2,1320	0,0014	0,0380
110	01:50:00	11:20:00	2,21	2,1796	0,0009	0,0304
120	02:00:00	11:30:00	2,26	2,2265	0,0011	0,0335
130	02:10:00	11:40:00	2,30	2,2728	0,0007	0,0272
140	02:20:00	11:50:00	2,34	2,3185	0,0005	0,0215
150	02:30:00	12:00:00	2,38	2,3636	0,0003	0,0164
160	02:40:00	12:10:00	2,43	2,4081	0,0005	0,0219
170	02:50:00	12:20:00	2,46	2,4520	0,0001	0,0080
180	03:00:00	12:30:00	2,50	2,4953	0,0000	0,0047
190	03:10:00	12:40:00	2,55	2,5381	0,0001	0,0119
200	03:20:00	12:50:00	2,59	2,5803	0,0001	0,0097
210	03:30:00	13:00:00	2,62	2,6219	0,0000	-0,0019
220	03:40:00	13:10:00	2,66	2,6630	0,0000	-0,0030
230	03:50:00	13:20:00	2,70	2,7035	0,0000	-0,0035
240	04:00:00	13:30:00	2,73	2,7435	0,0002	-0,0135
250	04:10:00	13:40:00	2,77	2,7830	0,0002	-0,0130
260	04:20:00	13:50:00	2,81	2,8220	0,0001	-0,0120
270	04:30:00	14:00:00	2,84	2,8604	0,0004	-0,0204
280	04:40:00	14:10:00	2,88	2,8983	0,0003	-0,0183
290	04:50:00	14:20:00	2,92	2,9357	0,0002	-0,0157
300	05:00:00	14:30:00	2,96	2,9727	0,0002	-0,0127
310	05:10:00	14:40:00	2,98	3,0091	0,0008	-0,0291
320	05:20:00	14:50:00	3,02	3,0451	0,0006	-0,0251
330	05:30:00	15:00:00	3,07	3,0806	0,0001	-0,0106
340	05:40:00	15:10:00	3,10	3,1156	0,0002	-0,0156
350	05:50:00	15:20:00	3,13	3,1501	0,0004	-0,0201
360	06:00:00	15:30:00	3,15	3,1842	0,0012	-0,0342
370	06:10:00	15:40:00	3,19	3,2179	0,0008	-0,0279
380	06:20:00	15:50:00	3,23	3,2511	0,0004	-0,0211
390	06:30:00	16:00:00	3,26	3,2838	0,0006	-0,0238
400	06:40:00	16:10:00	3,29	3,3162	0,0007	-0,0262
410	06:50:00	16:20:00	3,32	3,3481	0,0008	-0,0281
420	07:00:00	16:30:00	3,36	3,3795	0,0004	-0,0195
430	07:10:00	16:40:00	3,40	3,4106	0,0001	-0,0106
440	07:20:00	16:50:00	3,43	3,4413	0,0001	-0,0113
450	07:30:00	17:00:00	3,46	3,4715	0,0001	-0,0115
460	07:40:00	17:10:00	3,49	3,5013	0,0001	-0,0113
470	07:50:00	17:20:00	3,52	3,5308	0,0001	-0,0108
480	08:00:00	17:30:00	3,55	3,5599	0,0001	-0,0099
490	08:10:00	17:40:00	3,58	3,5885	0,0001	-0,0085
500	08:20:00	17:50:00	3,61	3,6168	0,0000	-0,0068
510	08:30:00	18:00:00	3,64	3,6448	0,0000	-0,0048
520	08:40:00	18:10:00	3,67	3,6723	0,0000	-0,0023
530	08:50:00	18:20:00	3,70	3,6995	0,0000	0,0005
540	09:00:00	18:30:00	3,73	3,7263	0,0000	0,0037
550	09:10:00	18:40:00	3,76	3,7528	0,0001	0,0072
560	09:20:00	18:50:00	3,79	3,7790	0,0001	0,0110
570	09:30:00	19:00:00	3,82	3,8047	0,0002	0,0153
580	09:40:00	19:10:00	3,85	3,8302	0,0004	0,0198
590	09:50:00	19:20:00	3,88	3,8553	0,0006	0,0247
600	10:00:00	19:30:00	3,91	3,8801	0,0009	0,0299
610	10:10:00	19:40:00	3,94	3,9045	0,0013	0,0355
620	10:20:00	19:50:00	3,97	3,9286	0,0017	0,0414
630	10:30:00	20:00:00	4,00	3,9524	0,0023	0,0476
640	10:40:00	20:10:00	4,02	3,9759	0,0019	0,0441
650	10:50:00	20:20:00	4,04	3,9991	0,0017	0,0409
660	11:00:00	20:30:00	4,05	4,0220	0,0008	0,0280
670	11:10:00	20:40:00	4,07	4,0445	0,0006	0,0255
680	11:20:00	20:50:00	4,09	4,0668	0,0004	0,0202
690	11:30:00	21:00:00	4,10	4,0888	0,0002	0,0152
700	11:40:00	21:10:00	4,12	4,1105	0,0001	0,0105
710	11:50:00	21:20:00	4,14	4,1319	0,0000	0,0061
720	12:00:00	21:30:00	4,15	4,1530	0,0000	0,0020
730	12:10:00	21:40:00	4,17	4,1738	0,0000	-0,0038
740	12:20:00	21:50:00	4,18	4,1944	0,0002	-0,0144
750	12:30:00	22:00:00	4,20	4,2147	0,0002	-0,0147
760	12:40:00	22:10:00	4,21	4,2347	0,0004	-0,0204
770	12:50:00	22:20:00	4,23	4,2544	0,0006	-0,0249
780	13:00:00	22:30:00	4,24	4,2739	0,0012	-0,0339
790	13:10:00	22:40:00	4,26	4,2932	0,0011	-0,0332
800	13:20:00	22:50:00	4,27	4,3122	0,0018	-0,0422

Quadro 6: Dados referentes aos gráficos 15 e 16 (egf121_1)

C = Cs - (Cs - Ci) * exp(-K2 * t)				Temp. água = 26,20 °C		
Soma mmq = 0,0283				Média Temp. bs = 25,16 °C		
Ci = 1,60 mg/L				Temp. bu = 20,72 °C		
Cs = 5,34 mg/L				u.r. = 68,10 %		
K2 = 0,0014 min ⁻¹				0,0823 h ⁻¹		
K2,25 = 0,0800 h ⁻¹						
Tempo minutos	Duração horas	Hora h:mm:ss	OD obs. mg/L	OD mod. mg/L	mmq	Resíduos
0	00:00:00	09:10:00	1,60	1,6000	0,0000	0,0000
10	00:10:00	09:20:00	1,66	1,6509	0,0001	0,0091
20	00:20:00	09:30:00	1,72	1,7011	0,0004	0,0189
30	00:30:00	09:40:00	1,76	1,7506	0,0001	0,0094
40	00:40:00	09:50:00	1,81	1,7994	0,0001	0,0106
50	00:50:00	10:00:00	1,86	1,8476	0,0002	0,0124
60	01:00:00	10:10:00	1,91	1,8951	0,0002	0,0149
70	01:10:00	10:20:00	1,95	1,9420	0,0001	0,0080
80	01:20:00	10:30:00	1,99	1,9882	0,0000	0,0018
90	01:30:00	10:40:00	2,04	2,0338	0,0000	0,0062
100	01:40:00	10:50:00	2,09	2,0788	0,0001	0,0112
110	01:50:00	11:00:00	2,14	2,1231	0,0003	0,0169
120	02:00:00	11:10:00	2,19	2,1669	0,0005	0,0231
130	02:10:00	11:20:00	2,23	2,2100	0,0004	0,0200
140	02:20:00	11:30:00	2,27	2,2526	0,0003	0,0174
150	02:30:00	11:40:00	2,31	2,2946	0,0002	0,0154
160	02:40:00	11:50:00	2,35	2,3360	0,0002	0,0140
170	02:50:00	12:00:00	2,39	2,3769	0,0002	0,0131
180	03:00:00	12:10:00	2,43	2,4172	0,0002	0,0128
190	03:10:00	12:20:00	2,47	2,4570	0,0002	0,0130
200	03:20:00	12:30:00	2,51	2,4962	0,0002	0,0138
210	03:30:00	12:40:00	2,55	2,5348	0,0002	0,0152
220	03:40:00	12:50:00	2,59	2,5730	0,0003	0,0170
230	03:50:00	13:00:00	2,63	2,6106	0,0004	0,0194
240	04:00:00	13:10:00	2,67	2,6478	0,0005	0,0222
250	04:10:00	13:20:00	2,71	2,6844	0,0007	0,0256
260	04:20:00	13:30:00	2,73	2,7205	0,0001	0,0095
270	04:30:00	13:40:00	2,76	2,7561	0,0000	0,0039
280	04:40:00	13:50:00	2,79	2,7912	0,0000	-0,0012
290	04:50:00	14:00:00	2,83	2,8259	0,0000	0,0041
300	05:00:00	14:10:00	2,86	2,8601	0,0000	-0,0001
310	05:10:00	14:20:00	2,90	2,8938	0,0000	0,0062
320	05:20:00	14:30:00	2,94	2,9271	0,0002	0,0129
330	05:30:00	14:40:00	2,98	2,9599	0,0004	0,0201
340	05:40:00	14:50:00	3,00	2,9923	0,0001	0,0077
350	05:50:00	15:00:00	3,03	3,0242	0,0000	0,0058
360	06:00:00	15:10:00	3,06	3,0557	0,0000	0,0043
370	06:10:00	15:20:00	3,09	3,0867	0,0000	0,0023
380	06:20:00	15:30:00	3,12	3,1174	0,0000	0,0006
390	06:30:00	15:40:00	3,15	3,1476	0,0000	-0,0006
400	06:40:00	15:50:00	3,18	3,1774	0,0000	-0,0014
410	06:50:00	16:00:00	3,21	3,2068	0,0000	0,0032
420	07:00:00	16:10:00	3,23	3,2358	0,0000	-0,0058
430	07:10:00	16:20:00	3,26	3,2644	0,0000	-0,0044
440	07:20:00	16:30:00	3,28	3,2926	0,0002	-0,0126
450	07:30:00	16:40:00	3,31	3,3205	0,0001	-0,0105
460	07:40:00	16:50:00	3,34	3,3479	0,0001	-0,0079
470	07:50:00	17:00:00	3,37	3,3750	0,0000	-0,0050
480	08:00:00	17:10:00	3,39	3,4017	0,0001	-0,0117
490	08:10:00	17:20:00	3,41	3,4281	0,0003	-0,0181
500	08:20:00	17:30:00	3,43	3,4540	0,0006	-0,0240
510	08:30:00	17:40:00	3,45	3,4797	0,0009	-0,0297
520	08:40:00	17:50:00	3,48	3,5050	0,0006	-0,0243
530	08:50:00	18:00:00	3,50	3,5299	0,0006	-0,0251
540	09:00:00	18:10:00	3,53	3,5545	0,0007	-0,0257
550	09:10:00	18:20:00	3,55	3,5788	0,0007	-0,0259
560	09:20:00	18:30:00	3,59	3,6027	0,0002	-0,0127
570	09:30:00	18:40:00	3,61	3,6263	0,0003	-0,0163
580	09:40:00	18:50:00	3,63	3,6496	0,0006	-0,0246
590	09:50:00	19:00:00	3,65	3,6726	0,0006	-0,0235
600	10:00:00	19:10:00	3,67	3,6952	0,0005	-0,0221
610	10:10:00	19:20:00	3,69	3,7176	0,0008	-0,0276
620	10:20:00	19:30:00	3,72	3,7396	0,0003	-0,0184
630	10:30:00	19:40:00	3,74	3,7614	0,0005	-0,0214
640	10:40:00	19:50:00	3,76	3,7828	0,0005	-0,0228
650	10:50:00	20:00:00	3,78	3,8040	0,0006	-0,0240
660	11:00:00	20:10:00	3,81	3,8249	0,0002	-0,0149
670	11:10:00	20:20:00	3,83	3,8454	0,0003	-0,0163
680	11:20:00	20:30:00	3,85	3,8658	0,0002	-0,0158
690	11:30:00	20:40:00	3,87	3,8858	0,0002	-0,0158
700	11:40:00	20:50:00	3,90	3,9055	0,0000	-0,0055
710	11:50:00	21:00:00	3,93	3,9250	0,0000	0,0050
720	12:00:00	21:10:00	3,95	3,9442	0,0000	0,0058
730	12:10:00	21:20:00	3,98	3,9632	0,0002	0,0124
740	12:20:00	21:30:00	4,00	3,9819	0,0003	0,0187
750	12:30:00	21:40:00	4,03	4,0004	0,0006	0,0252
760	12:40:00	21:50:00	4,05	4,0185	0,0010	0,0320
770	12:50:00	22:00:00	4,08	4,0365	0,0015	0,0390
780	13:00:00	22:10:00	4,10	4,0542	0,0021	0,0463
790	13:10:00	22:20:00	4,12	4,0717	0,0023	0,0483
800	13:20:00	22:30:00	4,14	4,0889	0,0026	0,0511

Quadro 7: Dados referentes aos gráficos 17 e 18(egf121_2)

C = Cs - (Cs - Ci) * exp(-K2 * t)				Média	Temp. água = 23,38 °C	
Soma mmq = 0,0330					Temp. bs = 23,88 °C	
Ci = 1,43 mg/L					Temp. bu = 19,84 °C	
Cs = 5,90 mg/L					u.r. = 70,02 %	
K2 = 0,0014 min^-1					0,0862 h^-1	
K2,25 = 0,0895 h^-1						
Tempo minutos	Duração horas	Hora h:mm:ss	OD obs. mg/L	OD mod. mg/L	mmq	Resíduos
0	00:00:00	07:20:00	1,43	1,4315	0,0000	0,0000
10	00:10:00	07:30:00	1,49	1,4952	0,0001	-0,0081
20	00:20:00	07:40:00	1,54	1,5580	0,0002	-0,0153
30	00:30:00	07:50:00	1,60	1,6199	0,0005	-0,0216
40	00:40:00	08:00:00	1,65	1,6809	0,0007	-0,0270
50	00:50:00	08:10:00	1,71	1,7411	0,0010	-0,0316
60	01:00:00	08:20:00	1,77	1,8004	0,0012	-0,0353
70	01:10:00	08:30:00	1,82	1,8588	0,0015	-0,0382
80	01:20:00	08:40:00	1,88	1,9164	0,0013	-0,0364
90	01:30:00	08:50:00	1,93	1,9732	0,0019	-0,0432
100	01:40:00	09:00:00	1,99	2,0292	0,0019	-0,0432
110	01:50:00	09:10:00	2,04	2,0844	0,0018	-0,0424
120	02:00:00	09:20:00	2,10	2,1388	0,0017	-0,0408
130	02:10:00	09:30:00	2,15	2,1924	0,0015	-0,0384
140	02:20:00	09:40:00	2,21	2,2453	0,0012	-0,0353
150	02:30:00	09:50:00	2,27	2,2974	0,0010	-0,0314
160	02:40:00	10:00:00	2,32	2,3488	0,0007	-0,0268
170	02:50:00	10:10:00	2,38	2,3994	0,0005	-0,0214
180	03:00:00	10:20:00	2,43	2,4493	0,0002	-0,0153
190	03:10:00	10:30:00	2,48	2,4985	0,0003	-0,0185
200	03:20:00	10:40:00	2,55	2,5470	0,0000	0,0030
210	03:30:00	10:50:00	2,61	2,5948	0,0002	0,0152
220	03:40:00	11:00:00	2,66	2,6420	0,0003	0,0180
230	03:50:00	11:10:00	2,72	2,6884	0,0010	0,0316
240	04:00:00	11:20:00	2,76	2,7342	0,0007	0,0258
250	04:10:00	11:30:00	2,80	2,7793	0,0004	0,0207
260	04:20:00	11:40:00	2,85	2,8238	0,0007	0,0262
270	04:30:00	11:50:00	2,89	2,8677	0,0005	0,0223
280	04:40:00	12:00:00	2,93	2,9109	0,0004	0,0191
290	04:50:00	12:10:00	2,97	2,9536	0,0003	0,0164
300	05:00:00	12:20:00	3,01	2,9956	0,0002	0,0144
310	05:10:00	12:30:00	3,05	3,0370	0,0002	0,0130
320	05:20:00	12:40:00	3,09	3,0778	0,0001	0,0122
330	05:30:00	12:50:00	3,14	3,1181	0,0005	0,0219
340	05:40:00	13:00:00	3,17	3,1577	0,0002	0,0123
350	05:50:00	13:10:00	3,21	3,1968	0,0002	0,0132
360	06:00:00	13:20:00	3,24	3,2354	0,0000	0,0046
370	06:10:00	13:30:00	3,27	3,2734	0,0000	-0,0034
380	06:20:00	13:40:00	3,31	3,3108	0,0000	-0,0008
390	06:30:00	13:50:00	3,34	3,3477	0,0001	-0,0077
400	06:40:00	14:00:00	3,38	3,3841	0,0000	-0,0041
410	06:50:00	14:10:00	3,41	3,4200	0,0001	-0,0100
420	07:00:00	14:20:00	3,45	3,4554	0,0000	-0,0054
430	07:10:00	14:30:00	3,48	3,4902	0,0001	-0,0102
440	07:20:00	14:40:00	3,52	3,5246	0,0000	-0,0046
450	07:30:00	14:50:00	3,55	3,5585	0,0001	-0,0085
460	07:40:00	15:00:00	3,59	3,5918	0,0000	-0,0018
470	07:50:00	15:10:00	3,62	3,6248	0,0000	-0,0048
480	08:00:00	15:20:00	3,65	3,6572	0,0001	-0,0072
490	08:10:00	15:30:00	3,69	3,6892	0,0000	0,0008
500	08:20:00	15:40:00	3,72	3,7207	0,0000	-0,0007
510	08:30:00	15:50:00	3,75	3,7518	0,0000	-0,0018
520	08:40:00	16:00:00	3,79	3,7824	0,0001	0,0076
530	08:50:00	16:10:00	3,82	3,8126	0,0001	0,0074
540	09:00:00	16:20:00	3,84	3,8424	0,0000	-0,0024
550	09:10:00	16:30:00	3,87	3,8717	0,0000	-0,0017
560	09:20:00	16:40:00	3,90	3,9006	0,0000	-0,0006
570	09:30:00	16:50:00	3,94	3,9292	0,0001	0,0108
580	09:40:00	17:00:00	3,97	3,9573	0,0002	0,0127
590	09:50:00	17:10:00	4,00	3,9850	0,0002	0,0150
600	10:00:00	17:20:00	4,03	4,0123	0,0003	0,0177
610	10:10:00	17:30:00	4,06	4,0392	0,0004	0,0208
620	10:20:00	17:40:00	4,08	4,0657	0,0002	0,0143
630	10:30:00	17:50:00	4,11	4,0919	0,0003	0,0181
640	10:40:00	18:00:00	4,14	4,1177	0,0005	0,0223
650	10:50:00	18:10:00	4,17	4,1431	0,0007	0,0269
660	11:00:00	18:20:00	4,19	4,1681	0,0005	0,0219
670	11:10:00	18:30:00	4,21	4,1928	0,0003	0,0172
680	11:20:00	18:40:00	4,22	4,2172	0,0000	0,0028
690	11:30:00	18:50:00	4,24	4,2412	0,0000	-0,0012
700	11:40:00	19:00:00	4,26	4,2648	0,0000	-0,0048
710	11:50:00	19:10:00	4,29	4,2882	0,0000	0,0018
720	12:00:00	19:20:00	4,31	4,3111	0,0000	-0,0011
730	12:10:00	19:30:00	4,32	4,3338	0,0002	-0,0138
740	12:20:00	19:40:00	4,34	4,3561	0,0003	-0,0161
750	12:30:00	19:50:00	4,37	4,3782	0,0001	-0,0082
760	12:40:00	20:00:00	4,38	4,3999	0,0004	-0,0199
770	12:50:00	20:10:00	4,40	4,4213	0,0005	-0,0213
780	13:00:00	20:20:00	4,42	4,4423	0,0005	-0,0223
790	13:10:00	20:30:00	4,44	4,4631	0,0005	-0,0231
800	13:20:00	20:40:00	4,45	4,4836	0,0011	-0,0336

Quadro 8: Dados referentes aos gráficos 19 e 20 (egf121_3)

C = Cs - (Cs - Ci) * exp(-K2 * t)				Temp. água = 25,26 °C		
Soma mmq = 0,0068				Média Temp. bs = 25,30 °C		
Ci = 1,72 mg/L				Temp. bu = 20,80 °C		
Cs = 5,76 mg/L				u.r. = 67,74 %		
K2 = 0,0017 min ⁻¹				0,0990 h ⁻¹		
K2,25 = 0,0984 h ⁻¹						
Tempo minutos	Duração	Hora h:mm:ss	OD obs. mg/L	O.D. mod. mg/L	mmq	Resíduos
0	00:00:00	10:30:00	1,72	1,7200	0,0000	0,0000
10	00:10:00	10:40:00	1,78	1,7861	0,0000	-0,0061
20	00:20:00	10:50:00	1,85	1,8511	0,0000	-0,0011
30	00:30:00	11:00:00	1,92	1,9150	0,0000	0,0050
40	00:40:00	11:10:00	1,98	1,9779	0,0000	0,0021
50	00:50:00	11:20:00	2,04	2,0397	0,0000	0,0003
60	01:00:00	11:30:00	2,10	2,1006	0,0000	-0,0006
70	01:10:00	11:40:00	2,16	2,1604	0,0000	-0,0004
80	01:20:00	11:50:00	2,22	2,2193	0,0000	0,0007
90	01:30:00	12:00:00	2,29	2,2772	0,0002	0,0128
100	01:40:00	12:10:00	2,35	2,3341	0,0003	0,0159
110	01:50:00	12:20:00	2,40	2,3901	0,0001	0,0099
120	02:00:00	12:30:00	2,46	2,4452	0,0002	0,0148
130	02:10:00	12:40:00	2,52	2,4994	0,0004	0,0206
140	02:20:00	12:50:00	2,57	2,5527	0,0003	0,0173
150	02:30:00	13:00:00	2,62	2,6052	0,0002	0,0148
160	02:40:00	13:10:00	2,66	2,6568	0,0000	0,0032
170	02:50:00	13:20:00	2,71	2,7075	0,0000	0,0025
180	03:00:00	13:30:00	2,76	2,7574	0,0000	0,0026
190	03:10:00	13:40:00	2,80	2,8065	0,0000	-0,0065
200	03:20:00	13:50:00	2,85	2,8548	0,0000	-0,0048
210	03:30:00	14:00:00	2,89	2,9023	0,0002	-0,0123
220	03:40:00	14:10:00	2,93	2,9490	0,0004	-0,0190
230	03:50:00	14:20:00	2,98	2,9949	0,0002	-0,0149
240	04:00:00	14:30:00	3,03	3,0401	0,0001	-0,0101
250	04:10:00	14:40:00	3,08	3,0846	0,0000	-0,0046
260	04:20:00	14:50:00	3,12	3,1283	0,0001	-0,0083
270	04:30:00	15:00:00	3,17	3,1714	0,0000	-0,0014
280	04:40:00	15:10:00	3,21	3,2137	0,0000	-0,0037
290	04:50:00	15:20:00	3,25	3,2553	0,0000	-0,0053
300	05:00:00	15:30:00	3,29	3,2962	0,0000	-0,0062
310	05:10:00	15:40:00	3,33	3,3365	0,0000	-0,0065
320	05:20:00	15:50:00	3,37	3,3761	0,0000	-0,0061
330	05:30:00	16:00:00	3,42	3,4151	0,0000	0,0049
340	05:40:00	16:10:00	3,45	3,4534	0,0000	-0,0034
350	05:50:00	16:20:00	3,49	3,4911	0,0000	-0,0011
360	06:00:00	16:30:00	3,53	3,5282	0,0000	0,0018
370	06:10:00	16:40:00	3,57	3,5646	0,0000	0,0054
380	06:20:00	16:50:00	3,61	3,6005	0,0001	0,0095
390	06:30:00	17:00:00	3,64	3,6358	0,0000	0,0042
400	06:40:00	17:10:00	3,67	3,6705	0,0000	-0,0005
410	06:50:00	17:20:00	3,70	3,7046	0,0000	-0,0046
420	07:00:00	17:30:00	3,74	3,7382	0,0000	0,0018
430	07:10:00	17:40:00	3,78	3,7713	0,0001	0,0087
440	07:20:00	17:50:00	3,81	3,8038	0,0000	0,0062
450	07:30:00	18:00:00	3,84	3,8357	0,0000	0,0043
460	07:40:00	18:10:00	3,88	3,8672	0,0001	0,0078
470	07:50:00	18:20:00	3,92	3,8981	0,0005	0,0219
480	08:00:00	18:30:00	3,94	3,9285	0,0001	0,0115
490	08:10:00	18:40:00	3,97	3,9584	0,0002	0,0156
500	08:20:00	18:50:00	4,00	3,9878	0,0001	0,0122
510	08:30:00	19:00:00	4,02	4,0168	0,0000	0,0032
520	08:40:00	19:10:00	4,05	4,0453	0,0000	0,0047
530	08:50:00	19:20:00	4,07	4,0733	0,0000	-0,0033
540	09:00:00	19:30:00	4,09	4,1008	0,0001	-0,0108
550	09:10:00	19:40:00	4,12	4,1279	0,0001	-0,0079
560	09:20:00	19:50:00	4,15	4,1546	0,0000	-0,0046
570	09:30:00	20:00:00	4,17	4,1808	0,0001	-0,0111
580	09:40:00	20:10:00	4,19	4,2066	0,0002	-0,0123
590	09:50:00	20:20:00	4,22	4,2319	0,0002	-0,0131
600	10:00:00	20:30:00	4,24	4,2569	0,0002	-0,0135
610	10:10:00	20:40:00	4,27	4,2814	0,0002	-0,0135
620	10:20:00	20:50:00	4,29	4,3056	0,0002	-0,0131
630	10:30:00	21:00:00	4,32	4,3293	0,0002	-0,0123
640	10:40:00	21:10:00	4,34	4,3527	0,0001	-0,0111
650	10:50:00	21:20:00	4,37	4,3757	0,0001	-0,0096
660	11:00:00	21:30:00	4,39	4,3982	0,0001	-0,0076
670	11:10:00	21:40:00	4,42	4,4205	0,0000	-0,0053
680	11:20:00	21:50:00	4,44	4,4423	0,0000	-0,0026
690	11:30:00	22:00:00	4,46	4,4638	0,0000	0,0004
700	11:40:00	22:10:00	4,49	4,4850	0,0000	0,0038
710	11:50:00	22:20:00	4,51	4,5058	0,0001	0,0076
720	12:00:00	22:30:00	4,54	4,5263	0,0001	0,0116
730	12:10:00	22:40:00	4,56	4,5464	0,0002	0,0136
740	12:20:00	22:50:00	4,58	4,5662	0,0002	0,0138
750	12:30:00	23:00:00	4,60	4,5857	0,0002	0,0143
760	12:40:00	23:10:00	4,61	4,6049	0,0000	0,0051

Quadro 9: Dados referentes aos gráficos 21 e 22 (egf138_1)

C = Cs - (Cs - Ci) * exp(-K2 * t)				Média	Temp. água = 25,34 °C	
Soma mmq = 0,0418					Temp. bs = 22,94 °C	
Ci = 1,72 mg/L					Temp. bu = 20,24 °C	
Cs = 5,51 mg/L					u.r. = 79,00 %	
K2 = 0,0017 min^-1					0,0998 h^-1	
K2,25 = 0,0990 h^-1						
Tempo minutos	Duração	Hora h:mm:ss	OD obs. mg/L	OD mod. mg/L	mmq	Resíduos
0	00:00:00	08:50:00	1,72	1,7200	0,0000	0,0000
10	00:10:00	09:00:00	1,79	1,7826	0,0001	0,0074
20	00:20:00	09:10:00	1,85	1,8441	0,0000	0,0059
30	00:30:00	09:20:00	1,91	1,9046	0,0000	0,0054
40	00:40:00	09:30:00	1,97	1,9642	0,0000	0,0058
50	00:50:00	09:40:00	2,03	2,0227	0,0001	0,0073
60	01:00:00	09:50:00	2,09	2,0803	0,0001	0,0097
70	01:10:00	10:00:00	2,14	2,1369	0,0000	0,0031
80	01:20:00	10:10:00	2,20	2,1926	0,0001	0,0074
90	01:30:00	10:20:00	2,26	2,2474	0,0002	0,0126
100	01:40:00	10:30:00	2,31	2,3013	0,0001	0,0087
110	01:50:00	10:40:00	2,37	2,3543	0,0002	0,0157
120	02:00:00	10:50:00	2,42	2,4064	0,0002	0,0136
130	02:10:00	11:00:00	2,48	2,4577	0,0005	0,0223
140	02:20:00	11:10:00	2,53	2,5081	0,0005	0,0219
150	02:30:00	11:20:00	2,59	2,5576	0,0010	0,0324
160	02:40:00	11:30:00	2,64	2,6064	0,0011	0,0336
170	02:50:00	11:40:00	2,68	2,6544	0,0007	0,0256
180	03:00:00	11:50:00	2,73	2,7015	0,0008	0,0285
190	03:10:00	12:00:00	2,77	2,7479	0,0005	0,0221
200	03:20:00	12:10:00	2,83	2,7935	0,0013	0,0365
210	03:30:00	12:20:00	2,87	2,8384	0,0010	0,0316
220	03:40:00	12:30:00	2,91	2,8825	0,0008	0,0275
230	03:50:00	12:40:00	2,96	2,9260	0,0012	0,0340
240	04:00:00	12:50:00	3,00	2,9686	0,0010	0,0314
250	04:10:00	13:00:00	3,04	3,0106	0,0009	0,0294
260	04:20:00	13:10:00	3,08	3,0519	0,0008	0,0281
270	04:30:00	13:20:00	3,11	3,0925	0,0003	0,0175
280	04:40:00	13:30:00	3,15	3,1325	0,0003	0,0175
290	04:50:00	13:40:00	3,18	3,1718	0,0001	0,0082
300	05:00:00	13:50:00	3,22	3,2104	0,0001	0,0096
310	05:10:00	14:00:00	3,25	3,2484	0,0000	0,0016
320	05:20:00	14:10:00	3,28	3,2858	0,0000	-0,0058
330	05:30:00	14:20:00	3,33	3,3225	0,0001	0,0075
340	05:40:00	14:30:00	3,36	3,3587	0,0000	0,0013
350	05:50:00	14:40:00	3,39	3,3942	0,0000	-0,0042
360	06:00:00	14:50:00	3,42	3,4292	0,0001	-0,0092
370	06:10:00	15:00:00	3,45	3,4636	0,0002	-0,0136
380	06:20:00	15:10:00	3,48	3,4974	0,0003	-0,0174
390	06:30:00	15:20:00	3,51	3,5307	0,0004	-0,0207
400	06:40:00	15:30:00	3,54	3,5634	0,0005	-0,0234
410	06:50:00	15:40:00	3,57	3,5956	0,0007	-0,0256
420	07:00:00	15:50:00	3,60	3,6272	0,0007	-0,0272
430	07:10:00	16:00:00	3,63	3,6583	0,0008	-0,0283
440	07:20:00	16:10:00	3,65	3,6889	0,0015	-0,0389
450	07:30:00	16:20:00	3,68	3,7191	0,0015	-0,0391
460	07:40:00	16:30:00	3,71	3,7487	0,0015	-0,0387
470	07:50:00	16:40:00	3,74	3,7778	0,0014	-0,0378
480	08:00:00	16:50:00	3,77	3,8064	0,0013	-0,0364
490	08:10:00	17:00:00	3,80	3,8346	0,0012	-0,0346
500	08:20:00	17:10:00	3,83	3,8623	0,0010	-0,0323
510	08:30:00	17:20:00	3,86	3,8896	0,0009	-0,0296
520	08:40:00	17:30:00	3,89	3,9164	0,0007	-0,0264
530	08:50:00	17:40:00	3,93	3,9427	0,0002	-0,0127
540	09:00:00	17:50:00	3,95	3,9686	0,0003	-0,0186
550	09:10:00	18:00:00	3,98	3,9941	0,0002	-0,0141
560	09:20:00	18:10:00	4,00	4,0192	0,0004	-0,0192
570	09:30:00	18:20:00	4,03	4,0439	0,0002	-0,0139
580	09:40:00	18:30:00	4,06	4,0681	0,0001	-0,0081
590	09:50:00	18:40:00	4,08	4,0920	0,0001	-0,0120
600	10:00:00	18:50:00	4,11	4,1154	0,0000	-0,0054
610	10:10:00	19:00:00	4,14	4,1385	0,0000	0,0015
620	10:20:00	19:10:00	4,13	4,1612	0,0010	-0,0312
630	10:30:00	19:20:00	4,17	4,1835	0,0002	-0,0135
640	10:40:00	19:30:00	4,20	4,2055	0,0000	-0,0055
650	10:50:00	19:40:00	4,22	4,2271	0,0000	-0,0071
660	11:00:00	19:50:00	4,25	4,2483	0,0000	0,0017
670	11:10:00	20:00:00	4,28	4,2692	0,0001	0,0108
680	11:20:00	20:10:00	4,30	4,2897	0,0001	0,0103
690	11:30:00	20:20:00	4,33	4,3099	0,0004	0,0201
700	11:40:00	20:30:00	4,35	4,3298	0,0004	0,0202
710	11:50:00	20:40:00	4,38	4,3493	0,0009	0,0307
720	12:00:00	20:50:00	4,40	4,3685	0,0010	0,0315
730	12:10:00	21:00:00	4,42	4,3875	0,0011	0,0325
740	12:20:00	21:10:00	4,45	4,4060	0,0019	0,0440
750	12:30:00	21:20:00	4,47	4,4243	0,0021	0,0457
760	12:40:00	21:30:00	4,49	4,4423	0,0023	0,0477

Quadro 10: Dados referentes aos gráficos 23 e 24 (egf138_2)

C = Cs - (Cs - Ci) * exp(-K2 * t)				Temp. água = 24,06 °C		
Soma mmq = 0,0088				Média Temp. bs = 26,08 °C		
Ci = 2,01 mg/L				Temp. bu = 20,78 °C		
Cs = 5,90 mg/L				u.r. = 63,14 %		
K2 = 0,0015 min ⁻¹						
K2,25 = 0,0942 h ⁻¹				0,0921 h ⁻¹		
Tempo minutos	Duração	Hora h:mm:ss	OD obs. mg/L	OD mod. mg/L	mmq	Resíduos
0	00:00:00	10:20:00	2,01	2,0100	0,0000	0,0000
10	00:10:00	10:30:00	2,07	2,0692	0,0000	0,0008
20	00:20:00	10:40:00	2,13	2,1276	0,0000	0,0024
30	00:30:00	10:50:00	2,19	2,1850	0,0000	0,0050
40	00:40:00	11:00:00	2,25	2,2416	0,0001	0,0084
50	00:50:00	11:10:00	2,31	2,2973	0,0002	0,0127
60	01:00:00	11:20:00	2,36	2,3521	0,0001	0,0079
70	01:10:00	11:30:00	2,41	2,4062	0,0000	0,0038
80	01:20:00	11:40:00	2,46	2,4594	0,0000	0,0006
90	01:30:00	11:50:00	2,51	2,5117	0,0000	-0,0017
100	01:40:00	12:00:00	2,56	2,5633	0,0000	-0,0033
110	01:50:00	12:10:00	2,61	2,6141	0,0000	-0,0041
120	02:00:00	12:20:00	2,66	2,6642	0,0000	-0,0042
130	02:10:00	12:30:00	2,70	2,7134	0,0002	-0,0134
140	02:20:00	12:40:00	2,76	2,7620	0,0000	-0,0020
150	02:30:00	12:50:00	2,81	2,8097	0,0000	0,0003
160	02:40:00	13:00:00	2,86	2,8568	0,0000	0,0032
170	02:50:00	13:10:00	2,92	2,9031	0,0003	0,0169
180	03:00:00	13:20:00	2,96	2,9487	0,0001	0,0113
190	03:10:00	13:30:00	3,01	2,9937	0,0003	0,0163
200	03:20:00	13:40:00	3,05	3,0379	0,0001	0,0121
210	03:30:00	13:50:00	3,09	3,0815	0,0001	0,0085
220	03:40:00	14:00:00	3,13	3,1244	0,0000	0,0056
230	03:50:00	14:10:00	3,16	3,1667	0,0000	-0,0067
240	04:00:00	14:20:00	3,19	3,2083	0,0003	-0,0183
250	04:10:00	14:30:00	3,24	3,2492	0,0001	-0,0092
260	04:20:00	14:40:00	3,28	3,2896	0,0001	-0,0096
270	04:30:00	14:50:00	3,32	3,3293	0,0001	-0,0093
280	04:40:00	15:00:00	3,36	3,3685	0,0001	-0,0085
290	04:50:00	15:10:00	3,41	3,4070	0,0000	0,0030
300	05:00:00	15:20:00	3,44	3,4449	0,0000	-0,0049
310	05:10:00	15:30:00	3,49	3,4823	0,0001	0,0077
320	05:20:00	15:40:00	3,53	3,5191	0,0001	0,0109
330	05:30:00	15:50:00	3,55	3,5554	0,0000	-0,0054
340	05:40:00	16:00:00	3,58	3,5910	0,0001	-0,0110
350	05:50:00	16:10:00	3,63	3,6262	0,0000	0,0038
360	06:00:00	16:20:00	3,66	3,6608	0,0000	-0,0008
370	06:10:00	16:30:00	3,69	3,6949	0,0000	-0,0049
380	06:20:00	16:40:00	3,73	3,7284	0,0000	0,0016
390	06:30:00	16:50:00	3,76	3,7615	0,0000	-0,0015
400	06:40:00	17:00:00	3,80	3,7940	0,0000	0,0060
410	06:50:00	17:10:00	3,84	3,8261	0,0002	0,0139
420	07:00:00	17:20:00	3,88	3,8576	0,0005	0,0224
430	07:10:00	17:30:00	3,91	3,8887	0,0005	0,0213
440	07:20:00	17:40:00	3,94	3,9193	0,0004	0,0207
450	07:30:00	17:50:00	3,97	3,9495	0,0004	0,0205
460	07:40:00	18:00:00	3,99	3,9792	0,0001	0,0108
470	07:50:00	18:10:00	4,01	4,0084	0,0000	0,0016
480	08:00:00	18:20:00	4,04	4,0372	0,0000	0,0018
490	08:10:00	18:30:00	4,06	4,0655	0,0000	-0,0015
500	08:20:00	18:40:00	4,09	4,0934	0,0000	-0,0044
510	08:30:00	18:50:00	4,11	4,1209	0,0000	-0,0069
520	08:40:00	19:00:00	4,14	4,1480	0,0001	-0,0090
530	08:50:00	19:10:00	4,16	4,1747	0,0001	-0,0107
540	09:00:00	19:20:00	4,19	4,2009	0,0001	-0,0119
550	09:10:00	19:30:00	4,21	4,2268	0,0002	-0,0128
560	09:20:00	19:40:00	4,24	4,2522	0,0002	-0,0132
570	09:30:00	19:50:00	4,26	4,2773	0,0002	-0,0133
580	09:40:00	20:00:00	4,29	4,3020	0,0002	-0,0130
590	09:50:00	20:10:00	4,31	4,3263	0,0002	-0,0123
600	10:00:00	20:20:00	4,34	4,3502	0,0001	-0,0112
610	10:10:00	20:30:00	4,36	4,3738	0,0002	-0,0138
620	10:20:00	20:40:00	4,38	4,3970	0,0002	-0,0134
630	10:30:00	20:50:00	4,41	4,4199	0,0002	-0,0132
640	10:40:00	21:00:00	4,43	4,4424	0,0002	-0,0127
650	10:50:00	21:10:00	4,45	4,4646	0,0001	-0,0119
660	11:00:00	21:20:00	4,48	4,4864	0,0001	-0,0107
670	11:10:00	21:30:00	4,50	4,5079	0,0001	-0,0092
680	11:20:00	21:40:00	4,53	4,5291	0,0000	0,0009
690	11:30:00	21:50:00	4,55	4,5499	0,0000	0,0031
700	11:40:00	22:00:00	4,58	4,5705	0,0001	0,0080
710	11:50:00	22:10:00	4,60	4,5907	0,0002	0,0133
720	12:00:00	22:20:00	4,63	4,6106	0,0004	0,0189
730	12:10:00	22:30:00	4,65	4,6302	0,0004	0,0198
740	12:20:00	22:40:00	4,67	4,6495	0,0004	0,0205
750	12:30:00	22:50:00	4,68	4,6685	0,0001	0,0115
760	12:40:00	23:00:00	4,69	4,6873	0,0000	0,0044

Quadro 11: Dados referentes aos gráficos 25 e 26 (egf138_3)

C = Cs - (Cs - Ci) * exp(-K2 * t)			Temp. água = 26,03 °C			
Soma mmq = 0,0348			Média	Temp. bs = 23,50 °C		
Ci = 1,43 mg/L				Temp. bu = 19,18 °C		
Cs = 5,10 mg/L				u.r. = 67,80 %		
K2 = 0,0021 min^-1				0,1267 h^-1		
K2,25 = 0,1276 h^-1						
Tempo	Duração	Hora	OD obs.	OD mod.		
(minutos)		h:mm:ss	(mg/L)	(mg/L)	mmq	Resíduos
0	00:00:00	10:40:00	1,43	1,4300	0,0000	0,0000
10	00:10:00	10:50:00	1,50	1,5067	0,0000	-0,0067
20	00:20:00	11:00:00	1,56	1,5819	0,0005	-0,0219
30	00:30:00	11:10:00	1,63	1,6554	0,0006	-0,0254
40	00:40:00	11:20:00	1,71	1,7274	0,0003	-0,0174
50	00:50:00	11:30:00	1,78	1,7980	0,0003	-0,0180
60	01:00:00	11:40:00	1,86	1,8670	0,0000	-0,0070
70	01:10:00	11:50:00	1,93	1,9346	0,0000	-0,0046
80	01:20:00	12:00:00	1,99	2,0008	0,0001	-0,0108
90	01:30:00	12:10:00	2,06	2,0656	0,0000	-0,0056
100	01:40:00	12:20:00	2,13	2,1290	0,0000	0,0010
110	01:50:00	12:30:00	2,20	2,1912	0,0001	0,0088
120	02:00:00	12:40:00	2,26	2,2520	0,0001	0,0080
130	02:10:00	12:50:00	2,32	2,3115	0,0001	0,0085
140	02:20:00	13:00:00	2,39	2,3699	0,0004	0,0201
150	02:30:00	13:10:00	2,45	2,4269	0,0005	0,0231
160	02:40:00	13:20:00	2,51	2,4828	0,0007	0,0272
170	02:50:00	13:30:00	2,57	2,5376	0,0011	0,0324
180	03:00:00	13:40:00	2,63	2,5912	0,0015	0,0388
190	03:10:00	13:50:00	2,68	2,6436	0,0013	0,0364
200	03:20:00	14:00:00	2,74	2,6950	0,0020	0,0450
210	03:30:00	14:10:00	2,78	2,7453	0,0012	0,0347
220	03:40:00	14:20:00	2,82	2,7945	0,0006	0,0255
230	03:50:00	14:30:00	2,87	2,8427	0,0007	0,0273
240	04:00:00	14:40:00	2,91	2,8899	0,0004	0,0201
250	04:10:00	14:50:00	2,96	2,9362	0,0006	0,0238
260	04:20:00	15:00:00	3,00	2,9814	0,0003	0,0186
270	04:30:00	15:10:00	3,04	3,0257	0,0002	0,0143
280	04:40:00	15:20:00	3,08	3,0691	0,0001	0,0109
290	04:50:00	15:30:00	3,11	3,1116	0,0000	-0,0016
300	05:00:00	15:40:00	3,15	3,1532	0,0000	-0,0032
310	05:10:00	15:50:00	3,19	3,1939	0,0000	-0,0039
320	05:20:00	16:00:00	3,23	3,2337	0,0000	-0,0037
330	05:30:00	16:10:00	3,27	3,2728	0,0000	-0,0028
340	05:40:00	16:20:00	3,31	3,3110	0,0000	-0,0010
350	05:50:00	16:30:00	3,34	3,3484	0,0001	-0,0084
360	06:00:00	16:40:00	3,37	3,3850	0,0002	-0,0150
370	06:10:00	16:50:00	3,40	3,4209	0,0004	-0,0209
380	06:20:00	17:00:00	3,43	3,4560	0,0007	-0,0260
390	06:30:00	17:10:00	3,47	3,4904	0,0004	-0,0204
400	06:40:00	17:20:00	3,50	3,5241	0,0006	-0,0241
410	06:50:00	17:30:00	3,53	3,5570	0,0007	-0,0270
420	07:00:00	17:40:00	3,58	3,5893	0,0001	-0,0093
430	07:10:00	17:50:00	3,61	3,6209	0,0001	-0,0109
440	07:20:00	18:00:00	3,64	3,6519	0,0001	-0,0119
450	07:30:00	18:10:00	3,67	3,6821	0,0001	-0,0121
460	07:40:00	18:20:00	3,69	3,7118	0,0005	-0,0218
470	07:50:00	18:30:00	3,72	3,7408	0,0004	-0,0208
480	08:00:00	18:40:00	3,75	3,7693	0,0004	-0,0193
490	08:10:00	18:50:00	3,78	3,7971	0,0003	-0,0171
500	08:20:00	19:00:00	3,80	3,8244	0,0006	-0,0244
510	08:30:00	19:10:00	3,83	3,8511	0,0004	-0,0211
520	08:40:00	19:20:00	3,85	3,8772	0,0007	-0,0272
530	08:50:00	19:30:00	3,88	3,9028	0,0005	-0,0228
540	09:00:00	19:40:00	3,90	3,9278	0,0008	-0,0278
550	09:10:00	19:50:00	3,93	3,9523	0,0005	-0,0223
560	09:20:00	20:00:00	3,95	3,9764	0,0005	-0,0234
570	09:30:00	20:10:00	3,98	3,9999	0,0005	-0,0219
580	09:40:00	20:20:00	4,00	4,0229	0,0004	-0,0199
590	09:50:00	20:30:00	4,03	4,0454	0,0003	-0,0174
600	10:00:00	20:40:00	4,05	4,0675	0,0002	-0,0145
610	10:10:00	20:50:00	4,08	4,0891	0,0001	-0,0111
620	10:20:00	21:00:00	4,10	4,1102	0,0001	-0,0072
630	10:30:00	21:10:00	4,13	4,1310	0,0000	-0,0030
640	10:40:00	21:20:00	4,15	4,1512	0,0000	0,0018
650	10:50:00	21:30:00	4,18	4,1711	0,0000	0,0069
660	11:00:00	21:40:00	4,20	4,1905	0,0002	0,0125
670	11:10:00	21:50:00	4,23	4,2096	0,0003	0,0184
680	11:20:00	22:00:00	4,27	4,2282	0,0017	0,0418
690	11:30:00	22:10:00	4,29	4,2464	0,0019	0,0436
700	11:40:00	22:20:00	4,30	4,2643	0,0013	0,0357
710	11:50:00	22:30:00	4,32	4,2818	0,0015	0,0382
720	12:00:00	22:40:00	4,34	4,2989	0,0017	0,0411
730	12:10:00	22:50:00	4,35	4,3157	0,0012	0,0343

Quadro 12: Dados referentes aos gráficos 27 e 28 (egf161_1)

C = Cs - (Cs - Ci) * exp(-K2 * t)				Temp. água = 25,20 °C		
Soma mmq = 0,0077				Média Temp. bs = 26,95 °C		
Ci = 1,33 mg/L				Temp. bu = 21,23 °C		
Cs = 5,32 mg/L				u.r. = 61,28 %		
K2 = 0,0020 min ⁻¹						
K2,25 = 0,1232 h ⁻¹				0,1216 h ⁻¹		
Tempo minutos	Duração	Hora h:mm:ss	OD obs. mg/L	OD mod. mg/L	mmq	Resíduos
0	00:00:00	09:50:00	1,33	1,3300	0,0000	0,0000
10	00:10:00	10:00:00	1,41	1,4101	0,0000	-0,0001
20	00:20:00	10:10:00	1,49	1,4886	0,0000	0,0014
30	00:30:00	10:20:00	1,57	1,5656	0,0000	0,0044
40	00:40:00	10:30:00	1,65	1,6410	0,0001	0,0090
50	00:50:00	10:40:00	1,73	1,7148	0,0002	0,0152
60	01:00:00	10:50:00	1,80	1,7872	0,0002	0,0128
70	01:10:00	11:00:00	1,87	1,8582	0,0001	0,0118
80	01:20:00	11:10:00	1,94	1,9277	0,0002	0,0123
90	01:30:00	11:20:00	1,99	1,9958	0,0000	-0,0058
100	01:40:00	11:30:00	2,06	2,0626	0,0000	-0,0026
110	01:50:00	11:40:00	2,12	2,1280	0,0001	-0,0080
120	02:00:00	11:50:00	2,18	2,1921	0,0001	-0,0121
130	02:10:00	12:00:00	2,24	2,2549	0,0002	-0,0149
140	02:20:00	12:10:00	2,30	2,3165	0,0003	-0,0165
150	02:30:00	12:20:00	2,36	2,3768	0,0003	-0,0168
160	02:40:00	12:30:00	2,43	2,4359	0,0000	-0,0051
170	02:50:00	12:40:00	2,49	2,4939	0,0000	-0,0055
180	03:00:00	12:50:00	2,55	2,5506	0,0000	-0,0006
190	03:10:00	13:00:00	2,61	2,6062	0,0000	0,0038
200	03:20:00	13:10:00	2,68	2,6608	0,0004	0,0192
210	03:30:00	13:20:00	2,74	2,7142	0,0007	0,0258
220	03:40:00	13:30:00	2,79	2,7665	0,0006	0,0235
230	03:50:00	13:40:00	2,83	2,8178	0,0001	0,0122
240	04:00:00	13:50:00	2,87	2,8681	0,0000	0,0019
250	04:10:00	14:00:00	2,92	2,9173	0,0000	0,0027
260	04:20:00	14:10:00	2,96	2,9656	0,0000	-0,0056
270	04:30:00	14:20:00	3,01	3,0129	0,0000	-0,0029
280	04:40:00	14:30:00	3,06	3,0592	0,0000	0,0008
290	04:50:00	14:40:00	3,11	3,1047	0,0000	0,0053
300	05:00:00	14:50:00	3,16	3,1492	0,0001	0,0108
310	05:10:00	15:00:00	3,19	3,1928	0,0000	-0,0001
320	05:20:00	15:10:00	3,23	3,2355	0,0000	-0,0026
330	05:30:00	15:20:00	3,27	3,2774	0,0000	-0,0042
340	05:40:00	15:30:00	3,31	3,3184	0,0000	-0,0050
350	05:50:00	15:40:00	3,35	3,3587	0,0000	-0,0050
360	06:00:00	15:50:00	3,38	3,3981	0,0003	-0,0181
370	06:10:00	16:00:00	3,42	3,4367	0,0003	-0,0167
380	06:20:00	16:10:00	3,46	3,4745	0,0002	-0,0145
390	06:30:00	16:20:00	3,50	3,5116	0,0001	-0,0116
400	06:40:00	16:30:00	3,53	3,5480	0,0002	-0,0134
410	06:50:00	16:40:00	3,57	3,5836	0,0001	-0,0118
420	07:00:00	16:50:00	3,61	3,6185	0,0001	-0,0094
430	07:10:00	17:00:00	3,65	3,6527	0,0000	-0,0063
440	07:20:00	17:10:00	3,68	3,6862	0,0000	-0,0026
450	07:30:00	17:20:00	3,72	3,7190	0,0000	0,0018
460	07:40:00	17:30:00	3,76	3,7512	0,0000	0,0069
470	07:50:00	17:40:00	3,78	3,7827	0,0000	-0,0027
480	08:00:00	17:50:00	3,82	3,8136	0,0000	0,0036
490	08:10:00	18:00:00	3,85	3,8439	0,0000	0,0060
500	08:20:00	18:10:00	3,88	3,8736	0,0000	0,0064
510	08:30:00	18:20:00	3,91	3,9027	0,0001	0,0073
520	08:40:00	18:30:00	3,94	3,9312	0,0001	0,0088
530	08:50:00	18:40:00	3,96	3,9591	0,0000	0,0009
540	09:00:00	18:50:00	3,99	3,9865	0,0000	0,0035
550	09:10:00	19:00:00	4,02	4,0133	0,0000	0,0067
560	09:20:00	19:10:00	4,04	4,0395	0,0000	0,0005
570	09:30:00	19:20:00	4,07	4,0653	0,0000	0,0047
580	09:40:00	19:30:00	4,10	4,0905	0,0001	0,0095
590	09:50:00	19:40:00	4,12	4,1152	0,0000	0,0048
600	10:00:00	19:50:00	4,14	4,1395	0,0000	0,0005
610	10:10:00	20:00:00	4,17	4,1632	0,0000	0,0068
620	10:20:00	20:10:00	4,19	4,1865	0,0000	0,0035
630	10:30:00	20:20:00	4,22	4,2093	0,0001	0,0107
640	10:40:00	20:30:00	4,25	4,2316	0,0003	0,0184
650	10:50:00	20:40:00	4,27	4,2535	0,0003	0,0165
660	11:00:00	20:50:00	4,28	4,2750	0,0000	0,0050
670	11:10:00	21:00:00	4,30	4,2960	0,0000	0,0040
680	11:20:00	21:10:00	4,32	4,3166	0,0000	0,0034
690	11:30:00	21:20:00	4,33	4,3368	0,0000	-0,0068
700	11:40:00	21:30:00	4,35	4,3566	0,0000	-0,0066
710	11:50:00	21:40:00	4,36	4,3760	0,0003	-0,0160
720	12:00:00	21:50:00	4,38	4,3950	0,0002	-0,0150
730	12:10:00	22:00:00	4,39	4,4136	0,0006	-0,0236

Quadro 13: Dados referentes aos gráficos 29 e 30 (egf161_2)

$C = C_s - (C_s - C_i) \cdot \exp(-K_2 \cdot t)$						
Soma mmq = 0,0708 Ci = 1,40 mg/L Cs = 5,61 mg/L K2 = 0,0021 min ⁻¹ K2,25 = 0,1271 h ⁻¹			Média Temp. água = 24,18 °C Temp. bs = 22,35 °C Temp. bu = 17,50 °C u.r. = 63,20 % 0,1246 h ⁻¹			
Tempo minutos	Duração	Hora h:mm:ss	OD obs. mg/L	OD mod. mg/L	mmq	Resíduos
0	00:00:00	09:30:00	1,40	1,4000	0,0000	0,0000
10	00:10:00	09:40:00	1,49	1,4864	0,0000	0,0036
20	00:20:00	09:50:00	1,58	1,5711	0,0001	0,0089
30	00:30:00	10:00:00	1,65	1,6540	0,0000	-0,0040
40	00:40:00	10:10:00	1,73	1,7352	0,0000	-0,0052
50	00:50:00	10:20:00	1,82	1,8147	0,0000	0,0053
60	01:00:00	10:30:00	1,91	1,8926	0,0003	0,0174
70	01:10:00	10:40:00	1,99	1,9689	0,0004	0,0211
80	01:20:00	10:50:00	2,07	2,0437	0,0007	0,0263
90	01:30:00	11:00:00	2,15	2,1169	0,0011	0,0331
100	01:40:00	11:10:00	2,23	2,1886	0,0017	0,0414
110	01:50:00	11:20:00	2,31	2,2588	0,0026	0,0512
120	02:00:00	11:30:00	2,38	2,3276	0,0027	0,0524
130	02:10:00	11:40:00	2,44	2,3949	0,0020	0,0451
140	02:20:00	11:50:00	2,50	2,4609	0,0015	0,0391
150	02:30:00	12:00:00	2,57	2,5255	0,0020	0,0445
160	02:40:00	12:10:00	2,64	2,5888	0,0026	0,0512
170	02:50:00	12:20:00	2,70	2,6508	0,0024	0,0492
180	03:00:00	12:30:00	2,75	2,7115	0,0015	0,0385
190	03:10:00	12:40:00	2,81	2,7710	0,0015	0,0390
200	03:20:00	12:50:00	2,86	2,8293	0,0009	0,0307
210	03:30:00	13:00:00	2,91	2,8863	0,0006	0,0237
220	03:40:00	13:10:00	2,97	2,9422	0,0008	0,0278
230	03:50:00	13:20:00	3,03	2,9969	0,0011	0,0331
240	04:00:00	13:30:00	3,08	3,0505	0,0009	0,0295
250	04:10:00	13:40:00	3,12	3,1030	0,0003	0,0170
260	04:20:00	13:50:00	3,17	3,1545	0,0002	0,0155
270	04:30:00	14:00:00	3,22	3,2048	0,0002	0,0152
280	04:40:00	14:10:00	3,26	3,2542	0,0000	0,0058
290	04:50:00	14:20:00	3,30	3,3025	0,0000	-0,0025
300	05:00:00	14:30:00	3,34	3,3498	0,0001	-0,0098
310	05:10:00	14:40:00	3,39	3,3962	0,0000	-0,0062
320	05:20:00	14:50:00	3,43	3,4416	0,0001	-0,0116
330	05:30:00	15:00:00	3,47	3,4860	0,0003	-0,0160
340	05:40:00	15:10:00	3,50	3,5296	0,0009	-0,0296
350	05:50:00	15:20:00	3,54	3,5722	0,0010	-0,0322
360	06:00:00	15:30:00	3,58	3,6140	0,0012	-0,0340
370	06:10:00	15:40:00	3,62	3,6550	0,0012	-0,0350
380	06:20:00	15:50:00	3,67	3,6950	0,0006	-0,0250
390	06:30:00	16:00:00	3,70	3,7343	0,0012	-0,0343
400	06:40:00	16:10:00	3,74	3,7727	0,0011	-0,0327
410	06:50:00	16:20:00	3,78	3,8104	0,0009	-0,0304
420	07:00:00	16:30:00	3,81	3,8473	0,0014	-0,0373
430	07:10:00	16:40:00	3,84	3,8834	0,0019	-0,0434
440	07:20:00	16:50:00	3,88	3,9188	0,0015	-0,0388
450	07:30:00	17:00:00	3,91	3,9535	0,0019	-0,0435
460	07:40:00	17:10:00	3,94	3,9874	0,0022	-0,0474
470	07:50:00	17:20:00	3,98	4,0207	0,0017	-0,0407
480	08:00:00	17:30:00	4,01	4,0532	0,0019	-0,0432
490	08:10:00	17:40:00	4,04	4,0851	0,0020	-0,0451
500	08:20:00	17:50:00	4,08	4,1164	0,0013	-0,0364
510	08:30:00	18:00:00	4,11	4,1470	0,0014	-0,0370
520	08:40:00	18:10:00	4,15	4,1769	0,0007	-0,0269
530	08:50:00	18:20:00	4,18	4,2063	0,0007	-0,0263
540	09:00:00	18:30:00	4,21	4,2350	0,0006	-0,0250
550	09:10:00	18:40:00	4,24	4,2632	0,0005	-0,0232
560	09:20:00	18:50:00	4,27	4,2908	0,0004	-0,0208
570	09:30:00	19:00:00	4,31	4,3178	0,0001	-0,0078
580	09:40:00	19:10:00	4,34	4,3443	0,0000	-0,0043
590	09:50:00	19:20:00	4,37	4,3702	0,0000	-0,0002
600	10:00:00	19:30:00	4,40	4,3956	0,0001	0,0074
610	10:10:00	19:40:00	4,43	4,4204	0,0001	0,0096
620	10:20:00	19:50:00	4,46	4,4448	0,0001	0,0122
630	10:30:00	20:00:00	4,48	4,4686	0,0002	0,0154
640	10:40:00	20:10:00	4,51	4,4920	0,0004	0,0190
650	10:50:00	20:20:00	4,54	4,5149	0,0005	0,0231
660	11:00:00	20:30:00	4,57	4,5373	0,0008	0,0277
670	11:10:00	20:40:00	4,59	4,5592	0,0009	0,0308
680	11:20:00	20:50:00	4,62	4,5807	0,0015	0,0393
690	11:30:00	21:00:00	4,65	4,6018	0,0023	0,0482
700	11:40:00	21:10:00	4,67	4,6224	0,0023	0,0476
710	11:50:00	21:20:00	4,68	4,6426	0,0014	0,0374
720	12:00:00	21:30:00	4,70	4,6624	0,0014	0,0376
730	12:10:00	21:40:00	4,72	4,6817	0,0015	0,0383

Quadro 14: Dados referentes aos gráficos 31 e 32 (egf161_3)

C = Cs - (Cs - Ci) * exp(-K2 * t)				Temp. água = 24,53 °C		
Soma mmq = 0,1106				Média Temp. bs = 24,17 °C		
Ci = 2,10 mg/L				Temp. bu = 20,53 °C		
Cs = 7,79 mg/L				u.r. = 72,93 %		
K2 = 0,0013 min ⁻¹						
K2,25 = 0,0761 h ⁻¹				0,0753 h ⁻¹		
Tempo minutos	Duração	Hora h:mm:ss	OD obs. mg/L	OD mod. mg/L	mmq	Resíduos
0	00:00:00	10:50:00	2,10	2,1000	0,0000	0,0000
10	00:10:00	11:00:00	2,19	2,1709	0,0004	0,0191
20	00:20:00	11:10:00	2,28	2,2409	0,0015	0,0391
30	00:30:00	11:20:00	2,36	2,3101	0,0025	0,0499
40	00:40:00	11:30:00	2,43	2,3784	0,0027	0,0516
50	00:50:00	11:40:00	2,49	2,4458	0,0019	0,0442
60	01:00:00	11:50:00	2,55	2,5125	0,0014	0,0375
70	01:10:00	12:00:00	2,61	2,5782	0,0010	0,0318
80	01:20:00	12:10:00	2,69	2,6432	0,0022	0,0468
90	01:30:00	12:20:00	2,74	2,7073	0,0011	0,0327
100	01:40:00	12:30:00	2,80	2,7707	0,0009	0,0293
110	01:50:00	12:40:00	2,86	2,8332	0,0007	0,0268
120	02:00:00	12:50:00	2,93	2,8950	0,0012	0,0350
130	02:10:00	13:00:00	3,00	2,9560	0,0019	0,0440
140	02:20:00	13:10:00	3,06	3,0162	0,0019	0,0438
150	02:30:00	13:20:00	3,12	3,0757	0,0020	0,0443
160	02:40:00	13:30:00	3,18	3,1345	0,0021	0,0455
170	02:50:00	13:40:00	3,23	3,1925	0,0014	0,0375
180	03:00:00	13:50:00	3,28	3,2498	0,0009	0,0302
190	03:10:00	14:00:00	3,34	3,3064	0,0011	0,0336
200	03:20:00	14:10:00	3,40	3,3622	0,0014	0,0378
210	03:30:00	14:20:00	3,45	3,4174	0,0011	0,0326
220	03:40:00	14:30:00	3,50	3,4719	0,0008	0,0281
230	03:50:00	14:40:00	3,55	3,5257	0,0006	0,0243
240	04:00:00	14:50:00	3,60	3,5788	0,0004	0,0212
250	04:10:00	15:00:00	3,66	3,6313	0,0008	0,0287
260	04:20:00	15:10:00	3,71	3,6831	0,0007	0,0269
270	04:30:00	15:20:00	3,76	3,7343	0,0007	0,0257
280	04:40:00	15:30:00	3,81	3,7848	0,0006	0,0252
290	04:50:00	15:40:00	3,85	3,8347	0,0002	0,0153
300	05:00:00	15:50:00	3,89	3,8840	0,0000	0,0060
310	05:10:00	16:00:00	3,94	3,9327	0,0001	0,0073
320	05:20:00	16:10:00	3,98	3,9808	0,0000	-0,0008
330	05:30:00	16:20:00	4,04	4,0282	0,0001	0,0118
340	05:40:00	16:30:00	4,08	4,0751	0,0000	0,0049
350	05:50:00	16:40:00	4,13	4,1214	0,0001	0,0086
360	06:00:00	16:50:00	4,17	4,1671	0,0000	0,0029
370	06:10:00	17:00:00	4,21	4,2122	0,0000	-0,0022
380	06:20:00	17:10:00	4,25	4,2568	0,0000	-0,0068
390	06:30:00	17:20:00	4,29	4,3008	0,0001	-0,0108
400	06:40:00	17:30:00	4,33	4,3443	0,0002	-0,0143
410	06:50:00	17:40:00	4,36	4,3872	0,0007	-0,0272
420	07:00:00	17:50:00	4,40	4,4296	0,0009	-0,0296
430	07:10:00	18:00:00	4,44	4,4715	0,0010	-0,0315
440	07:20:00	18:10:00	4,48	4,5128	0,0014	-0,0378
450	07:30:00	18:20:00	4,51	4,5536	0,0017	-0,0416
460	07:40:00	18:30:00	4,55	4,5939	0,0020	-0,0449
470	07:50:00	18:40:00	4,59	4,6338	0,0023	-0,0478
480	08:00:00	18:50:00	4,62	4,6731	0,0025	-0,0501
490	08:10:00	19:00:00	4,66	4,7119	0,0027	-0,0519
500	08:20:00	19:10:00	4,70	4,7502	0,0028	-0,0532
510	08:30:00	19:20:00	4,73	4,7881	0,0029	-0,0541
520	08:40:00	19:30:00	4,77	4,8255	0,0030	-0,0545
530	08:50:00	19:40:00	4,81	4,8624	0,0030	-0,0544
540	09:00:00	19:50:00	4,85	4,8989	0,0029	-0,0539
550	09:10:00	20:00:00	4,88	4,9349	0,0028	-0,0529
560	09:20:00	20:10:00	4,92	4,9705	0,0026	-0,0515
570	09:30:00	20:20:00	4,96	5,0056	0,0025	-0,0496
580	09:40:00	20:30:00	4,99	5,0403	0,0022	-0,0473
590	09:50:00	20:40:00	5,03	5,0745	0,0020	-0,0445
600	10:00:00	20:50:00	5,07	5,1083	0,0017	-0,0413
610	10:10:00	21:00:00	5,11	5,1417	0,0010	-0,0317
620	10:20:00	21:10:00	5,16	5,1747	0,0002	-0,0147
630	10:30:00	21:20:00	5,20	5,2073	0,0001	-0,0073
640	10:40:00	21:30:00	5,24	5,2395	0,0000	0,0005
650	10:50:00	21:40:00	5,28	5,2712	0,0001	0,0088
660	11:00:00	21:50:00	5,33	5,3026	0,0008	0,0274
670	11:10:00	22:00:00	5,37	5,3336	0,0013	0,0364
680	11:20:00	22:10:00	5,41	5,3641	0,0021	0,0459
690	11:30:00	22:20:00	5,44	5,3944	0,0021	0,0456
700	11:40:00	22:30:00	5,47	5,4242	0,0021	0,0458
710	11:50:00	22:40:00	5,50	5,4536	0,0021	0,0464
720	12:00:00	22:50:00	5,54	5,4827	0,0033	0,0573
730	12:10:00	23:00:00	5,58	5,5115	0,0047	0,0685
740	12:20:00	23:10:00	5,61	5,5398	0,0049	0,0702
750	12:30:00	23:20:00	5,64	5,5679	0,0052	0,0721

Quadro 15: Dados referentes aos gráficos 33 e 34 (egm167_1)

C = Cs - (Cs - Ci) * exp(-K2 * t)				Média	Temp. água = 22,53 °C	
Soma mmq = 0,0312					Temp. bs = 23,90 °C	
Ci = 1,80 mg/L					Temp. bu = 19,80 °C	
Cs = 7,45 mg/L					u.r. = 69,53 %	
K2 = 0,0012 min^-1					0,0714 h^-1	
K2,25 = 0,0757 h^-1						
Tempo minutos	Duração	Hora h:mm:ss	OD obs. mg/L	OD mod. mg/L	mmq	Resíduos
0	00:00:00	12:00:00	1,80	1,8000	0,0000	0,0000
10	00:10:00	12:10:00	1,88	1,8668	0,0002	0,0132
20	00:20:00	12:20:00	1,94	1,9329	0,0001	0,0071
30	00:30:00	12:30:00	2,02	1,9981	0,0005	0,0219
40	00:40:00	12:40:00	2,08	2,0626	0,0003	0,0174
50	00:50:00	12:50:00	2,14	2,1263	0,0002	0,0137
60	01:00:00	13:00:00	2,20	2,1893	0,0001	0,0107
70	01:10:00	13:10:00	2,26	2,2515	0,0001	0,0085
80	01:20:00	13:20:00	2,32	2,3130	0,0000	0,0070
90	01:30:00	13:30:00	2,38	2,3738	0,0000	0,0062
100	01:40:00	13:40:00	2,44	2,4338	0,0000	0,0062
110	01:50:00	13:50:00	2,50	2,4931	0,0000	0,0069
120	02:00:00	14:00:00	2,56	2,5518	0,0001	0,0082
130	02:10:00	14:10:00	2,62	2,6097	0,0001	0,0103
140	02:20:00	14:20:00	2,68	2,6670	0,0002	0,0130
150	02:30:00	14:30:00	2,74	2,7235	0,0003	0,0165
160	02:40:00	14:40:00	2,80	2,7794	0,0004	0,0206
170	02:50:00	14:50:00	2,85	2,8347	0,0002	0,0153
180	03:00:00	15:00:00	2,91	2,8893	0,0004	0,0207
190	03:10:00	15:10:00	2,97	2,9432	0,0007	0,0268
200	03:20:00	15:20:00	3,02	2,9965	0,0006	0,0235
210	03:30:00	15:30:00	3,07	3,0492	0,0004	0,0208
220	03:40:00	15:40:00	3,12	3,1012	0,0004	0,0188
230	03:50:00	15:50:00	3,17	3,1526	0,0003	0,0174
240	04:00:00	16:00:00	3,22	3,2035	0,0003	0,0165
250	04:10:00	16:10:00	3,28	3,2537	0,0007	0,0263
260	04:20:00	16:20:00	3,33	3,3033	0,0007	0,0267
270	04:30:00	16:30:00	3,38	3,3523	0,0008	0,0277
280	04:40:00	16:40:00	3,42	3,4008	0,0004	0,0192
290	04:50:00	16:50:00	3,48	3,4487	0,0010	0,0313
300	05:00:00	17:00:00	3,52	3,4960	0,0006	0,0240
310	05:10:00	17:10:00	3,56	3,5428	0,0003	0,0172
320	05:20:00	17:20:00	3,60	3,5890	0,0001	0,0110
330	05:30:00	17:30:00	3,64	3,6346	0,0000	0,0054
340	05:40:00	17:40:00	3,68	3,6797	0,0000	0,0003
350	05:50:00	17:50:00	3,72	3,7243	0,0000	-0,0043
360	06:00:00	18:00:00	3,76	3,7684	0,0001	-0,0084
370	06:10:00	18:10:00	3,80	3,8119	0,0001	-0,0119
380	06:20:00	18:20:00	3,84	3,8549	0,0002	-0,0149
390	06:30:00	18:30:00	3,88	3,8974	0,0003	-0,0174
400	06:40:00	18:40:00	3,92	3,9394	0,0004	-0,0194
410	06:50:00	18:50:00	3,96	3,9809	0,0004	-0,0209
420	07:00:00	19:00:00	4,00	4,0220	0,0005	-0,0220
430	07:10:00	19:10:00	4,04	4,0625	0,0005	-0,0225
440	07:20:00	19:20:00	4,08	4,1025	0,0005	-0,0225
450	07:30:00	19:30:00	4,12	4,1421	0,0005	-0,0221
460	07:40:00	19:40:00	4,16	4,1812	0,0005	-0,0212
470	07:50:00	19:50:00	4,20	4,2199	0,0004	-0,0199
480	08:00:00	20:00:00	4,23	4,2581	0,0008	-0,0281
490	08:10:00	20:10:00	4,27	4,2958	0,0007	-0,0258
500	08:20:00	20:20:00	4,31	4,3331	0,0005	-0,0231
510	08:30:00	20:30:00	4,34	4,3699	0,0009	-0,0299
520	08:40:00	20:40:00	4,38	4,4063	0,0008	-0,0283
530	08:50:00	20:50:00	4,41	4,4423	0,0008	-0,0283
540	09:00:00	21:00:00	4,45	4,4779	0,0008	-0,0279
550	09:10:00	21:10:00	4,49	4,5130	0,0007	-0,0270
560	09:20:00	21:20:00	4,52	4,5477	0,0007	-0,0257
570	09:30:00	21:30:00	4,56	4,5820	0,0006	-0,0240
580	09:40:00	21:40:00	4,59	4,6159	0,0005	-0,0219
590	09:50:00	21:50:00	4,63	4,6494	0,0004	-0,0194
600	10:00:00	22:00:00	4,67	4,6826	0,0003	-0,0166
610	10:10:00	22:10:00	4,70	4,7153	0,0002	-0,0133
620	10:20:00	22:20:00	4,74	4,7476	0,0001	-0,0096
630	10:30:00	22:30:00	4,77	4,7795	0,0000	-0,0055
640	10:40:00	22:40:00	4,81	4,8111	0,0000	-0,0011
650	10:50:00	22:50:00	4,85	4,8423	0,0000	0,0037
660	11:00:00	23:00:00	4,88	4,8731	0,0001	0,0089
670	11:10:00	23:10:00	4,92	4,9036	0,0002	0,0144
680	11:20:00	23:20:00	4,95	4,9337	0,0004	0,0203
690	11:30:00	23:30:00	4,99	4,9634	0,0007	0,0266
700	11:40:00	23:40:00	5,03	4,9928	0,0011	0,0332
710	11:50:00	23:50:00	5,06	5,0218	0,0016	0,0402
720	12:00:00	00:00:00	5,08	5,0505	0,0009	0,0295
730	12:10:00	00:10:00	5,11	5,0789	0,0010	0,0311
740	12:20:00	00:20:00	5,14	5,1069	0,0011	0,0331
750	12:30:00	00:30:00	5,16	5,1346	0,0006	0,0254

Quadro 16: Dados referentes aos gráficos 35 e 36 (egm167_2)

C = Cs - (Cs - Ci) * exp(-K2 * t)				Média	Temp. água = 23,78 °C	
Soma mmq = 0,0786					Temp. bs = 25,40 °C	
Ci = 1,64 mg/L					Temp. bu = 21,90 °C	
Cs = 7,70 mg/L						
K2 = 0,0011 min^-1				0,0670 h^-1	u.r. = 74,58 %	
K2,25 = 0,0690 h^-1						
Tempo minutos	Duração	Hora h:mm:ss	OD obs. mg/L	OD mod. mg/L	mmq	Resíduos
0	00:00:00	10:50:00	1,64	1,6400	0,0000	0,0000
10	00:10:00	11:00:00	1,71	1,7073	0,0000	0,0027
20	00:20:00	11:10:00	1,79	1,7739	0,0003	0,0161
30	00:30:00	11:20:00	1,85	1,8398	0,0001	0,0102
40	00:40:00	11:30:00	1,91	1,9049	0,0000	0,0051
50	00:50:00	11:40:00	1,97	1,9693	0,0000	0,0007
60	01:00:00	11:50:00	2,03	2,0329	0,0000	-0,0029
70	01:10:00	12:00:00	2,09	2,0959	0,0000	-0,0059
80	01:20:00	12:10:00	2,16	2,1582	0,0000	0,0018
90	01:30:00	12:20:00	2,22	2,2197	0,0000	0,0003
100	01:40:00	12:30:00	2,30	2,2806	0,0004	0,0194
110	01:50:00	12:40:00	2,37	2,3409	0,0008	0,0291
120	02:00:00	12:50:00	2,43	2,4004	0,0009	0,0296
130	02:10:00	13:00:00	2,49	2,4593	0,0009	0,0307
140	02:20:00	13:10:00	2,55	2,5175	0,0011	0,0325
150	02:30:00	13:20:00	2,62	2,5751	0,0020	0,0449
160	02:40:00	13:30:00	2,69	2,6321	0,0034	0,0579
170	02:50:00	13:40:00	2,74	2,6884	0,0027	0,0516
180	03:00:00	13:50:00	2,79	2,7441	0,0021	0,0459
190	03:10:00	14:00:00	2,84	2,7991	0,0017	0,0409
200	03:20:00	14:10:00	2,89	2,8536	0,0013	0,0364
210	03:30:00	14:20:00	2,95	2,9074	0,0018	0,0426
220	03:40:00	14:30:00	3,01	2,9607	0,0024	0,0493
230	03:50:00	14:40:00	3,04	3,0134	0,0007	0,0266
240	04:00:00	14:50:00	3,08	3,0654	0,0002	0,0146
250	04:10:00	15:00:00	3,12	3,1169	0,0000	0,0031
260	04:20:00	15:10:00	3,17	3,1679	0,0000	0,0021
270	04:30:00	15:20:00	3,21	3,2182	0,0001	-0,0082
280	04:40:00	15:30:00	3,26	3,2680	0,0001	-0,0080
290	04:50:00	15:40:00	3,30	3,3173	0,0003	-0,0173
300	05:00:00	15:50:00	3,35	3,3660	0,0003	-0,0160
310	05:10:00	16:00:00	3,39	3,4141	0,0006	-0,0241
320	05:20:00	16:10:00	3,44	3,4618	0,0005	-0,0218
330	05:30:00	16:20:00	3,49	3,5089	0,0004	-0,0189
340	05:40:00	16:30:00	3,53	3,5554	0,0006	-0,0254
350	05:50:00	16:40:00	3,57	3,6015	0,0010	-0,0315
360	06:00:00	16:50:00	3,61	3,6470	0,0014	-0,0370
370	06:10:00	17:00:00	3,65	3,6921	0,0018	-0,0421
380	06:20:00	17:10:00	3,69	3,7366	0,0022	-0,0466
390	06:30:00	17:20:00	3,73	3,7807	0,0026	-0,0507
400	06:40:00	17:30:00	3,78	3,8242	0,0020	-0,0442
410	06:50:00	17:40:00	3,82	3,8673	0,0022	-0,0473
420	07:00:00	17:50:00	3,86	3,9099	0,0025	-0,0499
430	07:10:00	18:00:00	3,90	3,9520	0,0027	-0,0520
440	07:20:00	18:10:00	3,95	3,9937	0,0019	-0,0437
450	07:30:00	18:20:00	3,99	4,0348	0,0020	-0,0448
460	07:40:00	18:30:00	4,03	4,0756	0,0021	-0,0456
470	07:50:00	18:40:00	4,08	4,1159	0,0013	-0,0359
480	08:00:00	18:50:00	4,13	4,1557	0,0007	-0,0257
490	08:10:00	19:00:00	4,18	4,1951	0,0002	-0,0151
500	08:20:00	19:10:00	4,23	4,2340	0,0000	-0,0040
510	08:30:00	19:20:00	4,28	4,2726	0,0001	0,0074
520	08:40:00	19:30:00	4,32	4,3106	0,0001	0,0094
530	08:50:00	19:40:00	4,36	4,3483	0,0001	0,0117
540	09:00:00	19:50:00	4,40	4,3856	0,0002	0,0144
550	09:10:00	20:00:00	4,44	4,4224	0,0003	0,0176
560	09:20:00	20:10:00	4,49	4,4588	0,0010	0,0312
570	09:30:00	20:20:00	4,53	4,4949	0,0012	0,0351
580	09:40:00	20:30:00	4,58	4,5305	0,0025	0,0495
590	09:50:00	20:40:00	4,61	4,5657	0,0020	0,0443
600	10:00:00	20:50:00	4,65	4,6005	0,0024	0,0495
610	10:10:00	21:00:00	4,69	4,6350	0,0030	0,0550
620	10:20:00	21:10:00	4,72	4,6691	0,0026	0,0509
630	10:30:00	21:20:00	4,75	4,7027	0,0022	0,0473
640	10:40:00	21:30:00	4,77	4,7361	0,0012	0,0339
650	10:50:00	21:40:00	4,80	4,7690	0,0010	0,0310
660	11:00:00	21:50:00	4,83	4,8016	0,0008	0,0284
670	11:10:00	22:00:00	4,85	4,8338	0,0003	0,0162
680	11:20:00	22:10:00	4,87	4,8657	0,0000	0,0043
690	11:30:00	22:20:00	4,90	4,8972	0,0000	0,0028
700	11:40:00	22:30:00	4,92	4,9283	0,0001	-0,0083
710	11:50:00	22:40:00	4,94	4,9591	0,0004	-0,0191
720	12:00:00	22:50:00	4,97	4,9896	0,0004	-0,0196
730	12:10:00	23:00:00	4,99	5,0197	0,0009	-0,0297
740	12:20:00	23:10:00	5,01	5,0495	0,0016	-0,0395
750	12:30:00	23:20:00	5,03	5,0790	0,0024	-0,0490

Quadro 17: Dados referentes aos gráficos 37 e 38 (egm167_3)

C = Cs - (Cs - Ci) * exp(-K2 * t)					Temp. água = 25,13 °C	
Soma mmq = 0,0240					Média Temp. bs = 26,20 °C	
Ci = 1,67 mg/L					Temp. bu = 22,50 °C	
Cs = 6,11 mg/L					u.r. = 73,57 %	
K2 = 0,0015 min ⁻¹						
K2,25 = 0,0881 h ⁻¹					0,0883 h ⁻¹	
Tempo minutos	Duração	Hora h:mm:ss	OD obs. mg/L	OD mod. mg/L	mmq	Resíduos
0	00:00:00	11:00:00	1,67	1,6700	0,0000	0,0000
10	00:10:00	11:10:00	1,74	1,7349	0,0000	0,0051
20	00:20:00	11:20:00	1,80	1,7988	0,0000	0,0012
30	00:30:00	11:30:00	1,87	1,8618	0,0001	0,0082
40	00:40:00	11:40:00	1,92	1,9239	0,0000	-0,0039
50	00:50:00	11:50:00	1,99	1,9850	0,0000	0,0050
60	01:00:00	12:00:00	2,05	2,0453	0,0000	0,0047
70	01:10:00	12:10:00	2,11	2,1047	0,0000	0,0053
80	01:20:00	12:20:00	2,18	2,1632	0,0003	0,0168
90	01:30:00	12:30:00	2,24	2,2209	0,0004	0,0191
100	01:40:00	12:40:00	2,30	2,2777	0,0005	0,0223
110	01:50:00	12:50:00	2,36	2,3337	0,0007	0,0263
120	02:00:00	13:00:00	2,42	2,3889	0,0010	0,0311
130	02:10:00	13:10:00	2,47	2,4433	0,0007	0,0267
140	02:20:00	13:20:00	2,53	2,4969	0,0011	0,0331
150	02:30:00	13:30:00	2,58	2,5497	0,0009	0,0303
160	02:40:00	13:40:00	2,64	2,6017	0,0015	0,0383
170	02:50:00	13:50:00	2,68	2,6529	0,0007	0,0271
180	03:00:00	14:00:00	2,73	2,7035	0,0007	0,0265
190	03:10:00	14:10:00	2,78	2,7532	0,0007	0,0268
200	03:20:00	14:20:00	2,83	2,8023	0,0008	0,0277
210	03:30:00	14:30:00	2,87	2,8506	0,0004	0,0194
220	03:40:00	14:40:00	2,92	2,8982	0,0005	0,0218
230	03:50:00	14:50:00	2,96	2,9452	0,0002	0,0148
240	04:00:00	15:00:00	3,00	2,9914	0,0001	0,0086
250	04:10:00	15:10:00	3,04	3,0370	0,0000	0,0030
260	04:20:00	15:20:00	3,08	3,0819	0,0000	-0,0019
270	04:30:00	15:30:00	3,13	3,1261	0,0000	0,0039
280	04:40:00	15:40:00	3,18	3,1697	0,0001	0,0103
290	04:50:00	15:50:00	3,21	3,2127	0,0000	-0,0027
300	05:00:00	16:00:00	3,25	3,2550	0,0000	-0,0050
310	05:10:00	16:10:00	3,29	3,2967	0,0000	-0,0067
320	05:20:00	16:20:00	3,33	3,3378	0,0001	-0,0078
330	05:30:00	16:30:00	3,36	3,3783	0,0003	-0,0183
340	05:40:00	16:40:00	3,39	3,4182	0,0008	-0,0282
350	05:50:00	16:50:00	3,43	3,4576	0,0008	-0,0276
360	06:00:00	17:00:00	3,47	3,4963	0,0007	-0,0263
370	06:10:00	17:10:00	3,50	3,5345	0,0012	-0,0345
380	06:20:00	17:20:00	3,54	3,5721	0,0010	-0,0321
390	06:30:00	17:30:00	3,58	3,6092	0,0009	-0,0292
400	06:40:00	17:40:00	3,63	3,6458	0,0002	-0,0158
410	06:50:00	17:50:00	3,67	3,6818	0,0001	-0,0118
420	07:00:00	18:00:00	3,71	3,7172	0,0001	-0,0072
430	07:10:00	18:10:00	3,74	3,7522	0,0001	-0,0122
440	07:20:00	18:20:00	3,77	3,7867	0,0003	-0,0167
450	07:30:00	18:30:00	3,81	3,8206	0,0001	-0,0106
460	07:40:00	18:40:00	3,84	3,8540	0,0002	-0,0140
470	07:50:00	18:50:00	3,87	3,8870	0,0003	-0,0170
480	08:00:00	19:00:00	3,90	3,9195	0,0004	-0,0195
490	08:10:00	19:10:00	3,94	3,9515	0,0001	-0,0115
500	08:20:00	19:20:00	3,97	3,9830	0,0002	-0,0130
510	08:30:00	19:30:00	4,00	4,0141	0,0002	-0,0141
520	08:40:00	19:40:00	4,03	4,0447	0,0002	-0,0147
530	08:50:00	19:50:00	4,06	4,0749	0,0002	-0,0149
540	09:00:00	20:00:00	4,09	4,1046	0,0002	-0,0146
550	09:10:00	20:10:00	4,12	4,1339	0,0002	-0,0139
560	09:20:00	20:20:00	4,16	4,1628	0,0000	-0,0028
570	09:30:00	20:30:00	4,19	4,1912	0,0000	-0,0012
580	09:40:00	20:40:00	4,22	4,2193	0,0000	0,0007
590	09:50:00	20:50:00	4,25	4,2469	0,0000	0,0031
600	10:00:00	21:00:00	4,28	4,2741	0,0000	0,0059
610	10:10:00	21:10:00	4,31	4,3009	0,0001	0,0091
620	10:20:00	21:20:00	4,34	4,3274	0,0002	0,0126
630	10:30:00	21:30:00	4,36	4,3534	0,0000	0,0066
640	10:40:00	21:40:00	4,39	4,3791	0,0001	0,0109
650	10:50:00	21:50:00	4,42	4,4043	0,0002	0,0127
660	11:00:00	22:00:00	4,44	4,4293	0,0002	0,0147
670	11:10:00	22:10:00	4,47	4,4538	0,0003	0,0172
680	11:20:00	22:20:00	4,50	4,4780	0,0005	0,0220
690	11:30:00	22:30:00	4,53	4,5019	0,0008	0,0281
700	11:40:00	22:40:00	4,56	4,5253	0,0012	0,0347

Quadro 18: Dados referentes aos gráficos 39 e 40 (egm181_1)

C = Cs - (Cs - Ci) * exp(-K2 * t)				Média	Temp. água = 24,83 °C	
Soma mmq = 0,0483					Temp. bs = 25,77 °C	
Ci = 2,62 mg/L					Temp. bu = 21,43 °C	
Cs = 6,37 mg/L					u.r. = 69,17 %	
K2 = 0,0015 min^-1					0,0921 h^-1	
K2,25 = 0,0925 h^-1						
Tempo minutos	Duração	Hora h:mm:ss	OD obs. mg/L	OD mod. mg/L	mmq	Resíduos
0	00:00:00	11:10:00	2,62	2,6200	0,0000	0,0000
10	00:10:00	11:20:00	2,68	2,6771	0,0000	0,0029
20	00:20:00	11:30:00	2,74	2,7333	0,0000	0,0067
30	00:30:00	11:40:00	2,79	2,7887	0,0000	0,0013
40	00:40:00	11:50:00	2,84	2,8432	0,0000	-0,0032
50	00:50:00	12:00:00	2,90	2,8969	0,0000	0,0031
60	01:00:00	12:10:00	2,96	2,9498	0,0001	0,0102
70	01:10:00	12:20:00	3,01	3,0019	0,0001	0,0081
80	01:20:00	12:30:00	3,07	3,0532	0,0003	0,0168
90	01:30:00	12:40:00	3,13	3,1037	0,0007	0,0263
100	01:40:00	12:50:00	3,19	3,1534	0,0013	0,0366
110	01:50:00	13:00:00	3,24	3,2024	0,0014	0,0376
120	02:00:00	13:10:00	3,29	3,2506	0,0016	0,0394
130	02:10:00	13:20:00	3,33	3,2981	0,0010	0,0319
140	02:20:00	13:30:00	3,37	3,3449	0,0006	0,0251
150	02:30:00	13:40:00	3,42	3,3909	0,0008	0,0291
160	02:40:00	13:50:00	3,47	3,4363	0,0011	0,0337
170	02:50:00	14:00:00	3,51	3,4809	0,0008	0,0291
180	03:00:00	14:10:00	3,56	3,5249	0,0012	0,0351
190	03:10:00	14:20:00	3,60	3,5682	0,0010	0,0318
200	03:20:00	14:30:00	3,65	3,6109	0,0015	0,0391
210	03:30:00	14:40:00	3,69	3,6529	0,0014	0,0371
220	03:40:00	14:50:00	3,73	3,6943	0,0013	0,0357
230	03:50:00	15:00:00	3,77	3,7350	0,0012	0,0350
240	04:00:00	15:10:00	3,81	3,7751	0,0012	0,0349
250	04:10:00	15:20:00	3,84	3,8146	0,0006	0,0254
260	04:20:00	15:30:00	3,87	3,8535	0,0003	0,0165
270	04:30:00	15:40:00	3,90	3,8918	0,0001	0,0082
280	04:40:00	15:50:00	3,94	3,9295	0,0001	0,0105
290	04:50:00	16:00:00	3,97	3,9667	0,0000	0,0033
300	05:00:00	16:10:00	4,01	4,0033	0,0000	0,0067
310	05:10:00	16:20:00	4,03	4,0393	0,0001	-0,0093
320	05:20:00	16:30:00	4,06	4,0748	0,0002	-0,0148
330	05:30:00	16:40:00	4,09	4,1097	0,0004	-0,0197
340	05:40:00	16:50:00	4,12	4,1441	0,0006	-0,0241
350	05:50:00	17:00:00	4,15	4,1780	0,0008	-0,0280
360	06:00:00	17:10:00	4,18	4,2114	0,0010	-0,0314
370	06:10:00	17:20:00	4,21	4,2442	0,0012	-0,0342
380	06:20:00	17:30:00	4,24	4,2766	0,0013	-0,0366
390	06:30:00	17:40:00	4,26	4,3085	0,0023	-0,0485
400	06:40:00	17:50:00	4,30	4,3398	0,0016	-0,0398
410	06:50:00	18:00:00	4,33	4,3707	0,0017	-0,0407
420	07:00:00	18:10:00	4,37	4,4012	0,0010	-0,0312
430	07:10:00	18:20:00	4,40	4,4311	0,0010	-0,0311
440	07:20:00	18:30:00	4,43	4,4606	0,0009	-0,0306
450	07:30:00	18:40:00	4,46	4,4897	0,0009	-0,0297
460	07:40:00	18:50:00	4,49	4,5183	0,0008	-0,0283
470	07:50:00	19:00:00	4,52	4,5465	0,0007	-0,0265
480	08:00:00	19:10:00	4,55	4,5743	0,0006	-0,0243
490	08:10:00	19:20:00	4,58	4,6016	0,0005	-0,0216
500	08:20:00	19:30:00	4,61	4,6285	0,0003	-0,0185
510	08:30:00	19:40:00	4,63	4,6550	0,0006	-0,0250
520	08:40:00	19:50:00	4,66	4,6811	0,0004	-0,0211
530	08:50:00	20:00:00	4,69	4,7068	0,0003	-0,0168
540	09:00:00	20:10:00	4,71	4,7321	0,0005	-0,0221
550	09:10:00	20:20:00	4,74	4,7570	0,0003	-0,0170
560	09:20:00	20:30:00	4,77	4,7816	0,0001	-0,0116
570	09:30:00	20:40:00	4,80	4,8057	0,0000	-0,0057
580	09:40:00	20:50:00	4,83	4,8296	0,0000	0,0004
590	09:50:00	21:00:00	4,86	4,8530	0,0000	0,0070
600	10:00:00	21:10:00	4,89	4,8761	0,0002	0,0139
610	10:10:00	21:20:00	4,91	4,8988	0,0001	0,0112
620	10:20:00	21:30:00	4,94	4,9212	0,0004	0,0188
630	10:30:00	21:40:00	4,96	4,9432	0,0003	0,0168
640	10:40:00	21:50:00	4,99	4,9649	0,0006	0,0251
650	10:50:00	22:00:00	5,01	4,9863	0,0006	0,0237
660	11:00:00	22:10:00	5,03	5,0074	0,0005	0,0226
670	11:10:00	22:20:00	5,06	5,0281	0,0010	0,0319
680	11:20:00	22:30:00	5,08	5,0485	0,0010	0,0315
690	11:30:00	22:40:00	5,11	5,0686	0,0017	0,0414
700	11:40:00	22:50:00	5,13	5,0884	0,0017	0,0416

Quadro 19: Dados referentes aos gráficos 41 e 42 (egm181_2)

C = Cs - (Cs - Ci) * exp(-K2 * t)				Média	Temp. água = 25,13 °C	
Soma mmq = 0,0113					Temp. bs = 25,57 °C	
Ci = 2,22 mg/L					Temp. bu = 20,83 °C	
Cs = 6,41 mg/L					u.r. = 66,40 %	
K2 = 0,0014 min^-1					0,0850 h^-1	
K2,25 = 0,0847 h^-1						
Tempo minutos	Duração	Hora h:mm:ss	OD obs. mg/L	OD mod. mg/L	mmq	Resíduos
0	00:00:00	10:10:00	2,22	2,2200	0,0000	0,0000
10	00:10:00	10:20:00	2,28	2,2789	0,0000	0,0011
20	00:20:00	10:30:00	2,34	2,3370	0,0000	0,0030
30	00:30:00	10:40:00	2,38	2,3942	0,0002	-0,0142
40	00:40:00	10:50:00	2,42	2,4507	0,0009	-0,0307
50	00:50:00	11:00:00	2,48	2,5063	0,0007	-0,0263
60	01:00:00	11:10:00	2,54	2,5612	0,0004	-0,0212
70	01:10:00	11:20:00	2,59	2,6153	0,0006	-0,0253
80	01:20:00	11:30:00	2,65	2,6686	0,0003	-0,0186
90	01:30:00	11:40:00	2,71	2,7212	0,0001	-0,0112
100	01:40:00	11:50:00	2,76	2,7731	0,0002	-0,0131
110	01:50:00	12:00:00	2,81	2,8242	0,0002	-0,0142
120	02:00:00	12:10:00	2,86	2,8746	0,0002	-0,0146
130	02:10:00	12:20:00	2,91	2,9243	0,0002	-0,0143
140	02:20:00	12:30:00	2,96	2,9733	0,0002	-0,0133
150	02:30:00	12:40:00	3,01	3,0216	0,0001	-0,0116
160	02:40:00	12:50:00	3,06	3,0692	0,0001	-0,0092
170	02:50:00	13:00:00	3,12	3,1162	0,0000	0,0038
180	03:00:00	13:10:00	3,16	3,1625	0,0000	-0,0025
190	03:10:00	13:20:00	3,21	3,2081	0,0000	0,0019
200	03:20:00	13:30:00	3,26	3,2531	0,0000	0,0069
210	03:30:00	13:40:00	3,30	3,2975	0,0000	0,0025
220	03:40:00	13:50:00	3,34	3,3412	0,0000	-0,0012
230	03:50:00	14:00:00	3,39	3,3843	0,0000	0,0057
240	04:00:00	14:10:00	3,44	3,4269	0,0002	0,0131
250	04:10:00	14:20:00	3,48	3,4688	0,0001	0,0112
260	04:20:00	14:30:00	3,52	3,5101	0,0001	0,0099
270	04:30:00	14:40:00	3,56	3,5509	0,0001	0,0091
280	04:40:00	14:50:00	3,60	3,5911	0,0001	0,0089
290	04:50:00	15:00:00	3,64	3,6307	0,0001	0,0093
300	05:00:00	15:10:00	3,68	3,6697	0,0001	0,0103
310	05:10:00	15:20:00	3,71	3,7083	0,0000	0,0017
320	05:20:00	15:30:00	3,75	3,7462	0,0000	0,0038
330	05:30:00	15:40:00	3,79	3,7837	0,0000	0,0063
340	05:40:00	15:50:00	3,82	3,8206	0,0000	-0,0006
350	05:50:00	16:00:00	3,85	3,8570	0,0000	-0,0070
360	06:00:00	16:10:00	3,88	3,8928	0,0002	-0,0128
370	06:10:00	16:20:00	3,91	3,9282	0,0003	-0,0182
380	06:20:00	16:30:00	3,96	3,9631	0,0000	-0,0031
390	06:30:00	16:40:00	3,99	3,9975	0,0001	-0,0075
400	06:40:00	16:50:00	4,03	4,0314	0,0000	-0,0014
410	06:50:00	17:00:00	4,08	4,0648	0,0002	0,0152
420	07:00:00	17:10:00	4,11	4,0977	0,0002	0,0123
430	07:10:00	17:20:00	4,15	4,1302	0,0004	0,0198
440	07:20:00	17:30:00	4,18	4,1623	0,0003	0,0177
450	07:30:00	17:40:00	4,20	4,1939	0,0000	0,0061
460	07:40:00	17:50:00	4,23	4,2250	0,0000	0,0050
470	07:50:00	18:00:00	4,25	4,2557	0,0000	-0,0057
480	08:00:00	18:10:00	4,28	4,2860	0,0000	-0,0060
490	08:10:00	18:20:00	4,32	4,3158	0,0000	0,0042
500	08:20:00	18:30:00	4,35	4,3452	0,0000	0,0048
510	08:30:00	18:40:00	4,38	4,3742	0,0000	0,0058
520	08:40:00	18:50:00	4,40	4,4028	0,0000	-0,0028
530	08:50:00	19:00:00	4,42	4,4310	0,0001	-0,0110
540	09:00:00	19:10:00	4,45	4,4589	0,0001	-0,0089
550	09:10:00	19:20:00	4,48	4,4863	0,0000	-0,0063
560	09:20:00	19:30:00	4,51	4,5133	0,0000	-0,0033
570	09:30:00	19:40:00	4,54	4,5399	0,0000	0,0001
580	09:40:00	19:50:00	4,57	4,5662	0,0000	0,0038
590	09:50:00	20:00:00	4,60	4,5921	0,0001	0,0079
600	10:00:00	20:10:00	4,63	4,6177	0,0002	0,0123
610	10:10:00	20:20:00	4,66	4,6428	0,0003	0,0172
620	10:20:00	20:30:00	4,68	4,6677	0,0002	0,0123
630	10:30:00	20:40:00	4,71	4,6921	0,0003	0,0179
640	10:40:00	20:50:00	4,73	4,7163	0,0002	0,0137
650	10:50:00	21:00:00	4,75	4,7401	0,0001	0,0099
660	11:00:00	21:10:00	4,76	4,7635	0,0000	-0,0035
670	11:10:00	21:20:00	4,77	4,7867	0,0003	-0,0167
680	11:20:00	21:30:00	4,79	4,8095	0,0004	-0,0195
690	11:30:00	21:40:00	4,81	4,8319	0,0005	-0,0219
700	11:40:00	21:50:00	4,82	4,8541	0,0012	-0,0341

Quadro 20: Dados referentes aos gráficos 43 e 44 (egm181_3)

C = Cs - (Cs - Ci) * exp(-K2 * t)			Temp. água = 24,10 °C				
Soma mmq = 0,0103			Média	Temp. bs = 20,83 °C			
Ci = 1,41 mg/L				Temp. bu = 19,00 °C			
Cs = 6,45 mg/L				u.r. = 84,73 %			
K2 = 0,0017 min^-1				0,1013 h^-1			
K2,25 = 0,1034 h^-1							
Tempo minutos	Duração	Hora h:mm:ss	OD obs. mg/L	OD mod. mg/L	mmq	Resíduos	
0	00:00:00	10:50:00	1,41	1,4100	0,0000	0,0000	
10	00:10:00	11:00:00	1,49	1,4944	0,0000	-0,0044	
20	00:20:00	11:10:00	1,57	1,5774	0,0001	-0,0074	
30	00:30:00	11:20:00	1,65	1,6590	0,0001	-0,0090	
40	00:40:00	11:30:00	1,73	1,7393	0,0001	-0,0093	
50	00:50:00	11:40:00	1,81	1,8182	0,0001	-0,0082	
60	01:00:00	11:50:00	1,89	1,8958	0,0000	-0,0058	
70	01:10:00	12:00:00	1,96	1,9720	0,0001	-0,0120	
80	01:20:00	12:10:00	2,05	2,0471	0,0000	0,0029	
90	01:30:00	12:20:00	2,12	2,1208	0,0000	-0,0008	
100	01:40:00	12:30:00	2,19	2,1933	0,0000	-0,0033	
110	01:50:00	12:40:00	2,27	2,2646	0,0000	0,0054	
120	02:00:00	12:50:00	2,34	2,3347	0,0000	0,0053	
130	02:10:00	13:00:00	2,42	2,4037	0,0003	0,0163	
140	02:20:00	13:10:00	2,47	2,4715	0,0000	-0,0015	
150	02:30:00	13:20:00	2,54	2,5381	0,0000	0,0019	
160	02:40:00	13:30:00	2,60	2,6037	0,0000	-0,0037	
170	02:50:00	13:40:00	2,66	2,6681	0,0001	-0,0081	
180	03:00:00	13:50:00	2,72	2,7315	0,0001	-0,0115	
190	03:10:00	14:00:00	2,78	2,7938	0,0002	-0,0138	
200	03:20:00	14:10:00	2,84	2,8550	0,0002	-0,0150	
210	03:30:00	14:20:00	2,90	2,9152	0,0002	-0,0152	
220	03:40:00	14:30:00	2,96	2,9745	0,0002	-0,0145	
230	03:50:00	14:40:00	3,02	3,0327	0,0002	-0,0127	
240	04:00:00	14:50:00	3,08	3,0900	0,0001	-0,0100	
250	04:10:00	15:00:00	3,14	3,1463	0,0000	-0,0063	
260	04:20:00	15:10:00	3,20	3,2016	0,0000	-0,0016	
270	04:30:00	15:20:00	3,26	3,2561	0,0000	0,0039	
280	04:40:00	15:30:00	3,32	3,3096	0,0001	0,0104	
290	04:50:00	15:40:00	3,36	3,3622	0,0000	-0,0022	
300	05:00:00	15:50:00	3,40	3,4140	0,0002	-0,0140	
310	05:10:00	16:00:00	3,46	3,4648	0,0000	-0,0048	
320	05:20:00	16:10:00	3,51	3,5149	0,0000	-0,0049	
330	05:30:00	16:20:00	3,56	3,5640	0,0000	-0,0040	
340	05:40:00	16:30:00	3,61	3,6124	0,0000	-0,0024	
350	05:50:00	16:40:00	3,66	3,6600	0,0000	0,0000	
360	06:00:00	16:50:00	3,70	3,7067	0,0000	-0,0067	
370	06:10:00	17:00:00	3,75	3,7527	0,0000	-0,0027	
380	06:20:00	17:10:00	3,80	3,7979	0,0000	0,0021	
390	06:30:00	17:20:00	3,84	3,8424	0,0000	-0,0024	
400	06:40:00	17:30:00	3,90	3,8861	0,0002	0,0139	
410	06:50:00	17:40:00	3,94	3,9291	0,0001	0,0109	
420	07:00:00	17:50:00	3,98	3,9713	0,0001	0,0087	
430	07:10:00	18:00:00	4,02	4,0129	0,0001	0,0071	
440	07:20:00	18:10:00	4,05	4,0537	0,0000	-0,0037	
450	07:30:00	18:20:00	4,11	4,0939	0,0003	0,0161	
460	07:40:00	18:30:00	4,15	4,1334	0,0003	0,0166	
470	07:50:00	18:40:00	4,18	4,1723	0,0001	0,0077	
480	08:00:00	18:50:00	4,22	4,2104	0,0001	0,0096	
490	08:10:00	19:00:00	4,27	4,2480	0,0005	0,0220	
500	08:20:00	19:10:00	4,31	4,2849	0,0006	0,0251	
510	08:30:00	19:20:00	4,34	4,3212	0,0004	0,0188	
520	08:40:00	19:30:00	4,38	4,3569	0,0005	0,0231	
530	08:50:00	19:40:00	4,40	4,3920	0,0001	0,0080	
540	09:00:00	19:50:00	4,43	4,4265	0,0000	0,0035	
550	09:10:00	20:00:00	4,47	4,4605	0,0001	0,0095	
560	09:20:00	20:10:00	4,50	4,4938	0,0000	0,0062	
570	09:30:00	20:20:00	4,54	4,5266	0,0002	0,0134	
580	09:40:00	20:30:00	4,57	4,5589	0,0001	0,0111	
590	09:50:00	20:40:00	4,59	4,5906	0,0000	-0,0006	
600	10:00:00	20:50:00	4,63	4,6218	0,0001	0,0082	
610	10:10:00	21:00:00	4,65	4,6525	0,0000	-0,0025	
620	10:20:00	21:10:00	4,68	4,6826	0,0000	-0,0026	
630	10:30:00	21:20:00	4,70	4,7123	0,0002	-0,0123	
640	10:40:00	21:30:00	4,72	4,7414	0,0005	-0,0214	
650	10:50:00	21:40:00	4,75	4,7701	0,0004	-0,0201	
660	11:00:00	21:50:00	4,77	4,7983	0,0008	-0,0283	
670	11:10:00	22:00:00	4,78	4,8260	0,0021	-0,0460	

Quadro 21: Dados referentes aos gráficos 45 e 46 (egm189_1)

C = Cs - (Cs - Ci) * exp(-K2 * t)			Temp. água = 24,87 °C			
Soma mmq = 0,0570			Média	Temp. bs = 24,70 °C		
Ci = 1,45 mg/L	Temp. bu = 20,23 °C					
Cs = 6,64 mg/L	u.r. = 67,80 %					
K2 = 0,0015 min^-1	0,0929 h^-1					
K2,25 = 0,0932 h^-1						
Tempo minutos	Duração	Hora	OD obs.	OD mod.		
		h:mm:ss	mg/L	mg/L	mmq	Resíduos
0	00:00:00	10:00:00	1,45	1,4500	0,0000	0,0000
10	00:10:00	10:10:00	1,52	1,5296	0,0001	-0,0096
20	00:20:00	10:20:00	1,60	1,6081	0,0001	-0,0081
30	00:30:00	10:30:00	1,69	1,6853	0,0000	0,0047
40	00:40:00	10:40:00	1,78	1,7613	0,0003	0,0187
50	00:50:00	10:50:00	1,86	1,8362	0,0006	0,0238
60	01:00:00	11:00:00	1,93	1,9099	0,0004	0,0201
70	01:10:00	11:10:00	2,00	1,9825	0,0003	0,0175
80	01:20:00	11:20:00	2,08	2,0539	0,0007	0,0261
90	01:30:00	11:30:00	2,16	2,1243	0,0013	0,0357
100	01:40:00	11:40:00	2,23	2,1936	0,0013	0,0364
110	01:50:00	11:50:00	2,30	2,2618	0,0015	0,0382
120	02:00:00	12:00:00	2,36	2,3290	0,0010	0,0310
130	02:10:00	12:10:00	2,43	2,3951	0,0012	0,0349
140	02:20:00	12:20:00	2,49	2,4603	0,0009	0,0297
150	02:30:00	12:30:00	2,57	2,5244	0,0021	0,0456
160	02:40:00	12:40:00	2,63	2,5875	0,0018	0,0425
170	02:50:00	12:50:00	2,69	2,6497	0,0016	0,0403
180	03:00:00	13:00:00	2,75	2,7109	0,0015	0,0391
190	03:10:00	13:10:00	2,80	2,7712	0,0008	0,0288
200	03:20:00	13:20:00	2,87	2,8305	0,0016	0,0395
210	03:30:00	13:30:00	2,91	2,8890	0,0004	0,0210
220	03:40:00	13:40:00	2,97	2,9465	0,0006	0,0235
230	03:50:00	13:50:00	3,02	3,0032	0,0003	0,0168
240	04:00:00	14:00:00	3,07	3,0590	0,0001	0,0110
250	04:10:00	14:10:00	3,12	3,1139	0,0000	0,0061
260	04:20:00	14:20:00	3,17	3,1680	0,0000	0,0020
270	04:30:00	14:30:00	3,23	3,2212	0,0001	0,0088
280	04:40:00	14:40:00	3,28	3,2737	0,0000	0,0063
290	04:50:00	14:50:00	3,33	3,3253	0,0000	0,0047
300	05:00:00	15:00:00	3,38	3,3761	0,0000	0,0039
310	05:10:00	15:10:00	3,42	3,4262	0,0000	-0,0062
320	05:20:00	15:20:00	3,46	3,4755	0,0002	-0,0155
330	05:30:00	15:30:00	3,51	3,5240	0,0002	-0,0140
340	05:40:00	15:40:00	3,56	3,5718	0,0001	-0,0118
350	05:50:00	15:50:00	3,60	3,6189	0,0004	-0,0189
360	06:00:00	16:00:00	3,64	3,6652	0,0006	-0,0252
370	06:10:00	16:10:00	3,69	3,7108	0,0004	-0,0208
380	06:20:00	16:20:00	3,73	3,7557	0,0007	-0,0257
390	06:30:00	16:30:00	3,77	3,8000	0,0009	-0,0300
400	06:40:00	16:40:00	3,81	3,8435	0,0011	-0,0335
410	06:50:00	16:50:00	3,85	3,8864	0,0013	-0,0364
420	07:00:00	17:00:00	3,89	3,9286	0,0015	-0,0386
430	07:10:00	17:10:00	3,93	3,9702	0,0016	-0,0402
440	07:20:00	17:20:00	3,97	4,0111	0,0017	-0,0411
450	07:30:00	17:30:00	4,01	4,0514	0,0017	-0,0414
460	07:40:00	17:40:00	4,05	4,0911	0,0017	-0,0411
470	07:50:00	17:50:00	4,09	4,1302	0,0016	-0,0402
480	08:00:00	18:00:00	4,13	4,1687	0,0015	-0,0387
490	08:10:00	18:10:00	4,17	4,2065	0,0013	-0,0365
500	08:20:00	18:20:00	4,21	4,2439	0,0011	-0,0339
510	08:30:00	18:30:00	4,25	4,2806	0,0009	-0,0306
520	08:40:00	18:40:00	4,29	4,3168	0,0007	-0,0268
530	08:50:00	18:50:00	4,33	4,3524	0,0005	-0,0224
540	09:00:00	19:00:00	4,37	4,3874	0,0003	-0,0174
550	09:10:00	19:10:00	4,41	4,4220	0,0001	-0,0120
560	09:20:00	19:20:00	4,45	4,4559	0,0000	-0,0059
570	09:30:00	19:30:00	4,49	4,4894	0,0000	0,0006
580	09:40:00	19:40:00	4,53	4,5224	0,0001	0,0076
590	09:50:00	19:50:00	4,57	4,5548	0,0002	0,0152
600	10:00:00	20:00:00	4,61	4,5868	0,0005	0,0232
610	10:10:00	20:10:00	4,65	4,6182	0,0010	0,0318
620	10:20:00	20:20:00	4,69	4,6492	0,0017	0,0408
630	10:30:00	20:30:00	4,73	4,6797	0,0025	0,0503
640	10:40:00	20:40:00	4,76	4,7098	0,0025	0,0502
650	10:50:00	20:50:00	4,78	4,7393	0,0017	0,0407
660	11:00:00	21:00:00	4,81	4,7685	0,0017	0,0415
670	11:10:00	21:10:00	4,84	4,7971	0,0019	0,0439

Quadro 22: Dados referentes aos gráficos 47 e 48 (egm189_2)

C = Cs - (Cs - Ci) * exp(-K2 * t)				Temp. água = 24,37 °C		
Soma mmq = 0,0291				Média Temp. bs = 24,53 °C		
Ci = 1,64 mg/L				Temp. bu = 20,40 °C		
Cs = 6,49 mg/L				u.r. = 69,73 %		
K2 = 0,0017 min ⁻¹				0,1027 h ⁻¹		
K2,25 = 0,1043 h ⁻¹						
Tempo minutos	Duração	Hora h:mm:ss	OD obs. mg/L	OD mod. mg/L	mmq	Resíduos
0	00:00:00	08:10:00	1,64	1,6400	0,0000	0,0000
10	00:10:00	08:20:00	1,71	1,7223	0,0002	-0,0123
20	00:20:00	08:30:00	1,78	1,8033	0,0005	-0,0233
30	00:30:00	08:40:00	1,87	1,8828	0,0002	-0,0128
40	00:40:00	08:50:00	1,95	1,9610	0,0001	-0,0110
50	00:50:00	09:00:00	2,03	2,0379	0,0001	-0,0079
60	01:00:00	09:10:00	2,11	2,1135	0,0000	-0,0035
70	01:10:00	09:20:00	2,18	2,1878	0,0001	-0,0078
80	01:20:00	09:30:00	2,26	2,2608	0,0000	-0,0008
90	01:30:00	09:40:00	2,33	2,3326	0,0000	-0,0026
100	01:40:00	09:50:00	2,40	2,4032	0,0000	-0,0032
110	01:50:00	10:00:00	2,47	2,4725	0,0000	-0,0025
120	02:00:00	10:10:00	2,55	2,5407	0,0001	0,0093
130	02:10:00	10:20:00	2,62	2,6078	0,0001	0,0122
140	02:20:00	10:30:00	2,69	2,6737	0,0003	0,0163
150	02:30:00	10:40:00	2,75	2,7385	0,0001	0,0115
160	02:40:00	10:50:00	2,81	2,8021	0,0001	0,0079
170	02:50:00	11:00:00	2,86	2,8647	0,0000	-0,0047
180	03:00:00	11:10:00	2,91	2,9263	0,0003	-0,0163
190	03:10:00	11:20:00	2,97	2,9868	0,0003	-0,0168
200	03:20:00	11:30:00	3,02	3,0462	0,0007	-0,0262
210	03:30:00	11:40:00	3,06	3,1047	0,0020	-0,0447
220	03:40:00	11:50:00	3,12	3,1622	0,0018	-0,0422
230	03:50:00	12:00:00	3,18	3,2187	0,0015	-0,0387
240	04:00:00	12:10:00	3,23	3,2742	0,0020	-0,0442
250	04:10:00	12:20:00	3,30	3,3288	0,0008	-0,0288
260	04:20:00	12:30:00	3,37	3,3824	0,0002	-0,0124
270	04:30:00	12:40:00	3,42	3,4352	0,0002	-0,0152
280	04:40:00	12:50:00	3,48	3,4871	0,0000	-0,0071
290	04:50:00	13:00:00	3,52	3,5380	0,0003	-0,0180
300	05:00:00	13:10:00	3,57	3,5881	0,0003	-0,0181
310	05:10:00	13:20:00	3,64	3,6374	0,0000	-0,0003
320	05:20:00	13:30:00	3,69	3,6858	0,0001	0,0074
330	05:30:00	13:40:00	3,75	3,7334	0,0003	0,0159
340	05:40:00	13:50:00	3,81	3,7802	0,0006	0,0251
350	05:50:00	14:00:00	3,85	3,8262	0,0006	0,0238
360	06:00:00	14:10:00	3,89	3,8714	0,0003	0,0186
370	06:10:00	14:20:00	3,94	3,9159	0,0006	0,0241
380	06:20:00	14:30:00	3,97	3,9596	0,0001	0,0104
390	06:30:00	14:40:00	4,01	4,0025	0,0001	0,0075
400	06:40:00	14:50:00	4,06	4,0448	0,0002	0,0152
410	06:50:00	15:00:00	4,10	4,0863	0,0002	0,0137
420	07:00:00	15:10:00	4,13	4,1271	0,0000	0,0029
430	07:10:00	15:20:00	4,18	4,1672	0,0001	0,0105
440	07:20:00	15:30:00	4,22	4,2066	0,0001	0,0120
450	07:30:00	15:40:00	4,26	4,2454	0,0002	0,0143
460	07:40:00	15:50:00	4,30	4,2835	0,0003	0,0171
470	07:50:00	16:00:00	4,34	4,3210	0,0004	0,0207
480	08:00:00	16:10:00	4,38	4,3578	0,0006	0,0248
490	08:10:00	16:20:00	4,42	4,3940	0,0009	0,0296
500	08:20:00	16:30:00	4,46	4,4296	0,0012	0,0350
510	08:30:00	16:40:00	4,51	4,4645	0,0017	0,0410
520	08:40:00	16:50:00	4,53	4,4989	0,0010	0,0311
530	08:50:00	17:00:00	4,56	4,5327	0,0007	0,0273
540	09:00:00	17:10:00	4,58	4,5659	0,0002	0,0141
550	09:10:00	17:20:00	4,61	4,5986	0,0001	0,0114
560	09:20:00	17:30:00	4,64	4,6307	0,0001	0,0093
570	09:30:00	17:40:00	4,67	4,6623	0,0001	0,0077
580	09:40:00	17:50:00	4,69	4,6933	0,0000	-0,0033
590	09:50:00	18:00:00	4,71	4,7238	0,0002	-0,0138
600	10:00:00	18:10:00	4,74	4,7538	0,0002	-0,0138
610	10:10:00	18:20:00	4,76	4,7833	0,0005	-0,0233
620	10:20:00	18:30:00	4,79	4,8122	0,0005	-0,0222
630	10:30:00	18:40:00	4,82	4,8407	0,0004	-0,0207
640	10:40:00	18:50:00	4,84	4,8687	0,0008	-0,0287
650	10:50:00	19:00:00	4,87	4,8962	0,0007	-0,0262
660	11:00:00	19:10:00	4,89	4,9233	0,0011	-0,0333
670	11:10:00	19:20:00	4,91	4,9499	0,0016	-0,0399

Quadro 23: Dados referentes aos gráficos 49 e 50 (egm189_3)

C = Cs - (Cs - Ci) * exp(-K2 * t)					Temp. água = 20,63 °C	
Soma mmq = 0,0611					Média Temp. bs = 20,25 °C	
Ci = 1,78 mg/L					Temp. bu = 17,60 °C	
Cs = 6,60 mg/L					u.r. = 77,83 %	
K2 = 0,0018 min ⁻¹						
K2,25 = 0,1201 h ⁻¹					0,1083 h ⁻¹	
Tempo minutos	Duração	Hora h:mm:ss	OD obs. mg/L	OD mod. mg/L	mmq	Resíduos
0	00:00:00	11:50:00	1,78	1,7800	0,0000	0,0000
10	00:10:00	12:00:00	1,85	1,8661	0,0003	-0,0161
20	00:20:00	12:10:00	1,92	1,9508	0,0009	-0,0308
30	00:30:00	12:20:00	2,00	2,0339	0,0011	-0,0339
40	00:40:00	12:30:00	2,08	2,1155	0,0013	-0,0355
50	00:50:00	12:40:00	2,17	2,1956	0,0007	-0,0256
60	01:00:00	12:50:00	2,26	2,2743	0,0002	-0,0143
70	01:10:00	13:00:00	2,35	2,3516	0,0000	-0,0016
80	01:20:00	13:10:00	2,43	2,4276	0,0000	0,0024
90	01:30:00	13:20:00	2,49	2,5021	0,0001	-0,0121
100	01:40:00	13:30:00	2,56	2,5754	0,0002	-0,0154
110	01:50:00	13:40:00	2,64	2,6473	0,0001	-0,0073
120	02:00:00	13:50:00	2,72	2,7179	0,0000	0,0021
130	02:10:00	14:00:00	2,80	2,7873	0,0002	0,0127
140	02:20:00	14:10:00	2,88	2,8555	0,0006	0,0245
150	02:30:00	14:20:00	2,95	2,9224	0,0008	0,0276
160	02:40:00	14:30:00	3,02	2,9881	0,0010	0,0319
170	02:50:00	14:40:00	3,08	3,0526	0,0007	0,0274
180	03:00:00	14:50:00	3,14	3,1160	0,0006	0,0240
190	03:10:00	15:00:00	3,20	3,1783	0,0005	0,0217
200	03:20:00	15:10:00	3,26	3,2394	0,0004	0,0206
210	03:30:00	15:20:00	3,32	3,2995	0,0004	0,0205
220	03:40:00	15:30:00	3,38	3,3585	0,0005	0,0215
230	03:50:00	15:40:00	3,45	3,4164	0,0011	0,0336
240	04:00:00	15:50:00	3,50	3,4733	0,0007	0,0267
250	04:10:00	16:00:00	3,56	3,5291	0,0010	0,0309
260	04:20:00	16:10:00	3,62	3,5840	0,0013	0,0360
270	04:30:00	16:20:00	3,68	3,6379	0,0018	0,0421
280	04:40:00	16:30:00	3,72	3,6908	0,0009	0,0292
290	04:50:00	16:40:00	3,76	3,7428	0,0003	0,0172
300	05:00:00	16:50:00	3,81	3,7939	0,0003	0,0161
310	05:10:00	17:00:00	3,85	3,8440	0,0000	0,0060
320	05:20:00	17:10:00	3,89	3,8932	0,0000	-0,0032
330	05:30:00	17:20:00	3,94	3,9416	0,0000	-0,0016
340	05:40:00	17:30:00	3,99	3,9891	0,0000	0,0009
350	05:50:00	17:40:00	4,04	4,0357	0,0000	0,0043
360	06:00:00	17:50:00	4,09	4,0816	0,0001	0,0084
370	06:10:00	18:00:00	4,14	4,1265	0,0002	0,0135
380	06:20:00	18:10:00	4,18	4,1707	0,0001	0,0093
390	06:30:00	18:20:00	4,21	4,2141	0,0000	-0,0041
400	06:40:00	18:30:00	4,25	4,2568	0,0000	-0,0068
410	06:50:00	18:40:00	4,28	4,2986	0,0003	-0,0186
420	07:00:00	18:50:00	4,31	4,3397	0,0009	-0,0297
430	07:10:00	19:00:00	4,35	4,3801	0,0009	-0,0301
440	07:20:00	19:10:00	4,38	4,4198	0,0016	-0,0398
450	07:30:00	19:20:00	4,42	4,4587	0,0015	-0,0387
460	07:40:00	19:30:00	4,46	4,4969	0,0014	-0,0369
470	07:50:00	19:40:00	4,50	4,5345	0,0012	-0,0345
480	08:00:00	19:50:00	4,53	4,5714	0,0017	-0,0414
490	08:10:00	20:00:00	4,57	4,6076	0,0014	-0,0376
500	08:20:00	20:10:00	4,60	4,6432	0,0019	-0,0432
510	08:30:00	20:20:00	4,63	4,6782	0,0023	-0,0482
520	08:40:00	20:30:00	4,66	4,7125	0,0028	-0,0525
530	08:50:00	20:40:00	4,70	4,7462	0,0021	-0,0462
540	09:00:00	20:50:00	4,74	4,7793	0,0015	-0,0393
550	09:10:00	21:00:00	4,77	4,8118	0,0017	-0,0418
560	09:20:00	21:10:00	4,81	4,8438	0,0011	-0,0338
570	09:30:00	21:20:00	4,85	4,8751	0,0006	-0,0251
580	09:40:00	21:30:00	4,89	4,9059	0,0003	-0,0159
590	09:50:00	21:40:00	4,93	4,9362	0,0000	-0,0062
600	10:00:00	21:50:00	4,96	4,9659	0,0000	-0,0059
610	10:10:00	22:00:00	5,00	4,9951	0,0000	0,0049
620	10:20:00	22:10:00	5,03	5,0237	0,0000	0,0063
630	10:30:00	22:20:00	5,07	5,0519	0,0003	0,0181
640	10:40:00	22:30:00	5,10	5,0795	0,0004	0,0205
650	10:50:00	22:40:00	5,13	5,1066	0,0005	0,0234
660	11:00:00	22:50:00	5,17	5,1333	0,0013	0,0367
670	11:10:00	23:00:00	5,21	5,1595	0,0026	0,0505
680	11:20:00	23:10:00	5,24	5,1852	0,0030	0,0548
690	11:30:00	23:20:00	5,27	5,2105	0,0035	0,0595
700	11:40:00	23:30:00	5,31	5,2353	0,0056	0,0747

Quadro 24: Dados referentes aos gráficos 51 e 52 (egm198_1)

C = Cs - (Cs - Ci) * exp(-K2 * t)			Temp. água = 24,48 °C			
Soma mmq = 0,0069			Média Temp. bs = 23,30 °C			
Ci = 1,57 mg/L			Temp. bu = 19,35 °C			
Cs = 6,22 mg/L			u.r. = 70,15 %			
K2 = 0,0017 min ⁻¹						
K2,25 = 0,1014 h ⁻¹			0,1001 h ⁻¹			
Tempo minutos	Duração	Hora h:mm:ss	OD obs. mg/L	OD mod. mg/L	mmq	Resíduos
0	00:00:00	10:00:00	1,57	1,5700	0,0000	0,0000
10	00:10:00	10:10:00	1,63	1,6470	0,0003	-0,0170
20	00:20:00	10:20:00	1,70	1,7228	0,0005	-0,0228
30	00:30:00	10:30:00	1,78	1,7973	0,0003	-0,0173
40	00:40:00	10:40:00	1,86	1,8706	0,0001	-0,0106
50	00:50:00	10:50:00	1,94	1,9426	0,0000	-0,0026
60	01:00:00	11:00:00	2,01	2,0135	0,0000	-0,0035
70	01:10:00	11:10:00	2,08	2,0832	0,0000	-0,0032
80	01:20:00	11:20:00	2,15	2,1517	0,0000	-0,0017
90	01:30:00	11:30:00	2,22	2,2191	0,0000	0,0009
100	01:40:00	11:40:00	2,28	2,2854	0,0000	-0,0054
110	01:50:00	11:50:00	2,34	2,3506	0,0001	-0,0106
120	02:00:00	12:00:00	2,41	2,4147	0,0000	-0,0047
130	02:10:00	12:10:00	2,47	2,4777	0,0001	-0,0077
140	02:20:00	12:20:00	2,53	2,5397	0,0001	-0,0097
150	02:30:00	12:30:00	2,59	2,6007	0,0001	-0,0107
160	02:40:00	12:40:00	2,65	2,6607	0,0001	-0,0107
170	02:50:00	12:50:00	2,71	2,7197	0,0001	-0,0097
180	03:00:00	13:00:00	2,77	2,7777	0,0001	-0,0077
190	03:10:00	13:10:00	2,83	2,8347	0,0000	-0,0047
200	03:20:00	13:20:00	2,89	2,8908	0,0000	-0,0008
210	03:30:00	13:30:00	2,96	2,9460	0,0002	0,0140
220	03:40:00	13:40:00	3,01	3,0002	0,0001	0,0098
230	03:50:00	13:50:00	3,06	3,0536	0,0000	0,0064
240	04:00:00	14:00:00	3,11	3,1060	0,0000	0,0040
250	04:10:00	14:10:00	3,16	3,1576	0,0000	0,0024
260	04:20:00	14:20:00	3,21	3,2084	0,0000	0,0016
270	04:30:00	14:30:00	3,26	3,2583	0,0000	0,0017
280	04:40:00	14:40:00	3,31	3,3074	0,0000	0,0026
290	04:50:00	14:50:00	3,36	3,3557	0,0000	0,0043
300	05:00:00	15:00:00	3,40	3,4031	0,0000	-0,0031
310	05:10:00	15:10:00	3,46	3,4498	0,0001	0,0102
320	05:20:00	15:20:00	3,50	3,4957	0,0000	0,0043
330	05:30:00	15:30:00	3,54	3,5409	0,0000	-0,0009
340	05:40:00	15:40:00	3,58	3,5853	0,0000	-0,0053
350	05:50:00	15:50:00	3,63	3,6290	0,0000	0,0010
360	06:00:00	16:00:00	3,68	3,6719	0,0001	0,0081
370	06:10:00	16:10:00	3,72	3,7141	0,0000	0,0059
380	06:20:00	16:20:00	3,76	3,7557	0,0000	0,0043
390	06:30:00	16:30:00	3,80	3,7965	0,0000	0,0035
400	06:40:00	16:40:00	3,84	3,8367	0,0000	0,0033
410	06:50:00	16:50:00	3,88	3,8762	0,0000	0,0038
420	07:00:00	17:00:00	3,93	3,9151	0,0002	0,0149
430	07:10:00	17:10:00	3,97	3,9533	0,0003	0,0167
440	07:20:00	17:20:00	4,01	3,9909	0,0004	0,0191
450	07:30:00	17:30:00	4,05	4,0278	0,0005	0,0222
460	07:40:00	17:40:00	4,08	4,0642	0,0003	0,0158
470	07:50:00	17:50:00	4,11	4,0999	0,0001	0,0101
480	08:00:00	18:00:00	4,14	4,1351	0,0000	0,0049
490	08:10:00	18:10:00	4,17	4,1696	0,0000	0,0004
500	08:20:00	18:20:00	4,20	4,2036	0,0000	-0,0036
510	08:30:00	18:30:00	4,23	4,2371	0,0000	-0,0071
520	08:40:00	18:40:00	4,26	4,2699	0,0001	-0,0099
530	08:50:00	18:50:00	4,29	4,3023	0,0002	-0,0123
540	09:00:00	19:00:00	4,32	4,3341	0,0002	-0,0141
550	09:10:00	19:10:00	4,35	4,3654	0,0002	-0,0154
560	09:20:00	19:20:00	4,38	4,3961	0,0003	-0,0161
570	09:30:00	19:30:00	4,41	4,4264	0,0003	-0,0164
580	09:40:00	19:40:00	4,44	4,4561	0,0003	-0,0161
590	09:50:00	19:50:00	4,47	4,4854	0,0002	-0,0154
600	10:00:00	20:00:00	4,50	4,5141	0,0002	-0,0141
610	10:10:00	20:10:00	4,53	4,5424	0,0002	-0,0124
620	10:20:00	20:20:00	4,57	4,5703	0,0000	-0,0003
630	10:30:00	20:30:00	4,60	4,5976	0,0000	0,0024
640	10:40:00	20:40:00	4,63	4,6245	0,0000	0,0055
650	10:50:00	20:50:00	4,65	4,6510	0,0000	-0,0010
660	11:00:00	21:00:00	4,68	4,6770	0,0000	0,0030
670	11:10:00	21:10:00	4,71	4,7026	0,0001	0,0074
680	11:20:00	21:20:00	4,74	4,7278	0,0001	0,0122
690	11:30:00	21:30:00	4,76	4,7526	0,0001	0,0074
700	11:40:00	21:40:00	4,78	4,7769	0,0000	0,0031

Quadro 25: Dados referentes aos gráficos 53 e 54 (egm198_2)

C = Cs - (Cs - Ci) * exp(-K2 * t)				Temp. água = 24,70 °C		
Soma mmq = 0,0145				Média Temp. bs = 24,53 °C		
Ci = 1,34 mg/L				Temp. bu = 20,68 °C		
Cs = 5,58 mg/L				u.r. = 71,63 %		
K2 = 0,0019 min ⁻¹				0,1130 h ⁻¹		
K2,25 = 0,1138 h ⁻¹						
Tempo minutos	Duração	Hora h:mm:ss	OD obs. mg/L	OD mod. mg/L	mmq	Resíduos
0	00:00:00	09:45:00	1,34	1,3400	0,0000	0,0000
10	00:10:00	09:55:00	1,41	1,4191	0,0001	-0,0091
20	00:20:00	10:05:00	1,49	1,4967	0,0000	-0,0067
30	00:30:00	10:15:00	1,57	1,5729	0,0000	-0,0029
40	00:40:00	10:25:00	1,64	1,6476	0,0001	-0,0076
50	00:50:00	10:35:00	1,72	1,7209	0,0000	-0,0009
60	01:00:00	10:45:00	1,79	1,7929	0,0000	-0,0029
70	01:10:00	10:55:00	1,88	1,8635	0,0003	0,0165
80	01:20:00	11:05:00	1,96	1,9329	0,0007	0,0271
90	01:30:00	11:15:00	2,02	2,0009	0,0004	0,0191
100	01:40:00	11:25:00	2,09	2,0676	0,0005	0,0224
110	01:50:00	11:35:00	2,15	2,1331	0,0003	0,0169
120	02:00:00	11:45:00	2,21	2,1974	0,0002	0,0126
130	02:10:00	11:55:00	2,27	2,2605	0,0001	0,0095
140	02:20:00	12:05:00	2,33	2,3224	0,0001	0,0076
150	02:30:00	12:15:00	2,39	2,3832	0,0000	0,0068
160	02:40:00	12:25:00	2,45	2,4428	0,0001	0,0072
170	02:50:00	12:35:00	2,51	2,5013	0,0001	0,0087
180	03:00:00	12:45:00	2,58	2,5587	0,0005	0,0213
190	03:10:00	12:55:00	2,64	2,6150	0,0006	0,0250
200	03:20:00	13:05:00	2,69	2,6703	0,0004	0,0197
210	03:30:00	13:15:00	2,74	2,7246	0,0002	0,0154
220	03:40:00	13:25:00	2,79	2,7778	0,0001	0,0122
230	03:50:00	13:35:00	2,84	2,8301	0,0001	0,0099
240	04:00:00	13:45:00	2,88	2,8814	0,0000	-0,0014
250	04:10:00	13:55:00	2,93	2,9317	0,0000	-0,0017
260	04:20:00	14:05:00	2,98	2,9811	0,0000	-0,0011
270	04:30:00	14:15:00	3,03	3,0295	0,0000	0,0005
280	04:40:00	14:25:00	3,07	3,0771	0,0000	-0,0071
290	04:50:00	14:35:00	3,13	3,1237	0,0000	0,0063
300	05:00:00	14:45:00	3,17	3,1695	0,0000	0,0005
310	05:10:00	14:55:00	3,22	3,2145	0,0000	0,0055
320	05:20:00	15:05:00	3,26	3,2586	0,0000	0,0014
330	05:30:00	15:15:00	3,30	3,3019	0,0000	-0,0019
340	05:40:00	15:25:00	3,33	3,3443	0,0002	-0,0143
350	05:50:00	15:35:00	3,37	3,3860	0,0003	-0,0160
360	06:00:00	15:45:00	3,41	3,4269	0,0003	-0,0169
370	06:10:00	15:55:00	3,45	3,4671	0,0003	-0,0171
380	06:20:00	16:05:00	3,48	3,5064	0,0007	-0,0264
390	06:30:00	16:15:00	3,53	3,5451	0,0002	-0,0151
400	06:40:00	16:25:00	3,57	3,5830	0,0002	-0,0130
410	06:50:00	16:35:00	3,61	3,6203	0,0001	-0,0103
420	07:00:00	16:45:00	3,65	3,6568	0,0000	-0,0068
430	07:10:00	16:55:00	3,69	3,6926	0,0000	-0,0026
440	07:20:00	17:05:00	3,73	3,7278	0,0000	0,0022
450	07:30:00	17:15:00	3,77	3,7623	0,0001	0,0077
460	07:40:00	17:25:00	3,80	3,7962	0,0000	0,0038
470	07:50:00	17:35:00	3,83	3,8295	0,0000	0,0005
480	08:00:00	17:45:00	3,86	3,8621	0,0000	-0,0021
490	08:10:00	17:55:00	3,88	3,8941	0,0002	-0,0141
500	08:20:00	18:05:00	3,91	3,9255	0,0002	-0,0155
510	08:30:00	18:15:00	3,94	3,9564	0,0002	-0,0135
520	08:40:00	18:25:00	3,97	3,9866	0,0002	-0,0145
530	08:50:00	18:35:00	4,00	4,0163	0,0002	-0,0149
540	09:00:00	18:45:00	4,03	4,0455	0,0002	-0,0147
550	09:10:00	18:55:00	4,06	4,0740	0,0002	-0,0140
560	09:20:00	19:05:00	4,09	4,1021	0,0001	-0,0121
570	09:30:00	19:15:00	4,12	4,1296	0,0001	-0,0096
580	09:40:00	19:25:00	4,14	4,1567	0,0003	-0,0167
590	09:50:00	19:35:00	4,17	4,1832	0,0002	-0,0132
600	10:00:00	19:45:00	4,20	4,2092	0,0001	-0,0092
610	10:10:00	19:55:00	4,23	4,2348	0,0000	-0,0048
620	10:20:00	20:05:00	4,25	4,2598	0,0001	-0,0098
630	10:30:00	20:15:00	4,28	4,2844	0,0000	-0,0044
640	10:40:00	20:25:00	4,31	4,3085	0,0000	0,0015
650	10:50:00	20:35:00	4,35	4,3322	0,0003	0,0178
660	11:00:00	20:45:00	4,38	4,3555	0,0006	0,0245
670	11:10:00	20:55:00	4,41	4,3783	0,0010	0,0317
680	11:20:00	21:05:00	4,43	4,4007	0,0009	0,0293
690	11:30:00	21:15:00	4,45	4,4226	0,0007	0,0274
700	11:40:00	21:25:00	4,48	4,4442	0,0013	0,0358

Quadro 26: Dados referentes aos gráficos 55 e 56 (egm198_3)

C = Cs - (Cs - Ci) * exp(-K2 * t)			Temp. água = 20,83 °C			
Soma mmq = 0,0255			Média Temp. bs = 19,87 °C			
Ci = 1,71 mg/L			Temp. bu = 17,50 °C			
Cs = 7,17 mg/L			u.r. = 80,03 %			
K2 = 0,0019 min ⁻¹			0,1146 h ⁻¹			
K2,25 = 0,1265 h ⁻¹						
Tempo minutos	Duração	Hora h:mm:ss	OD obs. mg/L	OD mod. mg/L	mmq	Resíduos
0	00:00:00	10:30:00	1,71	1,7100	0,0000	0,0000
10	00:10:00	10:40:00	1,81	1,8132	0,0000	-0,0032
20	00:20:00	10:50:00	1,92	1,9145	0,0000	0,0055
30	00:30:00	11:00:00	2,01	2,0139	0,0000	-0,0039
40	00:40:00	11:10:00	2,12	2,1114	0,0001	0,0086
50	00:50:00	11:20:00	2,21	2,2070	0,0000	0,0030
60	01:00:00	11:30:00	2,32	2,3008	0,0004	0,0192
70	01:10:00	11:40:00	2,40	2,3929	0,0001	0,0071
80	01:20:00	11:50:00	2,49	2,4832	0,0000	0,0068
90	01:30:00	12:00:00	2,58	2,5718	0,0001	0,0082
100	01:40:00	12:10:00	2,68	2,6587	0,0005	0,0213
110	01:50:00	12:20:00	2,76	2,7440	0,0003	0,0160
120	02:00:00	12:30:00	2,85	2,8277	0,0005	0,0223
130	02:10:00	12:40:00	2,94	2,9098	0,0009	0,0302
140	02:20:00	12:50:00	3,02	2,9903	0,0009	0,0297
150	02:30:00	13:00:00	3,09	3,0693	0,0004	0,0207
160	02:40:00	13:10:00	3,17	3,1468	0,0005	0,0232
170	02:50:00	13:20:00	3,25	3,2229	0,0007	0,0271
180	03:00:00	13:30:00	3,33	3,2975	0,0011	0,0325
190	03:10:00	13:40:00	3,39	3,3707	0,0004	0,0193
200	03:20:00	13:50:00	3,47	3,4425	0,0008	0,0275
210	03:30:00	14:00:00	3,54	3,5129	0,0007	0,0271
220	03:40:00	14:10:00	3,59	3,5821	0,0001	0,0079
230	03:50:00	14:20:00	3,64	3,6499	0,0001	-0,0099
240	04:00:00	14:30:00	3,70	3,7164	0,0003	-0,0164
250	04:10:00	14:40:00	3,78	3,7817	0,0000	-0,0017
260	04:20:00	14:50:00	3,84	3,8457	0,0000	-0,0057
270	04:30:00	15:00:00	3,91	3,9086	0,0000	0,0014
280	04:40:00	15:10:00	3,97	3,9702	0,0000	-0,0002
290	04:50:00	15:20:00	4,03	4,0307	0,0000	-0,0007
300	05:00:00	15:30:00	4,08	4,0900	0,0001	-0,0100
310	05:10:00	15:40:00	4,14	4,1482	0,0001	-0,0082
320	05:20:00	15:50:00	4,19	4,2053	0,0002	-0,0153
330	05:30:00	16:00:00	4,25	4,2613	0,0001	-0,0113
340	05:40:00	16:10:00	4,31	4,3163	0,0000	-0,0063
350	05:50:00	16:20:00	4,35	4,3702	0,0004	-0,0202
360	06:00:00	16:30:00	4,41	4,4231	0,0002	-0,0131
370	06:10:00	16:40:00	4,45	4,4750	0,0006	-0,0250
380	06:20:00	16:50:00	4,50	4,5260	0,0007	-0,0260
390	06:30:00	17:00:00	4,56	4,5759	0,0003	-0,0159
400	06:40:00	17:10:00	4,61	4,6249	0,0002	-0,0149
410	06:50:00	17:20:00	4,66	4,6730	0,0002	-0,0130
420	07:00:00	17:30:00	4,70	4,7202	0,0004	-0,0202
430	07:10:00	17:40:00	4,74	4,7665	0,0007	-0,0265
440	07:20:00	17:50:00	4,79	4,8119	0,0005	-0,0219
450	07:30:00	18:00:00	4,83	4,8564	0,0007	-0,0264
460	07:40:00	18:10:00	4,88	4,9001	0,0006	-0,0251
470	07:50:00	18:20:00	4,92	4,9430	0,0006	-0,0240
480	08:00:00	18:30:00	4,96	4,9851	0,0005	-0,0221
490	08:10:00	18:40:00	5,01	5,0264	0,0004	-0,0194
500	08:20:00	18:50:00	5,05	5,0669	0,0003	-0,0159
510	08:30:00	19:00:00	5,10	5,1066	0,0001	-0,0116
520	08:40:00	19:10:00	5,14	5,1456	0,0000	-0,0066
530	08:50:00	19:20:00	5,18	5,1838	0,0000	-0,0008
540	09:00:00	19:30:00	5,23	5,2213	0,0000	0,0057
550	09:10:00	19:40:00	5,27	5,2581	0,0002	0,0129
560	09:20:00	19:50:00	5,32	5,2942	0,0004	0,0208
570	09:30:00	20:00:00	5,36	5,3296	0,0009	0,0294
580	09:40:00	20:10:00	5,40	5,3644	0,0015	0,0386
590	09:50:00	20:20:00	5,45	5,3985	0,0024	0,0485
600	10:00:00	20:30:00	5,49	5,4320	0,0035	0,0590

Quadro 27: Dados referentes aos gráficos 57 e 58 (egm210_1)

C = Cs - (Cs - Ci) * exp(-K2 * t)				Temp. água = 24,75 °C		
Soma mmq = 0,0187				Média	Temp. bs = 24,45 °C	
Ci =	1,49	mg/L			Temp. bu = 20,30 °C	
Cs =	6,11	mg/L			u.r. = 69,65 %	
K2 =	0,0021	min ⁻¹	0,1278 h ⁻¹			
K2,25 =	0,1286	h ⁻¹				
Tempo minutos	Duração	Hora h:mm:ss	OD obs. mg/L	OD mod. mg/L	mmq	Resíduos
0	00:00:00	09:50:00	1,49	1,4900	0,0000	0,0000
10	00:10:00	10:00:00	1,58	1,5874	0,0001	-0,0074
20	00:20:00	10:10:00	1,67	1,6828	0,0002	-0,0128
30	00:30:00	10:20:00	1,76	1,7761	0,0003	-0,0161
40	00:40:00	10:30:00	1,86	1,8675	0,0001	-0,0075
50	00:50:00	10:40:00	1,95	1,9569	0,0000	-0,0069
60	01:00:00	10:50:00	2,04	2,0445	0,0000	-0,0045
70	01:10:00	11:00:00	2,12	2,1302	0,0001	-0,0102
80	01:20:00	11:10:00	2,21	2,2141	0,0000	-0,0041
90	01:30:00	11:20:00	2,30	2,2962	0,0000	0,0038
100	01:40:00	11:30:00	2,38	2,3766	0,0000	0,0034
110	01:50:00	11:40:00	2,45	2,4553	0,0000	-0,0053
120	02:00:00	11:50:00	2,53	2,5324	0,0000	-0,0024
130	02:10:00	12:00:00	2,60	2,6078	0,0001	-0,0078
140	02:20:00	12:10:00	2,68	2,6817	0,0000	-0,0017
150	02:30:00	12:20:00	2,76	2,7540	0,0000	0,0060
160	02:40:00	12:30:00	2,85	2,8247	0,0006	0,0253
170	02:50:00	12:40:00	2,91	2,8940	0,0003	0,0160
180	03:00:00	12:50:00	2,97	2,9618	0,0001	0,0082
190	03:10:00	13:00:00	3,04	3,0282	0,0001	0,0118
200	03:20:00	13:10:00	3,09	3,0931	0,0000	-0,0017
210	03:30:00	13:20:00	3,15	3,1567	0,0001	-0,0075
220	03:40:00	13:30:00	3,21	3,2190	0,0001	-0,0119
230	03:50:00	13:40:00	3,27	3,2800	0,0002	-0,0150
240	04:00:00	13:50:00	3,32	3,3396	0,0003	-0,0168
250	04:10:00	14:00:00	3,38	3,3981	0,0003	-0,0173
260	04:20:00	14:10:00	3,44	3,4552	0,0003	-0,0167
270	04:30:00	14:20:00	3,51	3,5112	0,0000	-0,0012
280	04:40:00	14:30:00	3,58	3,5660	0,0002	0,0140
290	04:50:00	14:40:00	3,64	3,6196	0,0004	0,0204
300	05:00:00	14:50:00	3,70	3,6722	0,0008	0,0278
310	05:10:00	15:00:00	3,75	3,7236	0,0007	0,0264
320	05:20:00	15:10:00	3,80	3,7739	0,0007	0,0261
330	05:30:00	15:20:00	3,85	3,8231	0,0007	0,0269
340	05:40:00	15:30:00	3,90	3,8714	0,0008	0,0286
350	05:50:00	15:40:00	3,95	3,9186	0,0010	0,0314
360	06:00:00	15:50:00	3,98	3,9648	0,0002	0,0152
370	06:10:00	16:00:00	4,02	4,0100	0,0001	0,0100
380	06:20:00	16:10:00	4,05	4,0543	0,0000	-0,0043
390	06:30:00	16:20:00	4,09	4,0976	0,0001	-0,0076
400	06:40:00	16:30:00	4,13	4,1401	0,0001	-0,0101
410	06:50:00	16:40:00	4,17	4,1816	0,0003	-0,0166
420	07:00:00	16:50:00	4,20	4,2223	0,0004	-0,0203
430	07:10:00	17:00:00	4,24	4,2621	0,0005	-0,0231
440	07:20:00	17:10:00	4,28	4,3010	0,0006	-0,0250
450	07:30:00	17:20:00	4,31	4,3392	0,0007	-0,0262
460	07:40:00	17:30:00	4,35	4,3765	0,0007	-0,0265
470	07:50:00	17:40:00	4,39	4,4131	0,0007	-0,0261
480	08:00:00	17:50:00	4,42	4,4489	0,0006	-0,0249
490	08:10:00	18:00:00	4,46	4,4839	0,0005	-0,0229
500	08:20:00	18:10:00	4,50	4,5182	0,0004	-0,0202
510	08:30:00	18:20:00	4,54	4,5518	0,0003	-0,0168
520	08:40:00	18:30:00	4,57	4,5846	0,0002	-0,0126
530	08:50:00	18:40:00	4,61	4,6168	0,0001	-0,0078
540	09:00:00	18:50:00	4,65	4,6483	0,0000	-0,0023
550	09:10:00	19:00:00	4,68	4,6791	0,0000	0,0039
560	09:20:00	19:10:00	4,72	4,7093	0,0001	0,0107
570	09:30:00	19:20:00	4,76	4,7388	0,0003	0,0182
580	09:40:00	19:30:00	4,79	4,7677	0,0007	0,0263
590	09:50:00	19:40:00	4,83	4,7961	0,0012	0,0349
600	10:00:00	19:50:00	4,86	4,8238	0,0013	0,0362

Quadro 28: Dados referentes aos gráficos 59 e 60 (egm210_2)

C = Cs - (Cs - Ci) * exp(-K2 * t)				Temp. água = 24,03 °C		
Soma mmq = 0,1028				Média Temp. bs = 24,67 °C		
Ci = 1,35 mg/L				Temp. bu = 21,27 °C		
Cs = 6,10 mg/L				u.r. = 74,73 %		
K2 = 0,0020 min ⁻¹				0,1209 h ⁻¹		
K2,25 = 0,1237 h ⁻¹						
Tempo minutos	Duração	Hora h:mm:ss	OD obs. mg/L	OD mod. mg/L	mmq	Resíduos
0	00:00:00	07:30:00	1,35	1,3500	0,0000	0,0000
10	00:10:00	07:40:00	1,44	1,4447	0,0000	-0,0047
20	00:20:00	07:50:00	1,53	1,5375	0,0001	-0,0075
30	00:30:00	08:00:00	1,62	1,6284	0,0001	-0,0084
40	00:40:00	08:10:00	1,70	1,7175	0,0003	-0,0175
50	00:50:00	08:20:00	1,79	1,8049	0,0002	-0,0149
60	01:00:00	08:30:00	1,88	1,8905	0,0001	-0,0105
70	01:10:00	08:40:00	1,96	1,9744	0,0002	-0,0144
80	01:20:00	08:50:00	2,04	2,0566	0,0003	-0,0166
90	01:30:00	09:00:00	2,11	2,1372	0,0007	-0,0272
100	01:40:00	09:10:00	2,17	2,2161	0,0021	-0,0461
110	01:50:00	09:20:00	2,24	2,2935	0,0029	-0,0535
120	02:00:00	09:30:00	2,31	2,3694	0,0035	-0,0594
130	02:10:00	09:40:00	2,38	2,4437	0,0041	-0,0637
140	02:20:00	09:50:00	2,45	2,5166	0,0044	-0,0666
150	02:30:00	10:00:00	2,52	2,5880	0,0046	-0,0680
160	02:40:00	10:10:00	2,59	2,6580	0,0046	-0,0680
170	02:50:00	10:20:00	2,66	2,7266	0,0044	-0,0666
180	03:00:00	10:30:00	2,73	2,7938	0,0041	-0,0638
190	03:10:00	10:40:00	2,81	2,8597	0,0025	-0,0497
200	03:20:00	10:50:00	2,89	2,9242	0,0012	-0,0342
210	03:30:00	11:00:00	2,95	2,9875	0,0014	-0,0375
220	03:40:00	11:10:00	3,02	3,0495	0,0006	-0,0255
230	03:50:00	11:20:00	3,09	3,1103	0,0002	-0,0157
240	04:00:00	11:30:00	3,17	3,1698	0,0000	-0,0048
250	04:10:00	11:40:00	3,24	3,2282	0,0001	0,0074
260	04:20:00	11:50:00	3,31	3,2854	0,0004	0,0207
270	04:30:00	12:00:00	3,38	3,3415	0,0012	0,0351
280	04:40:00	12:10:00	3,43	3,3964	0,0011	0,0336
290	04:50:00	12:20:00	3,48	3,4503	0,0009	0,0297
300	05:00:00	12:30:00	3,56	3,5031	0,0032	0,0562
310	05:10:00	12:40:00	3,62	3,5548	0,0049	0,0698
320	05:20:00	12:50:00	3,67	3,6055	0,0042	0,0645
330	05:30:00	13:00:00	3,72	3,6552	0,0042	0,0648
340	05:40:00	13:10:00	3,76	3,7039	0,0031	0,0561
350	05:50:00	13:20:00	3,82	3,7516	0,0047	0,0684
360	06:00:00	13:30:00	3,87	3,7984	0,0051	0,0716
370	06:10:00	13:40:00	3,92	3,8442	0,0057	0,0758
380	06:20:00	13:50:00	3,96	3,8891	0,0050	0,0709
390	06:30:00	14:00:00	3,99	3,9332	0,0032	0,0568
400	06:40:00	14:10:00	4,01	3,9763	0,0011	0,0337
410	06:50:00	14:20:00	4,05	4,0186	0,0010	0,0314
420	07:00:00	14:30:00	4,08	4,0601	0,0004	0,0199
430	07:10:00	14:40:00	4,11	4,1007	0,0001	0,0093
440	07:20:00	14:50:00	4,14	4,1405	0,0000	-0,0005
450	07:30:00	15:00:00	4,18	4,1795	0,0000	0,0005
460	07:40:00	15:10:00	4,21	4,2177	0,0001	-0,0077
470	07:50:00	15:20:00	4,25	4,2552	0,0000	-0,0052
480	08:00:00	15:30:00	4,28	4,2919	0,0001	-0,0119
490	08:10:00	15:40:00	4,31	4,3279	0,0003	-0,0179
500	08:20:00	15:50:00	4,34	4,3632	0,0005	-0,0232
510	08:30:00	16:00:00	4,38	4,3978	0,0003	-0,0178
520	08:40:00	16:10:00	4,42	4,4316	0,0001	-0,0116
530	08:50:00	16:20:00	4,46	4,4649	0,0000	-0,0049
540	09:00:00	16:30:00	4,48	4,4974	0,0003	-0,0174
550	09:10:00	16:40:00	4,50	4,5293	0,0009	-0,0293
560	09:20:00	16:50:00	4,53	4,5606	0,0009	-0,0306
570	09:30:00	17:00:00	4,55	4,5912	0,0017	-0,0412
580	09:40:00	17:10:00	4,59	4,6212	0,0010	-0,0312
590	09:50:00	17:20:00	4,61	4,6506	0,0017	-0,0406
600	10:00:00	17:30:00	4,63	4,6795	0,0024	-0,0495

Quadro 29: Dados referentes aos gráficos 61 e 62 (egm210_3)

10 ANEXO A – Programa do *Datalogger* desenvolvido para leitura de temperaturas através de termopares

```
;{CR10}
```

```
;
```

```
*Table 1 Program
```

```
01: 1      Execution Interval (seconds)
```

```
1: Temp (107) (P11)
```

```
1: 1      Reps
```

```
2: 1      SE Channel
```

```
3: 2      Excite all reps w/Exchan 2
```

```
4: 1      Loc [ termistor ]
```

```
5: 1      Mult
```

```
6: 0      Offset
```

```
2: Thermocouple Temp (DIFF) (P14)
```

```
1: 1      Reps
```

```
2: 22     7.5 mV 60 Hz Rejection Range
```

```
3: 5      DIFF Channel
```

```
4: 1      Type T (Copper-Constantan)
```

```
5: 1      Ref Temp (Deg. C) Loc [ termistor ]
```

```
6: 2      Loc [ temp_ar  ]
```

```
7: 1      Mult
```

```
8: 0      Offset
```

```
3: Thermocouple Temp (DIFF) (P14)
```

```
1: 1      Reps
```

```
2: 22     7.5 mV 60 Hz Rejection Range
```

```
3: 2      DIFF Channel
```

```
4: 1      Type T (Copper-Constantan)
```

```
5: 1      Ref Temp (Deg. C) Loc [ termistor ]
```

```
6: 3      Loc [ temp_agua ]
```

```
7: 1      Mult
```

```
8: 0      Offset
```

```
4: If time is (P92)
```

1: 0 -- Minutes (Seconds --) into a
 2: 60 -- Interval (same units as above)
 3: 10 Set Output Flag High

5: Real Time (P77)

1: 100 Day (midnight = 0000)

6: Average (P71)

1: 1 Reps
 2: 1 Loc [termistor]

7: Average (P71)

1: 1 Reps
 2: 2 Loc [temp_ar]

8: Average (P71)

1: 1 Reps
 2: 3 Loc [temp_agua]

*Table 2 Program

02: 0.0000 Execution Interval (seconds)

*Table 3 Subroutines

End Program

-Input Locations-

1 termistor 1 3 1
 2 temp_ar 1 1 1
 3 temp_agua 1 1 1
 4 _____ 0 0 0
 5 _____ 0 0 0
 6 _____ 0 0 0
 7 _____ 0 0 0

8 _____ 0 0 0
9 _____ 0 0 0
10 _____ 0 0 0
11 _____ 0 0 0
12 _____ 0 0 0
13 _____ 0 0 0
14 _____ 0 0 0
15 _____ 0 0 0
16 _____ 0 0 0
17 _____ 0 0 0
18 _____ 0 0 0
19 _____ 0 0 0
20 _____ 0 0 0
21 _____ 0 0 0
22 _____ 0 0 0
23 _____ 0 0 0
24 _____ 0 0 0
25 _____ 0 0 0
26 _____ 0 0 0
27 _____ 0 0 0
28 _____ 0 0 0

-Program Security-

0000

0000

0000

-Mode 4-

-Final Storage Area 2-0