



*UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
PRÓ-REITORIA PARA ASSUNTOS DO INTERIOR
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
ÁREA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL*

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

TRATAMENTO DE ÁGUAS E ESGOTOS





Biblioteca Setorial do CDSA. Maio de 2021.

Sumé - PB

REALIZAÇÃO

COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTOS DA PARAÍBA
(*CAGEPA*)
UNIVERSIDADE FEDERA DA PARAÍBA (*PROSAB*)

ORIENTAÇÃO E SUPERVISÃO

PROFESSORA *PAULA FRASSINETTI F. CAVALCANTI*

ESTAGIÁRIO

PAULO ANDRÉ BARROS

CURSO

ENGENHARIA CIVIL

CONTEUDO

1.0-Introdução

2.0-Estágio na Cagepa

2.1-Os Laboratórios de Controle

2.1.1-Atividades dos Laboratórios

2.2-Descrição das ETA's

2.3-A ETA de Gravatá

2.4-Parâmetros de controle da água bruta e tratada de Gravatá

2.5-Sistema de distribuição de Campina Grande

2.5.1-Controle da água distribuída em Campina Grande

2.6-Conclusões

3.0-Estágio no PROSAB – CCT

3.1-Estudo Hidrodinâmico de Reatores UASB

3.1.0-Materiais e Métodos

3.1.1-Instalações

3.1.2-Escolha do traçador

3.1.3-Procedimenbto experimental

3.1.4-Resultados

3.1.5-Análise de resultados

3.1.6-Tabela resumindo os resultados

3.1.7-Análise da Tabela Resumindo os resultados e conclusões

4.0-Sugestões

5.0-Revisão Bibliografia

6.0-Anexo I (Controle físico-químico

7.0-Anexo II (Controle biológico)

8.0-Anexo III (Croqui da ETA de Gravatá)

1.0- INTRODUÇÃO

É importante o controle das atividades do homem que resultem em alterações ambientais que podem exercer efeito deletério sobre sua saúde e bem estar.

Segundo a OMS, Saúde é o conjunto de condições que propiciam o bem estar social e mental de um indivíduo e saneamento é o comportamento de medidas que visem a prevenção ou modificação das condições do meio ambiente com a finalidade de prevenir doenças e promover a saúde.

As principais atividades do saneamento são abastecimento de água e coleta, transporte e tratamento de águas residuárias e resíduos sólidos, que definem o saneamento básico.

Nas águas podem existir diversos componentes capazes de alterar o seu grau de pureza. Em geral, estes componentes podem ser diferenciados pelas suas características. Um controle destes componentes garante o fornecimento às populações de uma água isenta de microrganismos capazes de transmitir doenças e substâncias que podem ter efeito deletério sobre o saúde, não só pelo consumo direto como também pelo consumo indireto.

De igual modo, a necessidade de preservar espécies aquáticas e a proteção do solo e duma forma geral do meio ambiente, impõe um tratamento as águas servidas antes de serem lançadas ao meio natural.

Disto, depreende-se que, um cuidadoso tratamento de águas e esgotos é indispensável para salvaguardar as condições de saúde das populações.

Entretanto, não bastará tratar a água e o esgoto. É necessário que o tratamento seja acompanhado de um rigoroso processo de controle como forma de garantir as condições satisfatórias.

O presente relatório, constitui a súmula do Estágio Supervisionado, realizado em duas etapas; sendo a primeira realizada na Companhia de Água e Esgotos da Paraíba, (*Cagepa*), no período de 06 de Fevereiro a 29 de Abril de 1997, perfazendo um total de 110 horas. Esta etapa teve os seguintes objetivos:

a) observação, análise e compreensão das diferentes etapas que compõem o sistema de abastecimento público (captação, adução, tratamento e distribuição),

b) domínio de técnicas laboratoriais de controle de qualidade da água destinada ao consumo humano.

A segunda etapa foi realizada na Área de Engenharia Sanitária e Ambiental com o grupo de pesquisadores em tratamento de esgotos que participam do Programa Nacional de Saneamento Básico dentro do CCT – (*PROSAB –CCT*) no período de 15 de Junho de 1997 a 28 de Fevereiro de 1998, totalizando 200 horas.

2.0 - ESTÁGIO NA CAGEPA

A Companhia de Água e Esgotos da Paraíba, CAGEPA, com sede na capital do Estado, João Pessoa, está estruturada em cinco regionais, entre as quais a Regional da Borborema. Esta reúne um conjunto de atividades, instalações e equipamentos destinados a fornecer água potável ao compartimento da Borborema, bem como promover o tratamento de esgotos de modo a permitir o lançamento do esgoto tratado em corpos receptores de águas, obedecendo os padrões do CONAMA. Dentre estas instalações e equipamentos destacamos os dois Laboratórios de Controle de Qualidade da Água, um localizado na Cidade de Campina Grande e o outro junta da Estação de Tratamento de Água de Gravatá e as ETA e ETE.

2.1- OS LABORATÓRIOS DE CONTROLE

O laboratório localizado na cidade de Campina Grande, ocupa uma área de pouco mais ou menos de 2000 m², em uma das maiores colinas do Alto Branco, de onde se pode vislumbrar a magnitude da Rainha da Borborema que, no passar do tempo, se verticaliza em busca dos céus como qualquer outra cidade moderna.

Atendendo as cidades de Campina Grande, Boqueirão, Lagoa Seca, Alagoa Grande e Queimadas, nele processa-se a análise da água coletada nos diversos pontos do sistema de distribuição destas cidades bem como as solicitadas por particulares.

A estruturação de um laboratório de controle de qualidade situado nas mesmas instalações da ETA de Gravatá foi uma das últimas e das maiores realizações da Regional da Borborema uma vez que, com isto, propiciou-se o desenvolvimento do controle no local do tratamento evitando-se, assim, percorrer longos quilômetros para se verificar a qualidade da água que chega e sai da ETA, vocação única deste laboratório.

2.1.1 -ATIVIDADES DOS LABORATÓRIOS

As atividades desenvolvidas por estes laboratórios referem-se a determinações físico-químico e bacteriológico de amostras de águas podendo ser observadas sucintamente nos *ANEXOS I e II*.

2.2-DESCRIÇÃO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA(ETA)

Uma ETA é o ponto intermediário entre o manancial de água destinada ao abastecimento público e a rede de distribuição. As ETAS convencionais compõem-se, basicamente, dos seguintes dispositivos: câmara de mistura rápida, geralmente adotada a calha Parshal, aonde se adiciona os produtos químicos que irão promover a coagulação da água, câmaras de floculação, tanques de decantação, unidades de filtração, e o compartimento de desinfecção.

A calha Parshal é um dispositivo que permite a medição da vazão afluente na ETA e propicia um determinado gradiente de velocidade, gradiente este que se eleva com a introdução de um ressalto hidráulico na calha. Além disto, ela permite a mistura rápida quando da adição de coagulantes.

Nas câmaras de floculação ocorre a agitação da água. Esta agitação pode ser mecânica ou hidráulica. A agitação é mecânica quando os floculadores possuem um sistema de agitação constituído de um motor que faz girar um eixo ao qual estão acoplados pás ou palhetas. Os eixos podem estar posicionados na horizontal ou na vertical.

A agitação hidráulica é conseguida pela dissipação de energia contida na água ao fazê-la passar por canais. O fluxo nos canais pode ser horizontal ou vertical. No caso da ETA de Gravatá, é do tipo mecânico com eixo vertical.

Os tanques de decantação apresentam-se na forma circular ou retangular, e sua função principal é permitir a decantação da água oriunda das câmaras de floculação remetendo, assim, para unidade seqüencial da

ETA (unidade de filtração), água com menor número de partículas sólidas suspensas.

As unidades de filtração têm por finalidade remover as partículas que não foram removidas no decantador produzindo água com turbidez menor que uma unidade de turbidez.

De acordo com a velocidade de filtração, os filtros podem ser filtros rápidos (com velocidade entre 120 e 360 $m^3 / m^2 /d$) ou lentos (com velocidade entre 7 e 14 $m^3 / m^2 /d$). O processo de filtração compõe-se de dois mecanismos: transporte e aderência. Os mecanismos de aderência são as forças de van der Waals, forças eletroquímicas e pontes de hidrogênio e os mecanismos de transporte são a sedimentação, interceptação, difusão e o impacto inercial .

No processo de filtração, o meio filtrante pode ser areia, antracita ou mistos. A espessura da camada, nos dois primeiros casos, varia entre 60 e 75 cm. Os leitos mistos podem ser areia e antracita (com espessura da camada de areia variando entre 15 e 20 cm e para a antracita variando entre 50 e 60 cm) para o caso de filtros rápidos. Em filtros lentos são usados apenas leitos de areia com espessura variando entre 60 e 100 cm.

De acordo com o sentido do fluxo, os filtros podem ser ascendentes, descendentes e mistos no caso de filtros rápidos, podendo ser descendentes ou ascendentes para os filtros lentos.

A desinfecção é a etapa final do tratamento na ETA sendo um processo que objetiva a eliminação de eventuais microorganismos presentes na água a ser remetida na rede de distribuição. Em geral, a desinfecção é feita com cloro líquido. O residual mínimo de cloro na rede deve ser de 0,5 mg/l.

2.3 - A ETA DE GRAVATÁ

A ETA de Gravata, localizada entre as cidades de Boqueirão e Queimadas, compõe-se das seguintes unidades: uma calha Parshal, dez tanques de floculação, dez unidades convencionais de decantação de fluxo horizontal, onze filtros de areia, um compartimento de desinfecção e instalações para aplicação de sulfato de alumínio, cal, cloro e fluossilicato de sódio.

A capacidade máxima de tratamento da estação é de 18140 m³/d, sendo que, atualmente, são tratados 128000 m³/d,

A calha Parshal (Figura 1) possui uma garganta de 1,525m o que poderá permitir uma vazão máxima de até 2,10 m³/s com lâmina de montante de 0,70m , quando a ETA operar na sua capacidade máxima. Antes do ressalto hidráulico da calha é feita a adição de coagulantes. Entretanto, a adição destes na ETA de Gravata só ocorre em períodos chuvosos, altura em que do manancial Epitácio Pessoa vêm águas turvas e com elevada presença de sólidos suspensos.

O desnível entre o canal de montante e o de jusante é de 0,70m , de modo que o gradiente de velocidade atinge o valor de 1853 s⁻¹, o que proporciona excelentes condições para a mistura dos coagulantes, haja visto que a NB-592 considera satisfatória gradientes de velocidade superiores a 500s⁻¹.

Os floculadores, tal como a adição de coagulantes apenas funcionam em períodos chuvosos . Fora deste período, as unidades de floculação funcionam apenas como tanques de transito de água que flui para as unidades de decantação, seguindo destas para os filtros. Os floculadores são mecânicos de fluxo axial com capacidade total de 2,10m³/s (Figura 2).

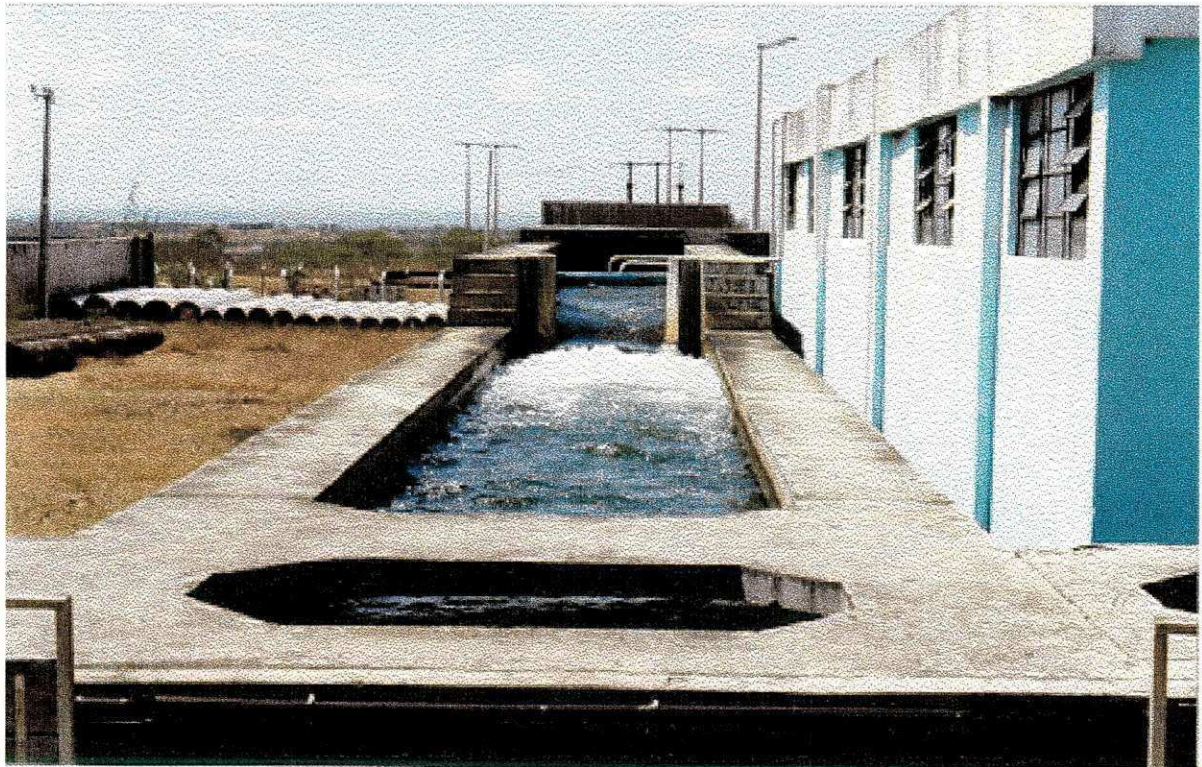


Figura 01 - Calha Parshal da ETA de Gravatá



Figura 02 - Floculadores Mecânicos de Fluxo Axial da ETA de Gravatá

A produção de lodos na estação chuvosa é da ordem de 7m^3 por 1000m^3 de água tratada, de modo que, com $2,10\text{m}^3/\text{s}$ de vazão serão produzidos $1263\text{m}^3/\text{dia}$ de lodos. Assim, cada decantador, tem a capacidade de acumulação no depósito de lodos (pirâmide invertida) de 67m^3 por unidade.

Os decantadores, são convencionais e foram projetados de modo a permitir, nos períodos críticos, lavagens espaçadas de onze dias.

A distribuição das cargas hidráulicas é a seguinte:

a) seis decantadores com carga superficial de $20\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$

área = 341 m^2

vazão = 79 l/s

vazão nos seis decantadores 474 l/s ou $40920 \text{ m}^3/\text{d}$

b) quatro decantadores com carga superficial de $30\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$

área = 1171 m^2

vazão = $104,33 \text{ l/s}$

vazão nos seis decantadores 626 l/s ou $140520 \text{ m}^3/\text{d}$

O sistema de coleta de água nos decantadores de carga igual a $30\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$ é de tubos submersos que permitem maior facilidade de regulagem da vazão de cada decantador em um vertedor regulável de pequena largura. (Figura 3)

A coleta de água nos decantadores com capacidade igual a $20\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$ é feita em canaletas, em forma de "U", localizadas no final do tanque (Figura 4).

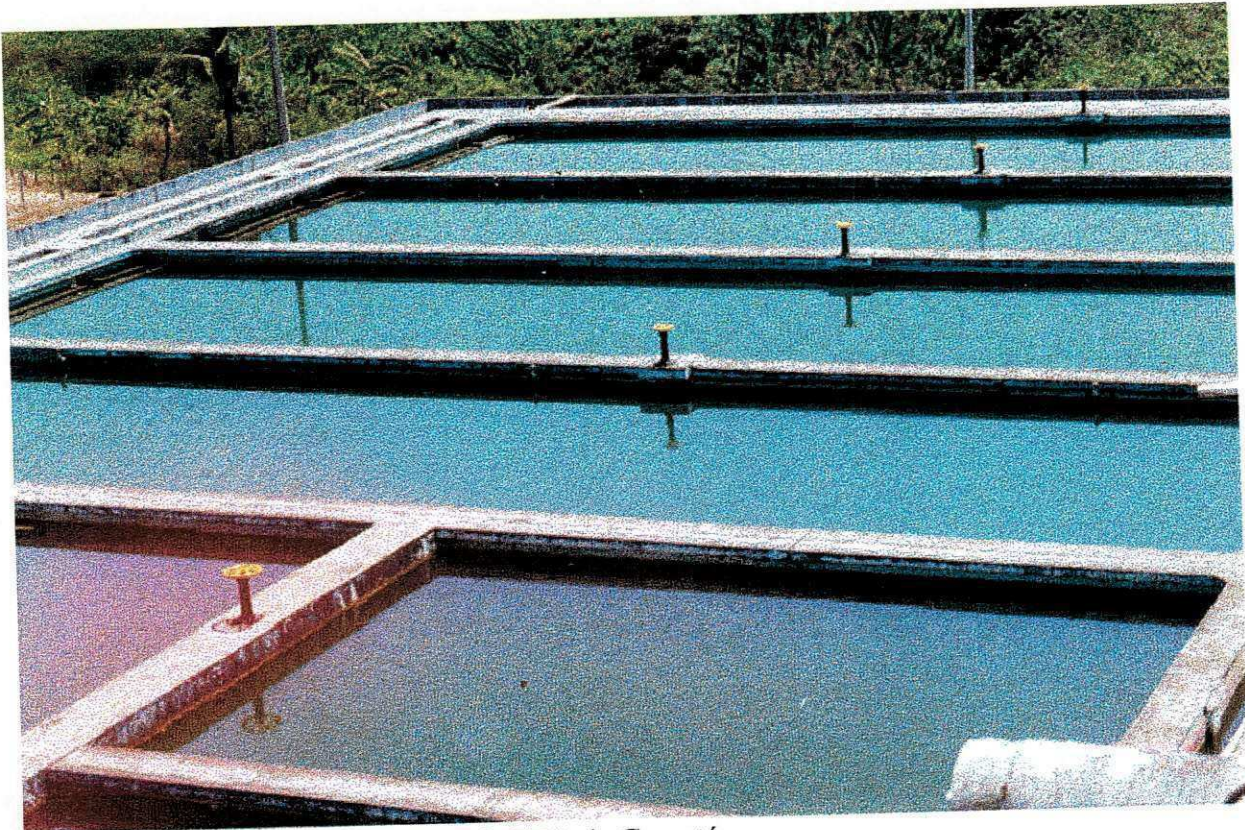


Figura 03 - Vista dos decantadores da ETA de Gravata

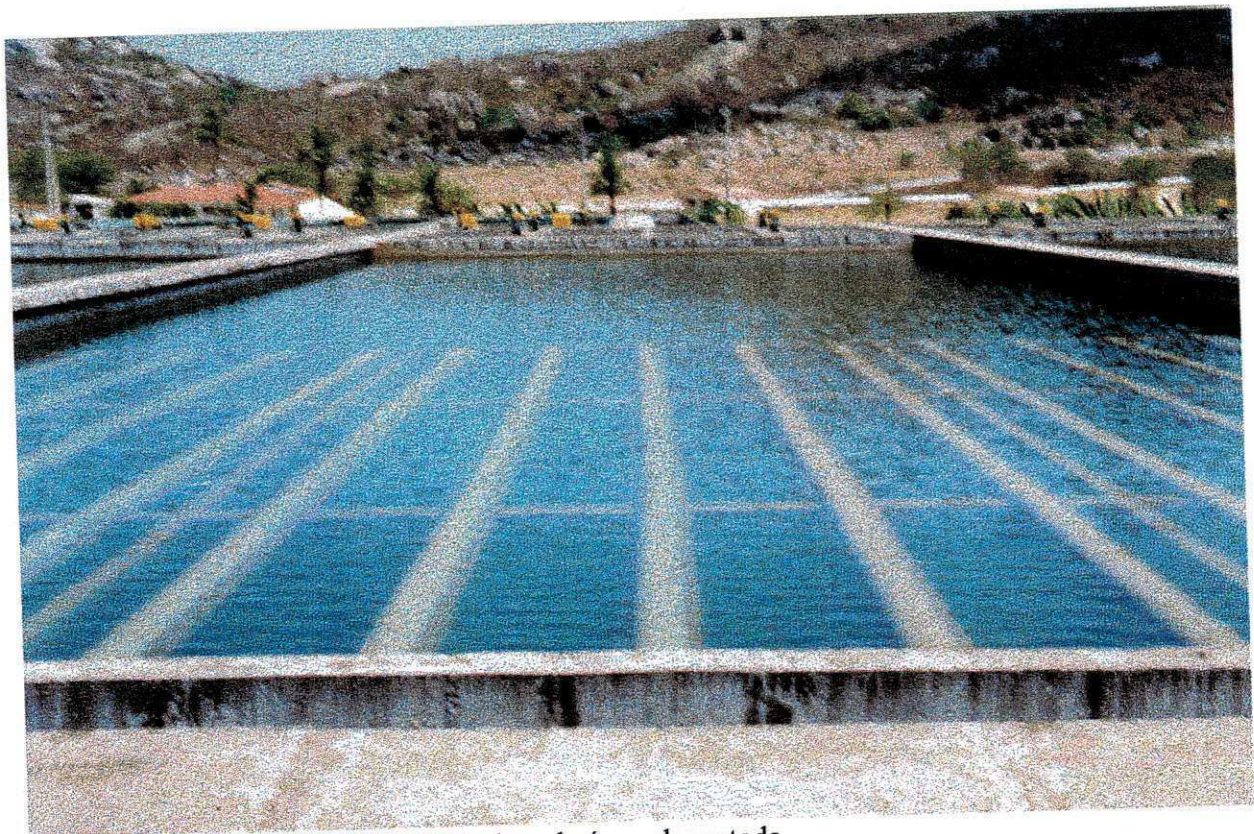


Figura 04 - Detalhe do sistema de coleta de água decantada



Figura 05 – Filtros da ETA de Gravatá

O filtros possuem uma área de 475 m^2 e usam como meio filtrante areia, antracito e seixos e operam a uma taxa de $1,650 \text{ m}^3/\text{s}$, ou $300 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{d}$ (Figura 5)

O processo de desinfecção é feito com cloro comprimido em tambores cilíndricos consumindo-se em média 574 Kg de cloro por dia para desinfectar em média 128000 m^3 de água por dia .

Da água que chega a ETA (em média 129000 m^3 por dia) ocorre um desperdício de cerca de 400 m^3 relativamente à tratada sendo grande parte deste desperdício resultado da lavagem dos filtros.

No anexo III poderá ser observado o croqui da ETA de Gravatá.

A CASA DAS BOMBAS

A casa das bombas, abriga os seguintes equipamentos:

- a) bombas de lavagem dos filtros por inversão de fluxo;
- b) bombas para lavagem superficial;
- c) compressor de ar para acionamento das válvulas e comportas dos filtros .

RESERVATÓRIOS DE LAVAGEM DOS FILTROS

A ETA conta com três reservatórios interligados de modo a funcionarem como vasos comunicantes, com capacidade total de 550 m^3 de água .

CASA DA QUÍMICA

A preparação das soluções é feita no compartimento térreo e depois são bombeadas para dosadores colocados no pavimento superior. As vantagens encontradas para esta solução, de acordo com os projetista da ETA, são:

- O depósito de coagulantes fica situado no andar térreo, não sobrecarregando as estruturas de concreto do edifício.
- Os dosadores são do tipo de nível constante com retorno do excesso de solução para os tanques de preparação e foram colocados diretamente sobre os tanques de preparação e bem próximos a calha Parshal, onde os produtos químicos são aplicados.
- Para garantir o funcionamento contínuo dos dosadores, as bombas destinadas ao recalque das soluções e suspensões têm unidades de reserva.

2.4 - PARÂMETROS DE CONTROLE DA ÁGUA BRUTA E TRATADA DE GRAVATÁ

A tabela abaixo, ilustra os parâmetros analisados, frequência de análise e o horário de coleta de amostras objetivando o controle da água consumida na cidade de Campina Grande e cidades circunvizinhas.

parâmetros analisados	Tipo de água				horário de coleta	frequência
	bruta	decantada	filtrada	clorada		
cor	*	*	*	*	6, 12, 18 e 24 horas	diária
turbidez	*	*	*	*		
pH	*	*	*	*		
gás carbônico	* (1)	* (1)	* (1)	* (1)		
oxigênio consumido	* (1)	* (1)	* (1)	* (1)		
alcal. total	* (1)	* (1)		* (1)		
cloro residual				*		
Colif. totais	* (2)	* (2)	* (2)	* (3)	6,12,18,24 horas	diário p/ (*3)

* (1) parâmetros analisados apenas em amostras colhidas às 12 e 24 horas

* (2).parâmetros analisados uma vez por semana

* (3).parâmetros analisados diariamente excetuando-se sábados, domingos e feriados

2.5 - SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DE CAMPINA GRANDE

Concluído o processo de desinfecção, a água é remetida por gravidade ao reservatório R-0 localizado junto da ETA. Do R-0 a água é recalçada para dois reservatórios localizados na Cidade de Campina Grande, designadamente R-5 e R-9, através de três adutoras de 500, 700 e 800 mm respectivamente.

Destes reservatórios, procede-se a distribuição para os diversos bairros da cidade através de reservatórios intermediários ou diretamente para a rede de distribuição domiciliar.

A cidade de Campina Grande conta atualmente com cerca de 78481 ligações, das quais 59811 têm hidrômetros instalados, com consumo médio per capita de 114 l / hab. dia. Os dados abaixo resumem o consumo de água na cidade.

POPULAÇÃO SERVIDA	360 000 hab.
VOLUME ADUZIDO	70 000 m ³ /d
Nº DE LIGAÇÕES DOMICILIARES	71 789
Nº DE LIGAÇÕES COMERCIAIS	4 562
Nº DE LIGAÇÕES INDUSTRIAIS	527
OUTRAS LIGAÇÕES	4 562
CONSUMO PER CAPITA	114 l / hab. dia

2.5.1- CONTROLE DA ÁGUA DISTRIBUIDA EM CAMPINA GRANDE

O controle de qualidade é feita através da análise de cor, turbidez, cloro residual e coliformes totais, de amostras coletadas em pontos distintos da Cidade segundo roteiros estabelecidos.

No controle da qualidade da água distribuída em Campina Grande, obedece-se ao seguinte roteiro:

roteiro A

- . Bairro das Nações
- . Alto Branco
- . Jardim Alvorada
- . Santo Antônio
- . Vila Castelo Branco
- . Centro
- . Reservatório R-9

roteiro B

- . Feira Central
- . Nova Brasília
- . Monte Castelo
- . Cachoeira
- . José Pinheiro
- . Mirante
- . Santa Terezinha
- . Reservatório R-5

roteiro C

- . Parque da Criança
- . prox. Rodoviária
- . prox. est. Amigão
- . C. Luiza Mota
- . Bairro São José
- . Bairro do 40
- . reservatório R-9
- . Centro

roteiro D

- . Liberdade
- . Tambor
- . Dist. Industrial
- . Ligeiro
- . Dist. Mecânicos
- . Jardim Paulistano
- . Reservatório R-5

roteiro E

- . Cruzeiro
- . Presidente Médici
- . 3 Irmãs
- . Catingueira
- . Jardim Verdejante
- . Rocha Cavalcanti
- . Malvinas
- . Reservatório R-9

roteiro G

- . Monte Santo
- . Hospital da FAP
- . Vila dos Teimosos
- . Matadouro Público
- . Ramadinha I
- . Conj. . Severino. Cabral
- . Centro
- . Reservatório R-9

roteiro I

- . São José da Mata (leste)
- . São José da Mata (oeste)
- . Lagoa de Dentro
- . Penitenciária. do Serrotão
- . Conj. Mutirão
- . Bodocongó
- . Reservatório R-9

roteiro F

- . Prata
- . Bela Vista
- . Conj. Professores
- . Pedregal
- . Centenário
- . Conj. Dinamérica
- . Santa Rosa
- . Reservatório R-5

roteiro H

- . Alto Branco
- . Lozeiro
- . Conceição
- . Palmeira (sul)
- . Palmeira (norte)
- . Jardim. Continental
- . Reservatório R-5
- . Geremias

roteiro J

- . Bairro Cidades
- . Velame
- . Catolé Zé Ferreira
- . Conj. Cinza
- . Conj. R. Cavalcanti
- . Reservatório R-5
- . Reservatório R-2

A tabela a seguir fornece os parâmetros analisados nas águas coletadas nos roteiros acima bem como a sua frequência.

Roteiro	semana do mês	parâmetro analisado
A à E	1. ^a e 2. ^a	cor turbidez
F à J	3. ^a e 4. ^a	cloro residual bacteriológico

Nota: Os pontos onde o cloro residual é maior ou igual a 2,0 mg/l e a turbidez é menor ou igual a 5,0 mg/l, geralmente, é dispensado o exame bacteriológico. Este procedimento não tem como referência normas de qualidade oficiais, sendo puramente resultado da experiência da equipe de controle de qualidade da Cagepa.

2.6-CONCLUSÕES

Com o desenvolvimento deste trabalho, podemos chegar as seguintes conclusões :

- 1- Dos resultados obtidos no processo de controle de qualidade pode-se concluir que a água consumida em Campina Grande é de boa qualidade e atende aos padrões descritos na Portaria n.º 36/GM do Ministério da Saúde, exceto com relação a turbidez.
- 2- A estruturação do laboratório situado junto da ETA de Gravatá facilitou o controle da água consumida em Campina Grande, pois, o controle local eliminou inúmeros fatores externos que podem influir nos resultados obtidos.
- 3- A localização da maioria dos reservatórios de água em zonas altas (montanhosas) da cidade faz com que a chegada da água na rede de distribuição domiciliar se faça com simplicidade por gravidade.
- 4- O roteiro de coleta de amostras da rede de distribuição da cidade para análise da qualidade é adequado para o controle eficaz da água consumida em Campina Grande.
- 5- Existência de um grande número de ligações sem hidrômetros e/ou clandestinas.
- 6- Existência de um grande número de vazamentos não detectados ou não concertados em curto espaço de tempo, o que eleva o desperdício de água tratada

3.0 – ESTÁGIO NO PROSAB – CCT

A Segunda parte deste estágio supervisionado foi realizada na Área de Engenharia Sanitária e Ambiental junto ao grupo de pesquisadores que desenvolve o projeto “Tratamento de Esgoto Doméstico através de Reatores tipo UASB e vazoes artificiais”, dentro do Programa Nacional de Saneamento Básico – PROSAB, financiado pelo FINEP, CNPq e CEF.

O trabalho realizado junto ao grupo tratou do estudo hidrodinâmico de reatores tipo UASB, tendo sido desenvolvido no período de 15 de junho de 1997 a 28 de fevereiro de 1998.

3.1- Estudo Hidrodinâmico de Reatores UASB

Águas residuárias de origem doméstica ou esgotos sanitários apresentam constituintes indesejáveis tais quais: sólidos em suspensão, matéria orgânica, nutrientes e microrganismos patogênicos (van Haandel e Lettinga, 1994). Tais constituintes devem ser removidos para que não causem prejuízos ao meio ambiente e ao homem. Na prática do tratamento de esgoto, são utilizados reatores para remoção ou redução do material indesejável nele presente.

Reatores anaeróbios do tipo UASB (up flow anaerobic sludge blanket) são reatores de alta taxa de degradação da matéria orgânica e vêm sendo empregados largamente no tratamento de águas residuárias. Esses reatores se caracterizam por apresentarem:

- uma manta de lodo de alta atividade;

- um separador de fases sólida (o lodo), líquida (o efluente tratado) e gasosa (o biogás produzido durante a digestão);

A concepção destes reatores, é uma valiosa contribuição no processo de tratamento de águas residuárias. Entretanto, o seu funcionamento, a eficiência e o desempenho está relacionado com a natureza de escoamento que neles ocorre. Estudos pormenorizados do mecanismo hidrodinâmico de reatores permitem verificar o regime de fluxo, o grau de mistura e a fração de volume morto no interior desses reatores.

A avaliação hidrodinâmica destes reatores é feita usando-se traçadores. No caso de reatores biológicos, a seleção do traçador deve recair em um composto inerte que não interfira no processo biológico.

A *priori*, é recomendada a adoção de substâncias de elevada estabilidade, que não altere suas características com o pH, não seja absorvida pela biomassa e não iniba a atividade dos microrganismos.

Esta parte do trabalho, trata da verificação das características hidrodinâmicas de reatores tipo UASB, em escala piloto, colocados em operação pelo grupo de pesquisadores da Área de Engenharia Sanitária e Ambiental do Departamento de Engenharia Civil / CCT.

Os ensaios com traçadores objetivaram determinar, nos reatores estudados, a distribuição do tempo de permanência, podendo-se a partir daí, derivar-se dois parâmetros do reator:

- 1- o seu grau de mistura e,
- 2- a sua fração do volume morto.

O grau de mistura, define o regime de mistura, que poderá ser:

- a) regime de fluxo pistão ou fluxo tubular
- b) regime de mistura completa, e
- c) intermediária

Em um reator de regime de fluxo pistão não ocorre nenhuma mistura. Nestes reatores, o traçador aplicado aparecerá no efluente de uma só vez. No Reator de mistura completa, a mistura é imediata e completa.

Nestes Reatores, uma certa fração do traçador deixará o reator com o efluente imediatamente após a sua entrada, enquanto que outra parte permanecerá durante um certo período de tempo, período de tempo este, que dependerá da vazão estabelecida para o afluente do sistema.

Na realização dos testes os reatores foram enchidos com água antes de se aplicar os traçadores.

Os testes iniciais foram feitos usando-se como traçador o sal de cozinha (cloreto de sódio). Os resultados obtidos com o sal de cozinha mostraram-se pouco satisfatórios. Por conseqüência adotou-se outro traçador, o indicador verde de bromocresol, que mostrou ser mais adequado para traçar o perfil hidrodinâmico dos reatores avaliados.

3.1.0-MATERIAIS E MÉTODOS

3.1.1- INSTALAÇÕES

A Figura 1 ilustra um dos conjuntos de reatores UASB em escala piloto operados pelo grupo de pesquisadores do PROSAB, sendo construídos com PVC e operados em condições de temperatura ambiente e alimentados com esgoto por meio de bombas peristálticas YVEL com motor Eberle $\frac{3}{4}$ HP .

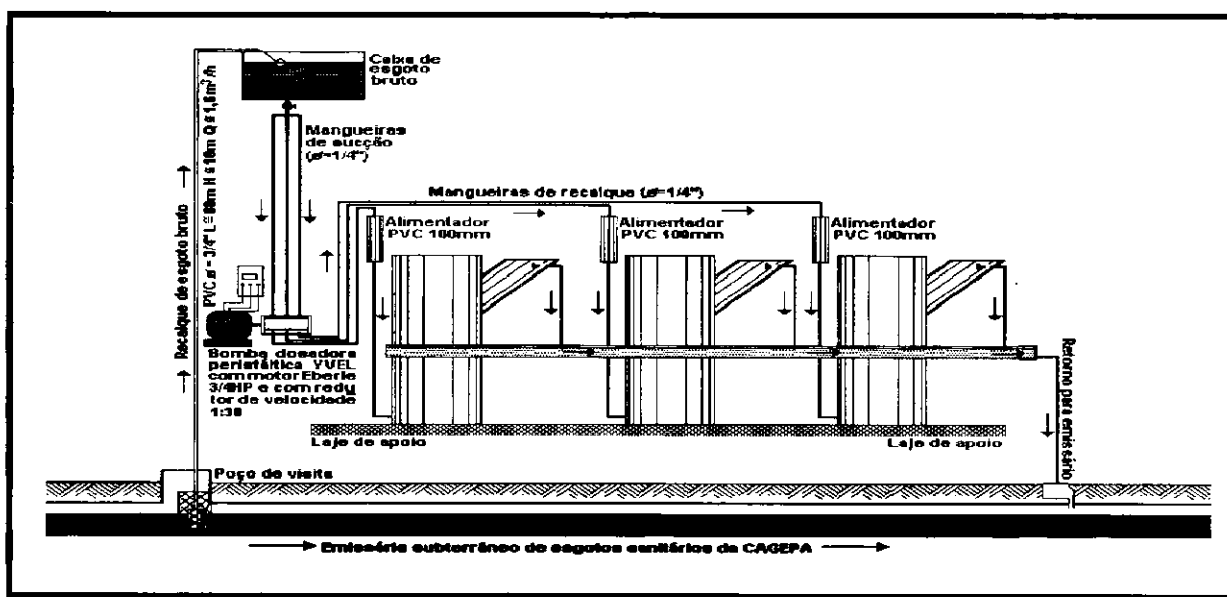


Figura 1 – Esquema de três reatores UASB, em escala piloto e do sistema de alimentação com esgoto bruto.

O trabalho de pesquisa foi desenvolvido em três grupos de reatores, tendo cada grupo três reatores, conforme é ilustrado na Figura 1.

Sua divisão em grupos foi um procedimento que permitiu apenas a avaliação da semelhança de comportamento hidrodinâmico entre reatores em iguais e diferentes condições físicas (tamanho da base, altura, capacidade volumétrica) e de operação (vazão de escoamento, funcionamento contínuo ou não, período total de funcionamento, etc.). Assim, a divisão em grupos atendeu as seguintes características:

Reatores do GRUPO I : - *forma física semelhante*

- *igual capacidade (125 l)*

- *vazões diferenciadas para os 3 reatores (Q , $2Q$, $4Q$)*

- *funcionamento contínuo*

Reatores do GRUPO II : - *forma física semelhante*

- *igual capacidade (125 l)*

- *vazões iguais para os 3 reatores (Q)*

- *10 minutos de funcionamento e 5 parado*

Reatores do GRUPO III : - *forma física diferente*

- *igual capacidade (100 l)*

- *igual vazão (60 l/h)*

- *funcionamento contínuo*

3.1.2- ESCOLHA DO TRAÇADOR

A realização de estudos hidrodinâmicos confiáveis, exige, antes de mais, testar diferentes substâncias, uma vez que, das características do sistema, depende a escolha do traçador mais adequado. Resultados errados e inconsistentes podem ser encontrados com o uso de traçadores inadequados ao sistema em estudo. Fatores como pH do meio é, também, um importante elemento de análise ao se escolher um traçador. Heis algumas características desejáveis para traçadores:

- a) fácil detecção
- b) disponível e barato
- c) solúveis
- d) inertes
- e) estável

Dentre os diversos tipos recomendados pela literatura relativa ao assunto, a tabela abaixo ilustra alguns destes. A concentração desses traçadores no efluente é determinada a partir de sua concentração, utilizando-se espectrofotômetro. No caso do sal (cloreto de sódio) é determinado, com o uso do condutivímetro.

tipo de traçador	comprimento de onda (nm)
mordante violeta	220
azul de bromofenol	310
eosina Y	516
verde de bromocresol	612
dextrana azul	650

Neste trabalho, como referido anteriormente, foram utilizados o verde de bromocresol e o cloreto de sódio como traçadores.

3.1.3- PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

A necessidade de determinar a concentração mais adequada para a solução traçadora levou-nos a testar diversas concentrações .

Das testadas, resultados consistentes foram obtidos com soluções preparadas com 0,5 g de verde de bromocresol em 1,50 l de água (0,33g/l), e 300g de cloreto de sódio em 3 l de efluente dos reatores UASB (100g/l) uma vez que foram as que permitiram leituras de absorvância e condutividade que permitiram melhor observar o comportamento hidrodinâmico dos reatores estudados.

Objetivando eliminar, das soluções preparadas, partículas de soluto que, eventualmente, não se tenham dissolvido totalmente, filtrou-se, as soluções usando-se algodão. Deve-se observar que a dissolução completa do verde de bromocresol em água só ocorre com a adição de pequena parte de hidróxido de sódio (N_aOH).

Na preparação da solução traçadora foram pesados 1,5g de verde de bromocresol e 900g de cloreto de sódio, dissolvendo-se, em seguida, o verde de bromocresol em 1500 ml de água corrente, e o cloreto de sódio, em 9000 ml de efluente de reatores UASB em estudo.

Para o caso de verde de bromocresol, solução assim obtida, foi dividida em 3 partes de 500 ml e introduzida cada parte em um reator UASB através do alimentador, observando-se a mesma vazão de entrada de esgoto.

Por ser o verde de bromocresol um indicador com faixa de pH (3,6 a 5,4), tornou-se necessário ajustar o pH da solução traçadora ao pH do efluente, antes da adição do traçador ao reator. Por ter se observado que

ocorre uma certa variação do pH (em torno de uma unidade) entre os diferentes reatores foi necessário ajustar o pH da solução traçadora em função do pH do reator em que seria adicionado.

Para assegurar resultados mais coerentes foi necessário, durante a adição da solução traçadora interromper a alimentação do reator UASB com esgoto, retomando-se a alimentação logo após a conclusão da adição do traçador. Da solução de verde de bromocresol, 5 ml foram reservados para a preparação da solução para a curva de calibração.

Logo depois de concluída a adição do traçador, coletou-se a primeira amostra de cada reator UASB e daí em diante, em intervalos de tempo iguais, repetiu-se o procedimento, até um período aproximadamente igual a três vezes ao tempo de permanência teórico (t_t) de cada reator , onde:

$$t_t = V/Q , \text{ sendo } V = \text{volume do reator e } Q = \text{vazão no reator}$$

Para o cloreto de sódio, a solução de 9 l foi dividida em 3 partes, sendo cada parte adicionada a um reator UASB, seguindo o mesmo procedimento adotado para o verde de bromocresol.

Em seguida calibrou-se todos os equipamentos a usar, designadamente: o condutivímetro, o espectrofotômetro, o pHmetro, etc.

O espectrofotômetro foi calibrado usando-se o sobrenadante de uma amostra do efluente dos reatores UASB a estudar, previamente centrifugado durante 3 minutos. A centrifugação, neste caso, tem como objetivo reduzir a presença de partículas em suspensão normalmente encontradas em amostras do efluente dos reatores, partículas s estas, que aumentam gradualmente com o aumento da vazão de escoamento do reator UASB.

A presença dessas partículas interfere na leitura da absorvância das amostras analisadas. A calibração dos demais equipamentos seguiu os procedimentos descritos pelos manuais de operação.

O procedimento para obtenção da curva de calibração consistiu na diluição, no caso do verde de bromocresol, dos 5 ml previamente reservados, em volume igual de efluente, efluente este retirado de uma amostra coletada antes da adição do traçador. Depois dessa diluição, centrifugou-se a amostra por 3 minutos seguida da leitura da absorvância. Posteriormente, da amostra diluída, tomou-se 5 ml que é diluída em igual volume de efluente, levando-se ao centrifugador por 3 minutos, lendo-se depois a absorvância. Repetiu-se o procedimento, por cinco vezes.

Com os valores da concentração de cada diluição e da absorvância correspondentemente lida, obtém-se a curva de calibração da qual se extraiu a expressão matemática que correlaciona concentração de verde de bromocresol com a absorvância. Os valores das concentrações de verde de bromocresol das amostras tomadas dos efluentes dos reatores foram determinadas a partir da absorvância lida e da curva de calibração.

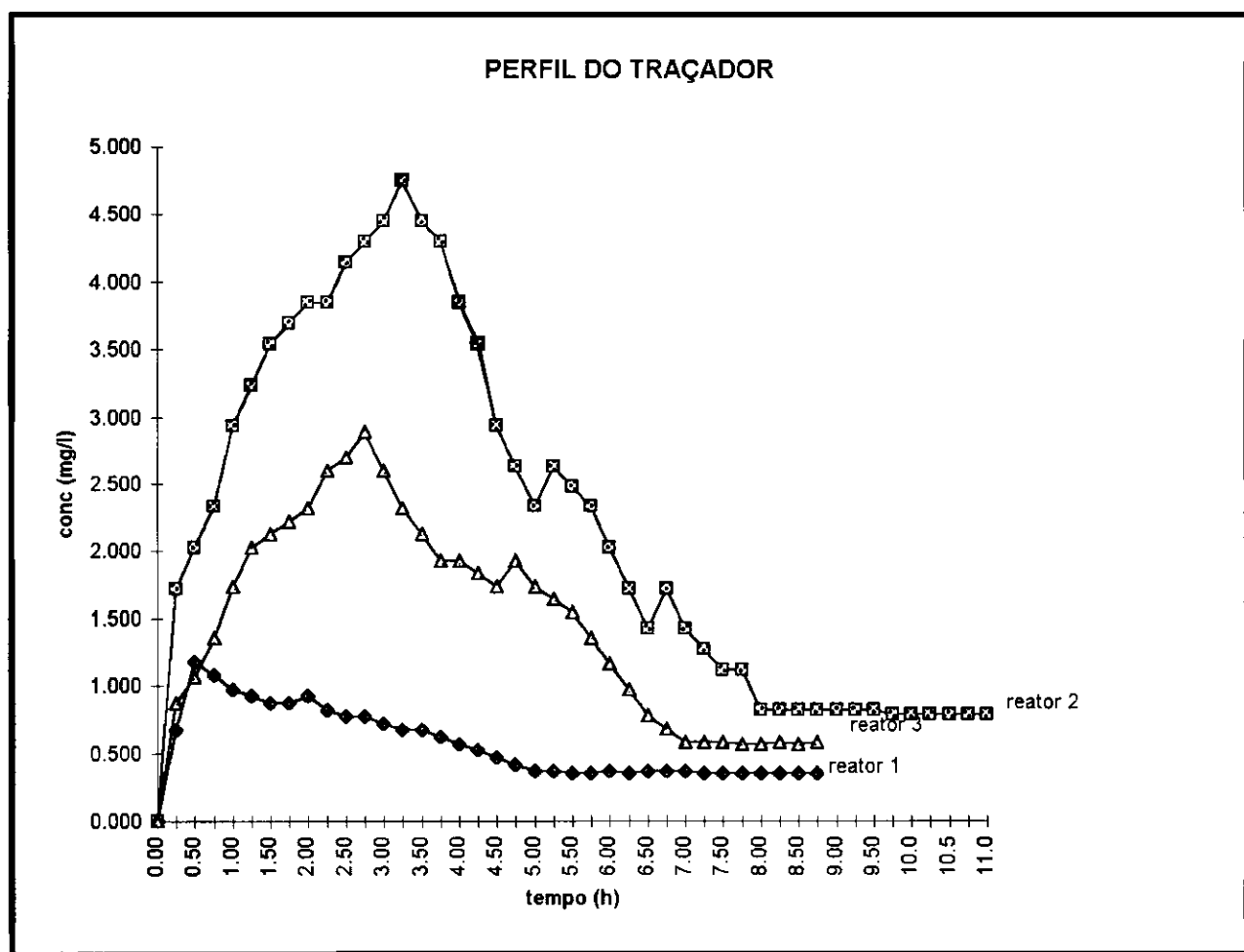
O mesmo processo de diluições sucessivas foi usado para obtenção da curva de calibração do cloreto de sódio. As diluições foram feitas em amostras do efluente coletadas antes da adição do traçador.

3.1.4- RESULTADOS

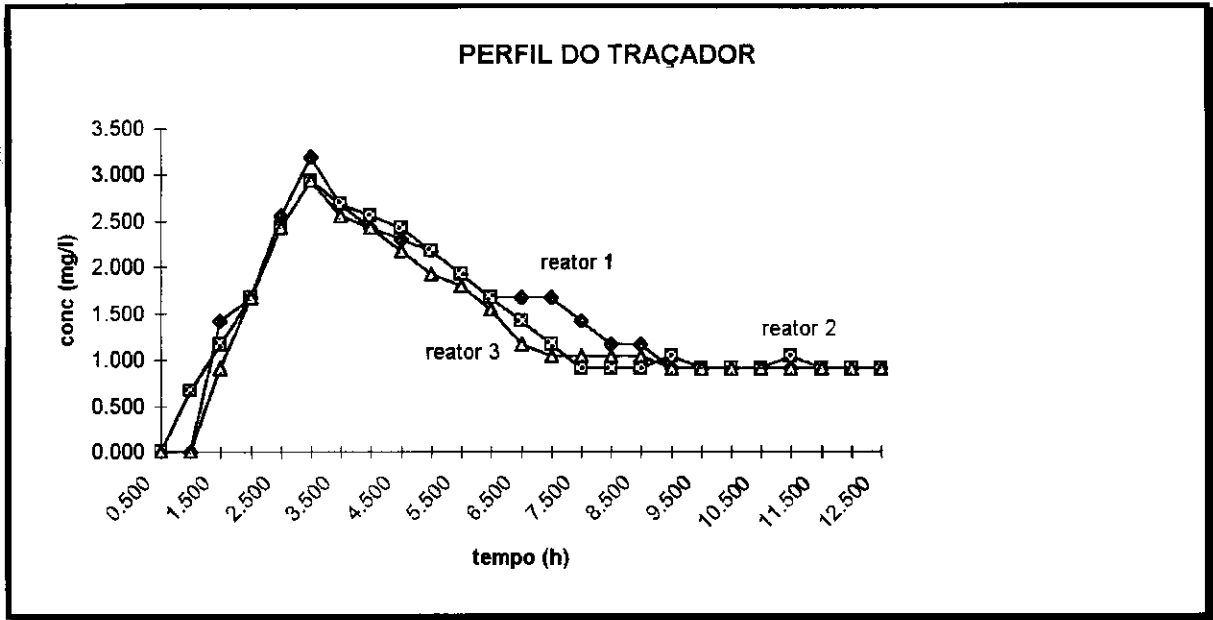
Com os dados da concentração das amostras coletadas, traçou-se as curvas de concentração versus tempo de coleta das amostras.

As curvas seguintes resumem os resultados obtidos em cada *GRUPO DE REATORES*, podendo ser observado o comportamento do cloreto de sódio e do verde de bromocresol para situações similares bem como a variação de comportamento do traçador de acordo com as características do reator.

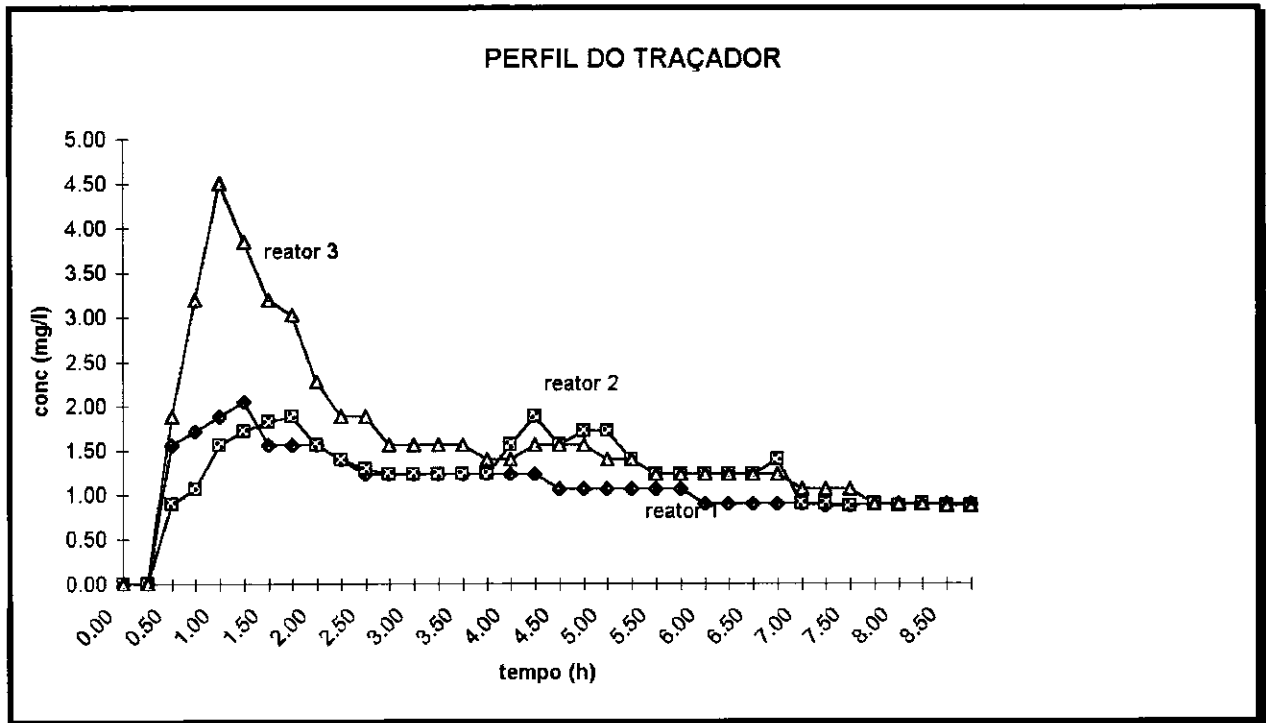
As Figuras a, b, e c abaixo, ilustram as curvas obtidas com o uso do verde de bromocresol nos reatores dos três Grupos



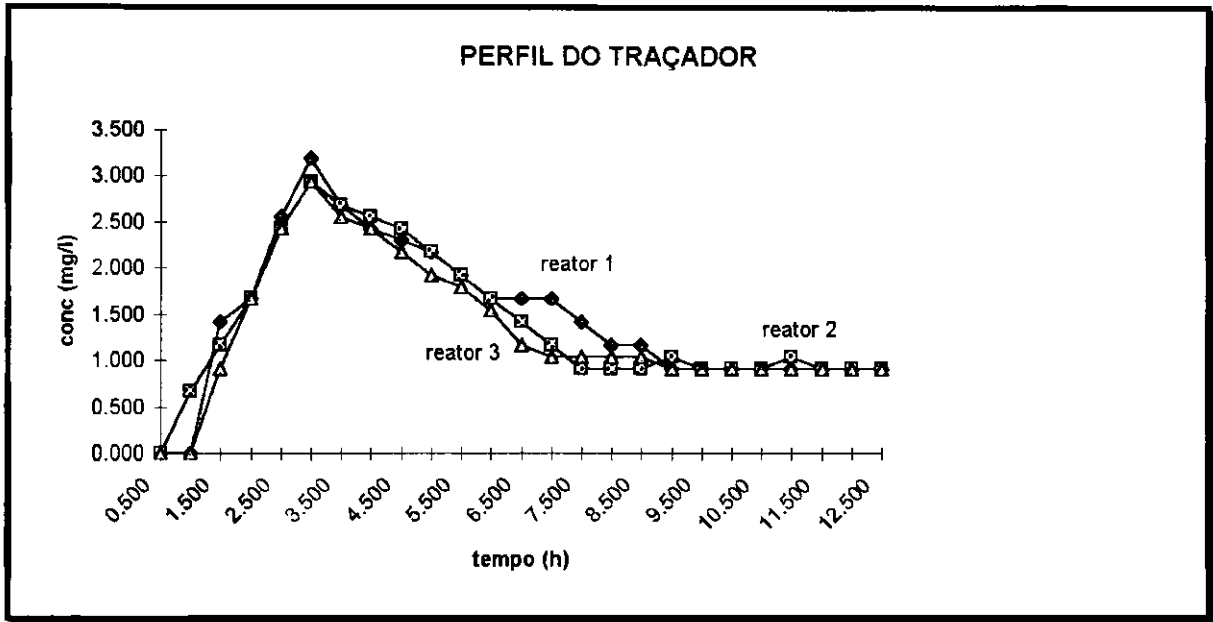
a) Reatores do Grupo I



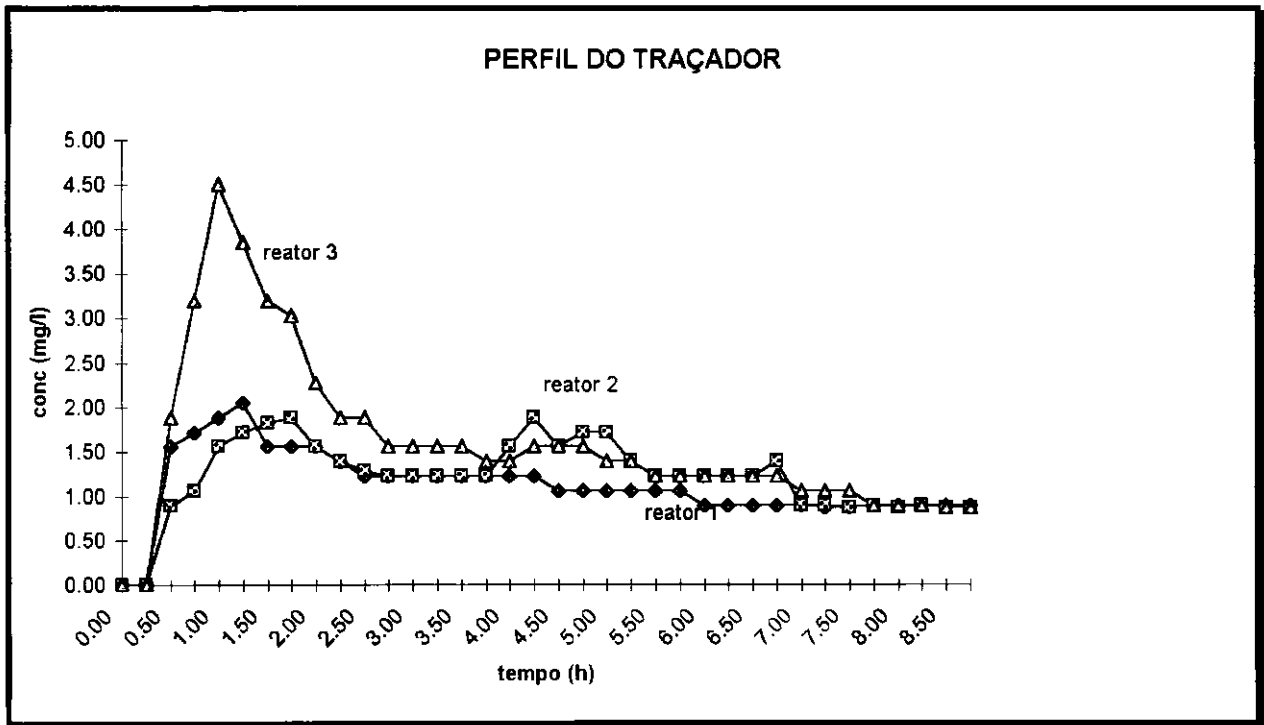
b) Reatores do Grupo II



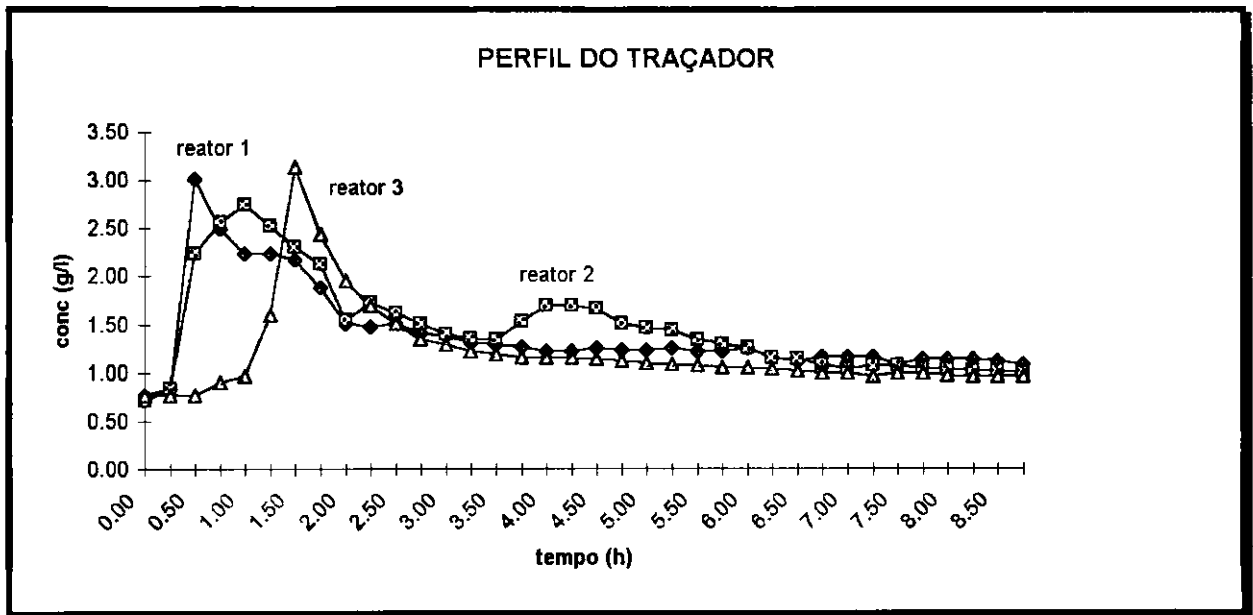
c) Reatores do Grupo III



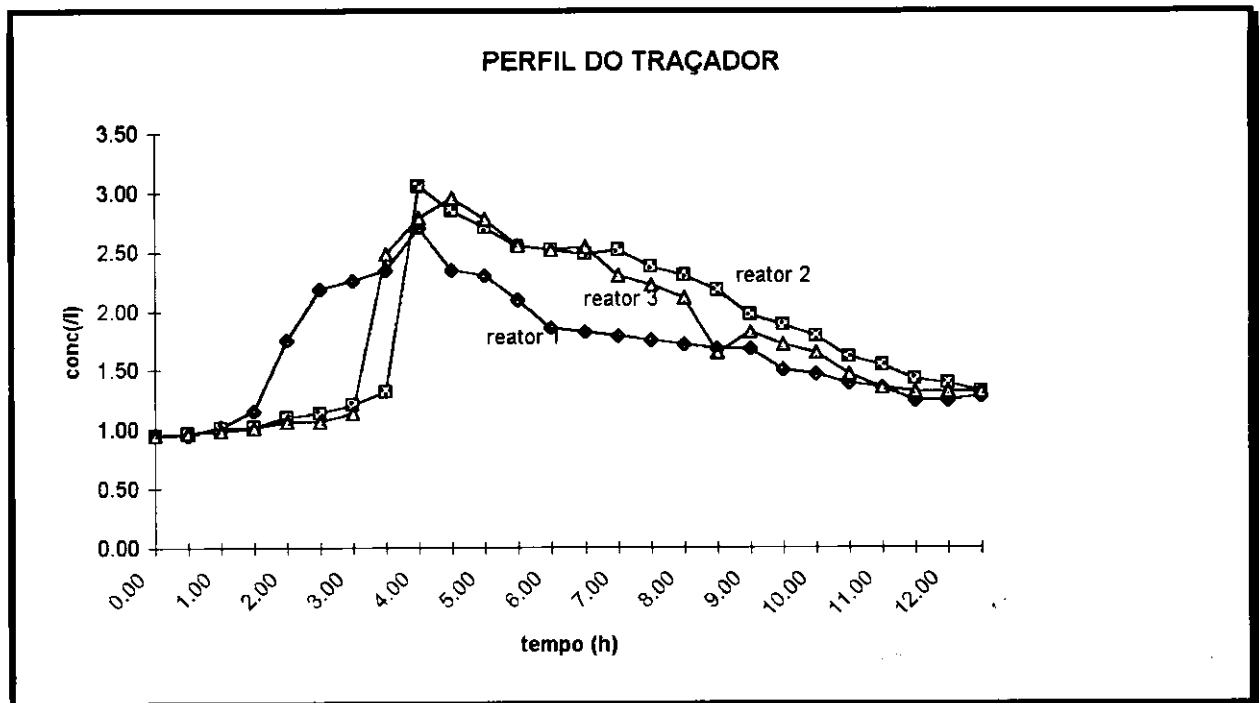
b) Reatores do Grupo II



c) Reatores do Grupo III



c) Reatores do Grupo III



d) Reatores do Grupo II

3.1.5 - ANÁLISE DE RESULTADOS

Dado que a área abaixo da curva de concentração versus tempo representa a massa do traçador, então a análise do perfil do traçador parte da determinação da referida área. Tal determinação, poderá ser feita por definição de uma função polinomial através de interpolação e a sua posterior integração ou mesmo a obtenção direta da área por métodos de integração.

Um dos métodos de integração consiste nas formas de Newton-Cottês, que substituem, a função original por um polinômio do primeiro grau ou seja, um trapézio, o que permite a obtenção da área abaixo da curva expressa matematicamente por:

$$A_t = h/2(y_0 + y_1) + h/2(y_1 + y_2) + \dots + h/2(y_{n-1} + y_n), \text{ ou}$$

$$A_t = h/2(y_0 + 2y_1 + 2y_2 + 2y_3 + y_n) \text{ com:}$$

A_t = Área aproximada

n = número de trapézios em que se divide a área abaixo da curva

y_i = comprimento das bases do trapézio

h = altura de cada trapézio = $(a - b) / n$

a e b = pontos inicial e final da curva em um dado intervalo

Visto que o produto tempo x concentração x vazão *determina a massa recuperada de um reator e/ou a área abaixo da curva de concentração versus tempo*, pode-se usar este procedimento para determinar o tempo de permanência real.

Este procedimento foi adotado em nossa pesquisa , o que permitiu-nos elaborar a Tabela 3.1.6, onde podemos observar o comportamento dos dois traçadores nos reatores dos três grupos.

O perfil de concentração do traçador em um reator de mistura completa é diferente daquele em um reator de fluxo pistão . De igual modo, o tempo de permanência em ambos reatores se difere.

No reator de fluxo pistão, o tempo de permanência, é dado pela razão entre o volume do reator e a vazão aplicada .

No reator de mistura completa, entende-se que a concentração do traçador é dada por:

$$C_t = C_o e^{-t/t_t}, \text{ onde:}$$

C_t = concentração do traçador no efluente do reator no tempo t

C_o =concentração inicial ($t=0$) do traçador

t = tempo após a adição

t_t = tempo de permanência teórico

No reator de fluxo pistão, todo o traçador deixa o reator ao mesmo tempo , sendo a sua concentração função da massa desse traçador adicionado ao reator.

Na prática, o fluxo em reatores é intermediário entre o de mistura completa e de fluxo pistão.

Além de determinar o regime de fluxo, o estudo com traçadores, permite determinar o tempo real de permanência hidráulico no reator.

O tempo de permanência teórico é dado por:

$$t_t = V_r / Q_a, \text{ onde:}$$

t_t = tempo de permanência

V_r = volume real

Q_a = vazão aplicada

Em nosso experimento podemos verificar que:

$$t_r = V_e / Q_a = (V_r - V_d) / Q_a = t_t - V_d / Q_a, \text{ onde:}$$

t_r = tempo de permanência real

V_e = volume efetivo do reator (volume total - volume)

V_d = volume morto no reator

Q_a = vazão aplicada

t_t = tempo de permanência teórico (volume do reator / vazão aplicada)

V_r = volume real

e ainda,

$frd = V_d / V_r = t_t - t_r / t_t = 1 - t_r / t_t$, onde frd é a fração do volume morto do reator.

EXEMPLO

Como exemplo do cálculo, consideramos o reator 1 do grupo I para o caso de cloreto de sódio, cujos dados estão na Tabela 3.1.6.

Neste reator qual $Q_a = 80$ l $V_r = 125$ l

a) cálculo do tempo de permanência teórico (t_t)

$$t_t = V_r / Q_a = 125 / 80 = 1,6 \text{ h}$$

b) cálculo do tempo de permanência real

$t_r \Rightarrow$ área abaixo da curva de concentração versus tempo (A):

$$A = \text{Conc} \times \text{tempo} \times Q_a$$

Conc e tempo \Rightarrow retirada da curva que expressa o perfil do traçador com o uso do verde de bromocresol (item 3.1.4, Figura a))

$Q_a \Rightarrow$ vazão de descarga aplicada no reator

$$A = \text{Conc} \times \text{tempo} \times Q_a = 1.20 \times 3.0 \times 80 = 288 \text{ mg} = 0,29\text{g}$$

O t_r corresponde ao tempo em que ocorre metade da área A

Pelo gráfico do reator em estudo podemos verificar que

$$t_r = 1,5 \text{ h}$$

c) cálculo da fração de volume morto (frd)

$$\text{frd} = 1 - t_r / t_t = 1 - 1,5 / 1,6 = 0,06$$

d) cálculo do volume morto (V_d)

$$V_d = -Q_a(t_r - t_t) = -80(1,5 - 1,6) = 8 \text{ litros}$$

e) fração recuperada de massa ($f_{\text{rec.}}$)

$$f_{\text{rec.}} = 0,29 / 0,30 \times 100 = 96,67 \%$$

f) massa recuperada (m.recup.)

$$\text{m.recup.} = \text{massa adicionada} \times \text{fração recuperada} = 0,30 \times 96,67\% = 0,29$$

3.1.6-TABELA RESUMINDO RESULTADOS DOS TRAÇADORES

GR.DO REATOR	N. DO REATOR	Vr(l)	Qa(l/h)	tt(h)	VERDE DE BROMOCRESOL					CLORETO DE SÓDIO				
					tr(h)	frd	vd(l)	m.adic(g)	m.recup(g)	tr(h)	frd	vd(l)	m.adic(g)	m.recup(g)
I	1	125	80	1.60	1.50	0.06	8.00	0.50	0.48	1.50	0.06	8.00	0.30	0.29
	2	125	20	6.25	6.00	0.04	50.00	0.50	0.49	3.63	0.42	52.40	0.30	0.29
	3	125	40	3.13	3.00	0.05	36.40	0.50	0.45	2.25	0.28	35.20	0.30	0.24
II	1	125	32	3.91	3.70	0.10	6.72	0.50	0.49	3.50	0.10	13.12	0.30	0.28
	2	125	32	3.91	3.50	0.10	13.12	0.50	0.50	3.75	0.04	5.12	0.30	0.29
	3	125	32	3.91	3.50	0.17	13.12	0.50	0.50	3.50	0.10	13.12	0.30	0.30
III	1	90	60	1.50	1.25	0.17	15.00	0.50	0.49	1.25	0.17	15.00	0.30	0.29
	2	90	60	1.50	1.25	0.17	15.00	0.50	0.45	1.00	0.33	30.00	0.30	0.26
	3	90	60	1.50	1.25	0.17	15.00	0.50	0.48	1.25	0.17	15.00	0.30	0.29

Vr = volume real

Qa = vazão aplicada

tt = tempo teórico

frd = fração de volume morto

m.adic = massa adicionada

m.recup = massa recuperada

vd = volume morto

tr = tempo de permanência real

3.1.7- ANÁLISE DA TABELA 3.1.6 E CONCLUSÕES

A Tabela 3.1.6 compara os resultados encontrados para o verde de bromocresol e o cloreto de sódio para os nove reatores. Destes dados podemos verificar que :

- 1- resultados relativamente melhores são obtidos com o uso do verde de bromocresol pois para esse traçador obtivemos massa recuperada aproximando-se mais da massa adicionada;
- 2- considerando os resultados obtidos do verde de bromocresol, as frações de volume morto encontradas são baixas, indicando que os reatores foram bem projetados e construídos;
- 3- o perfil de distribuição do tempo de detenção hidráulica mostra que os reatores operam em condições intermediárias as de fluxo pistão e de mistura completa;
- 5- o tempo de permanência real de cada reator fica mais próximo do esperado com o uso do verde de bromocresol como traçador;
- 6- com o uso de verde de bromocresol a fração recuperada é maior, comparada ao resultado obtido com o uso do cloreto de sódio.

4.0-SUGESTÕES

-Sugerimos aplicar o estudo de traçadores também para outros reatores tais como lagoas.

-Utilizar outros traçadores que apresentem melhores condições de recuperação e facilidade de determinação (por exemplo: cloreto de potássio)

5.0 - REVISÃO BIBLIOGRAFIA

1. van Haandel, A.C e Lettinga ,G (1994) - Tratamento anaeróbio de esgotos -Um manual para regiões de clima quente. pg 220 Ed. própria. Campina Grande - PB
2. Levenspiel, O.(1974). Escoamento não ideal .In: Engenharia das Reações Químicas. Ed. da Universidade de São Paulo, Brasil, vol. 2 pag 207 – 268.
3. Horan,N.J (1990). Process Fundamentals. In: biological Wastewater treatment Systems –Teory and operation, Ed. John Wily &sws Ltd. Chichester, England. pg – 73 –88.
4. Jimeney,B. Noyola, andCapdeville,B. (1988) Selected dyes for residence time distribution evaluation in bioreatores - (apostilas extraídas do livro Biotechnology Techniques vol. 2 N° 2 pg 77 - 82
5. Battalha ,B.L. e Parlatore, A.C.(1977) – Controle da Qualidade da água para Consumo Humano – bases conceituais e operacionais.
6. Organizacion Mundial de la Salud, (1977) – Serie de monografias N°63, Ginebra.
7. FSESP (1965) –Manual para Operadores de Estação de Tratamento de Água, Belo Horizonte, Brasil.
8. CETESB- Técnicas de Abastecimento e Tratamento de Água, vol. 2 – Imprensa Oficial do Estado, SA, IMESP – São Paulo, Brasil
9. Normas Brasileiras NB-592.
- 10.Portaria n.º 36/GM do Ministério da Saúde.
- 11.Normas e Padrões de Potabilidade de Água destinada ao consumo humano.
- 12.ABNT(1989) Projeto de Estações de tratamento de água para abastecimento público – NB-596, Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro – RJ.

ANEXO I

CONTROLE FÍSICO-QUÍMICO

CONTROLE FÍSICO-QUÍMICO

Neste tipo de controle, avalia-se a qualidade da água dentro das normas estabelecidas pelo Ministério da Saúde na Portaria N.º 36 de 19 de Janeiro de 1990 publicada no Diário Oficial da União de 23 de Janeiro de 1990. Os parâmetros analisados são:

1.0-alcalinidade total

Tem a sua origem vinculada aos sais alcalinos tais como: sais de magnésio e sais de cálcio. A alcalinidade mede a capacidade da água em neutralizar os ácidos. A determinação do seu teor na água, tem como objetivos:

- a) controle da água tratada que de nenhum modo pode ser cáustica ou ácida
- b) controle da água “in natura” uma vez que a alcalinidade natural participa do processo de coagulação, combinando-se com sulfato de alumínio

1.10-Procedimento para determinação – método colorimétrico para determinação da alcalinidade total

- 1- toma-se 100 ml de amostra
- 2- adicionar 6 gotas de metil-orange
- 3- titula-se com ácido sulfúrico (H_2SO_4 0,02N) até coloração alaranjada
- 4- cálculo:

Alc. total = (ml H₂SO₄ x 0,02 x 50000) / 100 = ml H₂SO₄ x 10 (em mg/l como CaCO₃).

Deve-se observar que este método não é preciso e não pode ser aplicado em águas coloridas.

1.2.0 -alcalinidade a hidróxido, carbonato e bicarbonato

1.2.1-Procedimento para determinação

- 1- tomar 100 ml de amostra
- 2- juntar 6 gotas de fenolftaleína
- 3- caso adquira coloração rósea conclui-se que pode haver alcalinidade em hidróxido e bicarbonato. Titula-se, então, com H₂SO₄ 0,02N até o desaparecimento da cor
- 4- anota-se a quantidade de H₂SO₄ 0,02N(em ml) gasta
- 5- multiplica-se a quantidade em "4-" por 10 e assim obtém-se a alcalinidade a fenolftaleína (P)
- 6- junta-se, em seguida, 4 gotas de metil-orange
- 7- obtendo-se coloração amarelada titula-se com H₂SO₄ N/50 até leve coloração alaranjada
- 8- anota-se o volume do ácido gasto em "7-". A multiplicação por 10 deste valor nos dará a alcalinidade a metil-orange (M)
- 9- a alcalinidade total poderá ser obtida pela soma:
$$T = P + M$$
- 10 - disto podemos obter a tabela abaixo

Alcalinidade em mg/l de CaCO ₃			
	hidróxido	carbonato	bicarbonato
P = 0	0	0	T
P < 1/2T	0	2P	T - 2P
P = 1/2T	0	2P	0
P > 1/2T	2P - T	2T - 2P	
P = T	T	0	0

ILUSTRAÇÃO

Na determinação da alcalinidade de uma amostra de 50 ml foram gastos 5,4 ml de H₂SO₄ 0,02N à fenolftaleina e 8,7 ml de H₂SO₄ 0,02N à metil-orange. Determinar a alcalinidade :

- a) total
- b) a hidróxido
- c) a carbonato
- d) a bicarbonato

solução:

$$\text{Alc. total} = (\text{ml H}_2\text{SO}_4 \times 0,02 \times 50000) / 50 = \text{ml H}_2\text{SO}_4 \times 20$$

1. *alcalinidade a fenolftaleina (P)*

$$P = 5,4 \times 20 = 108 \text{ mg/l como CaCO}_3$$

2. alcalinidade a metil-orange (M)

$$M = (8,7-0,2) \times 20 = 170 \text{ mg/l como } \text{CaCO}_3$$

a) alcalinidade total (T)

$$T = M + P = 108 + 170 = 278 \text{ mg/l como } \text{CaCO}_3$$

b) alcalinidade a hidróxido

$$P = 108 \text{ e } T = 278 \Rightarrow P < \frac{1}{2} T$$

logo a alcalinidade a hidróxido é nula

c) alcalinidade a carbonato

$$2P = 2 \times 108 = 216 \text{ mg/l}$$

d) alcalinidade a bicarbonato

$$T - 2P = 278 - 216 = 62 \text{ mg/l}$$

A tabela abaixo, fornece o fator de multiplicação que é uma função do volume da amostra.

volume da amostra (ml)	fator
100	10
50	20
25	40

2.0 -gás carbônico livre (CO₂)

No sistema de abastecimento a concentração de CO₂ pode indicar:

- a) respiração de microrganismos
- b) decomposição de matéria orgânica morta
- c) dissolução de gás carbônico atmosférico pela chuva
- d) potencial de corrosão da rede distribuidor

2.1- Procedimento para determinação

1- toma-se 100 ml de amostra

2- juntar 10 gotas de fenolftaleina e agita-se

a) se colorir, então, CO₂ = 0

b) caso contrário, segue

3- adicionar soda cáustica (NaOH 0,02N) até atingir coloração

róseo

4- resultado

$$\text{CO}_2 = (\text{ml NaOH } 0,02\text{N}) \times 8,8$$

3.0- cor

A cor na água pode ser de origem mineral ou vegetal, podendo ser causada por substâncias metálicas como ferro, manganês, materiais húmicos e tanicos, algas, plantas aquáticas e protozoários e ainda resíduos orgânicos ou inorgânicos de indústrias.

A Organização Mundial de Saúde (OMS) recomenda como teor máximo desejável 5 unidades de cor e um teor máximo permissível de 50 unidades.

Em períodos pouco chuvosos (verão) têm sido observados do manancial Epitácio Pessoa, fonte de água que abastece a cidade de Campina Grande e arredores, valores de até 20 unidades de cor através de amostras coletadas no ponto de chegada da ETA, sendo remetido ao consumidor água com até 5 unidades de cor obtida da análise da água clorada.

3.1- Procedimento para determinação

A cor da água é determinada diretamente através do aparelho “áqua tester” no qual os padrões de cor são substituídos por um disco colorimétrico.

1- toma-se a amostra enchendo a cuba padronizada e acoplada ao aparelho

2- recoloca-se a cuba com a amostra no aqua tester

3- em outra cuba coloca-se a prova em branco (usualmente uma amostra de água destilada)

4- faz-se em seguida a comparação girando o disco colorimétrico até encontrar cores aproximadamente iguais e lê-se o número no disco, valor este que indicará a cor da água.

5- Quando a cor tem um valor maior do que o máximo valor gravado no disco colorimétrico, procede-se a diluição da amostra em água destilada sendo o resultado da cor real da água obtido em conformidade com tabela abaixo.

volume da amostra (ml)	fator
10	4
5	8
1	40
0,1	500

Deste modo, tomando-se, por exemplo, 10 ml de amostra, completa-se o volume restante da cuba com água destilada sendo a cor da água obtida pela multiplicação do valor lido no disco colorimétrico pelo fator 4.

4.0- Turbidez

A turbidez é causada por matéria, geralmente mineral, em suspensão coloidal que turva a água impedindo a passagem da luz. Por outro lado, algas, plancton, detritos orgânicos e outras substâncias como zinco, ferro, compostos de manganês e areia também turvam a água.

Em água tratada, a turbidez deverá ter um valor máximo de 1 uT. Entretanto, em mananciais que recebem contribuições de esgotos sanitários domésticos, com presença de organismos patogênicos, a turbidez deixa de ser um elemento de ordem estética e passa a ser um requisito sanitário, razão pela qual, em água tratada, nesse caso, sua unidade máxima deverá ser de 0,1 uT.

Em amostras de pontos representativos do sistema de distribuição é recomendada um máximo de 1 uT . Contudo, poderão ser recomendados mais de 5 uT na água tratada quando não interferirem :

- a) no processo de desinfecção
- b) nas análises bacteriológicas
- c) na manutenção dos residuais de desinfetantes através do sistema distribuidor .

4.1- Procedimento para determinação

1- agitar a amostra tomando 50 ml, suficiente para encher a cuba, colocando-a no turbidímetro e tampar

2- ler o valor na escala de trabalho

5.0- pH

A determinação do pH é de particular importância no tratamento da água na medida em que é um parâmetro que influencia todo o processo desde a floculação, passando pela decantação e até a cloração. Sua determinação em níveis ótimos para as diferentes fases do processo de tratamento é um componente econômico e técnico considerável.

5.1- Procedimento para determinação

- 1- calibra-se o pH-metro com soluções de pH 7 e depois pH 4
- 2- tomar uma amostra de aproximadamente 45 ml
- 3- coloca-se no pH-metro e depois de estabilizado faz-se a leitura indicada no pH-metro

6.0- Cloro residual

O cloro residual representa a quantidade de cloro em excesso na água. Sua determinação é de fundamental importância pois é o recurso imediato para garantir, em parte, as condições de inocuidade bacteriológicas da água.

Uma operação de tratamento muito bem conduzida e com uma cloração eficiente e bem controlada garantem uma análise bacteriológica negativa

6.1- Procedimento para determinação – método colorimétrico

- 1- verificar se o disco correto está no aparelho
- 2- lavar as cubas com água destilada
- 3- colocar duas gotas de ortotodilina em uma das cubas referidas anteriormente e em seguida, enchê-la de água a examinar
- 4- enche-se a outra cuba, também, com água a examinar
- 5- coloca-se as duas cubas no comparador colorimétrico e comparar as cores através de ajustes no disco do aparelho
- 6- o resultado corresponde ao valor indicado na escala do disco
- 7- sendo encontrada uma cor maior do que a indicada na escala do disco (3ppm), então, em vez da diluição, indica-se apenas, o valor do cloro residual como sendo maior que 3 ppm

7.0-Sulfatos

Os sulfatos existentes em uma água, podem ser resultado da lixiviação do gesso como também resultado final da oxidação de sulfetos, sulfitos, tiosulfatos e da matéria orgânica no ciclo do enxofre que por sua vez, são fontes de energia para sulfobactérias que transformam os sulfitos em sulfatos, e ainda, os sulfatos podem originar-se de descargas industriais.

Os sulfatos, principalmente, os de sódio e de magnésio, têm efeitos laxativos. A determinação das doses laxativas pode ser feita relacionando a ingestão de 2 litros de água por dia com uma concentração de 300 mg/l de sulfato e quando as concentrações são menores que 600 mg/l a água não possui tais efeitos.

O anion (SO_4^-) raramente é encontrado em estado livre mas sim combinado, formando sais de Cálcio, Magnésio e Sódio.

7.1-Procedimento para determinação

(método não quantitativo)

- 1- toma-se 10 ml de amostra
- 2- juntar 2 ml de ácido clorídrico 1:3
- 3- adicionar 2 ml de cloreto de Bário a 10%
- 4- resultado: caso apreça um precipitado branco, então, contém sulfato.

7.2-nota

Tal como os resultados da determinação de nitritos e nitratos, o resultado do sulfato é dado de acordo com a coloração do anel que se forma no tubo de ensaio, expressando-se os resultados na forma de:

- a) presente
- b) presente fraco
- c) ausente

8.0-Cloretos

A procura de outras fontes, muitas vezes de qualidade sanitária pouco desejável pode ser provocada pelas altas concentrações do íon cloreto na água que pode trazer restrições ao seu sabor.

A tolerância em seres humanos, de cloretos, varia com o clima e com os hábitos alimentares. Em zonas áridas e quentes, concentrações de até 900 mg/l podem ocorrer sem nenhum efeito fisiológico adverso. Entretanto, efeitos laxativos podem aparecer em indivíduos que estavam acostumados à baixas concentrações, porém, o processo adaptativo é rápido.

Geralmente, o efeito nocivo, é produzido pela associação de cálcio, magnésio, sódio e potássio com o cloreto.

A água que contém menos de 150 ppm de cloretos é satisfatória para muitos fins. Um teor superior de 250 ppm torna-se objetável para os serviços de abastecimento público. Quando contém 350 ppm é contra indicada para usos industriais e irrigação.

8.1-*Procedimento para determinação*

- 1- tomar 50 ml de amostra
- 2- adicionar 5 ml de água destilada
- 3- junta-se 1 ml do indicador cromato de potássio (K_2CrO_4)
- 4- titula-se com nitrato de prata ($AgNO_3$) à 0,0141N até obter-se coloração “de telha”
- 5- resultado:

$$\text{cloretos} = [(ml\ AgNO_3 - 0,5) \times 0,0141 \times 1000 \times 35,45] / 50$$

ou ainda

$$\text{cloretos} = [(A - B) \times N \times 1000 \times PM] / V$$

onde

A = ml da titulação

B = 0,5 (prova em branco)

N = normalidade da solução

PM = peso molecular do cloro

V = volume da amostra

8.2-*nota*

De acordo com a quantidade de cloretos a água pode se classificada em:

cloreto < 500 => sabor: agradável

cloreto > 1000 => sabor: salgado

500 < cloreto < 1000 => sabor: salobra

Em casos de diluição de amostras, é usada a seguinte tabela:

amostra a diluir (ml)	fator
50	10
10	50
1	500
0,1	5000

9.0-.Nitritos (NO_2)

A presença de Nitrogênio na forma de nitritos pressupõe decomposição da matéria orgânica existente na água o que indicará provável proliferação de bactérias que transformam a amônia livre, liberada da decomposição de nitritos.

Os nitritos também, podem ser formados pela redução de nitratos.

9.1- Procedimento para determinação

(método não quantitativo)

- 1- toma-se 2 ml de amostra
- 2- adiciona-se 1 ml do reativo de hambelli
- 3- juntar 2ml de amoníaco (NH_4OH) concentrado
- 4- resultado: o surgimento de uma coloração amarela, indica a presença de nitritos

10.0-Nitratos (NO_3^-)

As concentrações de nitrato são influenciadas pelas atividades das plantas e dos animais. Concentrações elevadas podem ser fatais à vida quando da ingestão da água. Por esta e outras razões, é necessário proteger os mananciais das fontes de nitratos.

Os fatores que contribuem para o aumento de nitrato nas águas são:

- a) baixa profundidade, em se tratando de água de poços
- b) proximidade em fossas sépticas
- c) despejos industriais de fertilizantes
- d) drenagem do produto de fertilização do solo

Uma das principais conseqüências nas crianças da ingestão de águas de elevada concentração de nitrato é a alteração sangüínea (ingestão de águas de concentração superior a 140 mg/l de nitrogênio nitrato e 0,4 mg/l de íon nitrito, num caso, e de 90mg/l de nitrogênio nitrato e 1,3 mg/l de íon nitrito, em outro caso). Tais conseqüências, recaem basicamente sobre crianças, devido ao pH estomacal desta fase de vida, que é maior ou igual a 4 o que permite que as bactérias redutoras de nitrato se desenvolvem no intestino delgado, reduzindo o nitrato para nitrito, o qual é absorvido pelo sangue, convertendo-se a hemoglobina em metemoglobina. Desta forma, o pigmento alterado não transportará eficazmente o oxigênio, provocando asfixia.

Concentrações superiores a 45 ppm na água de uso doméstico são indesejáveis.

10.1 Procedimento para determinação

- 1-toma-se 5 ml de amostra
- 2- adiciona-se uma pitada de brucin
- 3-juntas-se 1 ml de ácido sulfúrico (H_2SO_4) concentrado
- 4-resultado: o aparecimento de um anel róseo ou vermelho na zona de separação dos dois líquidos indicará a presença de nitratos.

11.0 Amônia

Sua presença em águas de superfície, é de grande importância uma vez que o aumento da sua percentagem na água pode significar a ocorrência de esgoto ou poluição industrial.

Pequenas quantidades de amônia aparecem naturalmente em muitas águas de abastecimento ou são aplicadas artificialmente com cloro, para formar residual combinado de cloro.

11.1 Procedimento para determinação

- 1- toma-se 2 ml de amostra
- 2- adiciona-se 2 a 3 gotas de reativo de Nesseer
- 3 -resultado: o aparecimento de uma coloração amarela ou amarelo pardo, indicará a presença de amônia

12.0 – Temperatura

A temperatura é um dos fatores mais importantes na análise e tratamento da água, na medida em que, sua alteração pode produzir conseqüentemente modificação nos resultados.

A temperatura está relacionada com o grau de ionização dos compostos químicos e, naturalmente, com o pH bem como com a solubilidade dos gases e com o cloro residual.

A medida da temperatura é uma informação segura sobre o tratamento e cloração bem como a interrelação entre o tratamento da água e temperatura.

Sua determinação é feita com o uso de termômetros.

13.0-Sabor e Odor

Os meios primários através dos quais se determina o uso e a aceitabilidade da água são o sabor e o odor. Sua presença em águas, pode levar o consumidor a rejeitá-las e procurar outras fontes de abastecimento, muitas vezes menos seguras.

De acordo com sua origem, as fontes de sabor classificam-se em:

a) fontes naturais: são todas as substâncias produtoras de odor sabor que chegam à água por causas naturais tais como: algas, vegetação em decomposição, bactérias, fungos, compostos inorgânicos(gás sulfídrico, sulfatos e cloretos), etc.

b) fontes artificiais: são provenientes de águas residuárias domésticas ou industriais, produtos da atividade humana, tais como fenois, cresóis, mercaptans e certas aminas).

Outras fontes de odor e sabor podem ser, por exemplo, na estação de tratamento durante a cloração pode ocorrer a formação de tricloreto de nitrogênio que produz sabor e odor em concentrações superiores a 0,8 mg/l.

Para eliminação do odor e sabor não existe tratamento que corrija todos os problemas possíveis e por isso, deve-se procurar soluções aplicáveis e então adotá-las. Por exemplo, o cloro elimina odor e sabor, pois restringe a proliferação de algas e coagula a matéria orgânica.

13.1- Procedimento para determinação

A determinação do odor é feita à frio e à quente.

odor a frio

- 1- toma-se a amostra
- 2- enche-se o frasco de erlenmeyer até a metade
- 3- cobre-se o frasco com o vidro de relógio e agita-se
- 4-retira-se a tampa e cheira-se

odor a quente

- 1- toma-se 200 ml de amostra
- 2- coloca-se este volume de amostra em um frasco de 500 ml de rolha esmerilhada, mantida a 40°C
- 3- sacudir o frasco
- 4- abrir a rolha e cheirar levemente o odor e anotar o que foi percebido
- 5- resultado:
 - sabor poderá ser: agradável ou desagradável
 - o odor poderá ser: de raiz ou de vinho

ANEXO II

CONTROLE BACTERIOLÓGICO

CONTROLE BACTERIOLÓGICO

Com este exame objetiva-se verificar a potabilidade da água sob o ponto de vista bacteriológico, uma vez que a presença na água destinado ao consumo humano de um número significativo de alguns dos membros do grupo coliforme é indicativo de um tratamento inadequado ou entrada de material indesejável no sistema de distribuição.

O grupo coliforme é um conjunto de bactérias aeróbias ou anaeróbias facultativas, gram negativas, não esporuladas e na forma de bastonete, as quais fermentam a lactose, com formação de gás dentro de 48 horas à 35° . Este grupo inclui organismos que diferem nas características bioquímicas ou sorológicas e no seu habitat.

Deste modo, a determinação da concentração dos coliformes assume particular importância como parâmetro indicador da possibilidade da existência de microrganismos patogênicos que transmitem doenças como febre tifóide e paratifoide, disenteria bacilar e cólera.

Dois, são basicamente, os métodos utilizados para a determinação de coliformes. Porém, a *Cagepa*, apenas se utiliza de um, designadamente, o de tubos múltiplos. Todavia, o método da membrana filtrante, relativamente ao de tubos múltiplos, tem a vantagem de assegurar os resultados em menor espaço de tempo, dentro de um período de incubação de 18 horas. Entretanto, este método, não pode ser usado em águas de muita turbidez e de elevada densidade de microrganismos não coliformes.

A interpretação da qualidade de uma água, contudo, não deve ser baseada meramente nos dados dos exames bacteriológicos mas sim, na combinação de dados de exames bacteriológicos, físico-químicos e até no levantamento sanitário da área em estudo.

Em sistemas de distribuição, é ideal que todas as amostras colhidas fossem isentas de organismos coliformes. Contudo, na prática, este padrão não é sempre alcançável, recomendando-se para tal o seguinte padrão para a água colhida do sistema de distribuidor, de acordo com a Organização Mundial de Saúde (OMS):

1- durante o ano, 95% das amostras não devem conter quaisquer organismos coliformes em 100 ml de amostras.

2- nenhuma amostra deve conter mais de 10 organismos coliformes por 100 ml

3- organismos coliformes não devem ser coletados em 100 ml de duas amostras consecutivas.

3- nenhuma amostra deve conter E.Coli (um gênero do grupo coliforme) em 100 ml.

PROCEDIMENTO PARA DETERMINAÇÃO (método de tubos múltiplos)

1. Colheita da amostra para semeadura

Um cuidado particular que deve-se tomar, é evitar a contaminação da amostra bem como dos objetos e do próprio meio pelo coletor. Assim sendo, a colheita é feita da seguinte forma:

a) esterilizar o vidro de análise com tiosulfato de sódio para eliminação do cloro residual.

b) abrir a torneira deixando escoar a água do sub-ramal

c) fazer a determinação do cloro residual

d) flambar a torneira com chama de álcool, objetivando eliminar os germes.

e) deixar a torneira esfriar por alguns minutos

f) tomar a amostra (2/3 do vidro de coleta)

g) conservar a amostra em gelo até a realização das análises sendo o tempo máximo de 6 horas.

2. Semeadura

A semeadura da amostra é feita a uma temperatura de 37°. 24 horas após, faz-se uma leitura e 48 horas a outra, terminando-se assim o teste presuntivo. Os tubos em que o teste referido for positivo, toma-se esta amostra inoculando-o em outro meio de cultura (verde brilhante) levando-se em seguida à estufa numa temperatura de 37° procedendo-se as leituras 24 e 48 horas depois. Caso se tenha resultado positivo, então confirma-se a existência de bactérias do grupo coliforme.

Observe-se que, durante o processo de semeadura, deve-se evitar conversar e aproximação excessiva de pessoas estranhas ao trabalho. A semeadura é feita sob uma chama de lamparina com o objetivo de evitar contaminação.

ANEXO III

CROQUI DA ETA DE GRAVATÁ

