

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

ÁREA DE SANEAMENTO

“ESTUDO DA TAXA DE FOTOSSÍNTESE EM LAGOAS DE POLIMENTO E DOS
FATORES QUE A INFLUENCIAM”

ALANA QUEIROZ RODRIGUES

ESTÁGIO SUPERFISIONADO

Orientador: Prof. Adrianus Van Haandel – M. Sc. Ph.D.

CAMPINA GRANDE – PARAÍBA

Outubro – 2002



Biblioteca Setorial do CDSA. Maio de 2021.

Sumé - PB

INDICE

1 INTRODUÇÃO E OBJETIVOS	1
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1 Lagoa de polimento	3
2.1.1 Processos de tratamento.....	3
2.2 Reator USAB + Lagoa de polimento.....	5
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	8
3.1 Sistema experimental.....	8
3.2 Experimento	8
3.2.1 Experimento: lagoas de polimento em bateladas.....	8
3.2.1.1 Experimento 1.....	9
3.2.1.2 Experimento 2	9
3.3 Análises instrumentais.....	10
4 APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS	11
4.1 Lagoas de polimento em regime de batelada.....	11
4.1.1 Experimento 1	11
4.1.2 Experimento 2	11
5 DISCURSSÃO	20
6 CONCLUSÕES	23
7 RECONMENDAÇÕES.....	23
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	24

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 Características físicas da lagoa de polimento.....	8
Tabela 4.1 Valores das concentrações de OD, nas lagoas em bateladas com profundidades de 0,25, 0,40, 0,60 e 0,80m do experimento 1 de 19 de julho a 02 de agosto de 2002.....	13
Tabela 4.2 Valores das concentrações de OD, nas lagoas em bateladas com profundidades de 0,25, 0,40, 0,60 e 0,80m, do experimento 2 de 13 a 23 de agosto de 2002.....	14
Tabela 4.3 Valores de clorofila "a", nas lagoas em bateladas (LB1) com profundidades de 0,25, 0,40, 0,60 e 0,80, do experimento 2 de 13 a 23 de agosto de 2002.....	15
Tabela 4.4 Valores de clorofila "a", nas lagoas em bateladas (LB2) com profundidades de 0,25, 0,40, 0,60 e 0,80, do experimento 2 de 13 a 23 de agosto de 2002.....	16

LISTA DE FIGURAS

Figura 4.1 Concentração de OD acumulado no período de 19 de julho a 02 de agosto de 2002.....	17
Figura 4.2 Concentração de OD acumulado no período de 13 a 23 de agosto de 2002.....	17
Figura 4.3 Testes de clorofila "a", para as lagoas em bateladas (LB1), monitoradas com o acréscimo de sulfíto de sódio, no período de 13 a 23 de agosto de 2002.....	18
Figura 4.4 Testes de clorofila "a", para as lagoas em bateladas (LB2), monitoradas com o acréscimo de sulfíto de sódio, no período de 13 a 23 de agosto de 2002.....	18
Figura 4.5 Variação do pH, para as lagoas em bateladas (LB1), monitoradas com o acréscimo de sulfíto de sódio, no período de 13 a 22 de agosto de.....	19

1 INTRODUÇÃO

As lagoas de estabilização são amplamente usadas no tratamento de esgoto em todo Brasil e particularmente no Nordeste onde sua aplicação é favorecida pelo clima dessa região. Embora as lagoas tradicionais sejam eficientes na remoção de material orgânico e de patógenos, também têm algumas desvantagens como a grande área que é necessária (3 m² por habitante), os maus odores que as vezes são gerados e a necessidade de se remover periodicamente os sólidos acumulados. Com o desenvolvimento de sistemas de tratamento anaeróbio eficientes abre-se a possibilidade de se aplicar as lagoas como unidades de pós tratamento do efluente digerido nesses sistemas. Nestas lagoas, que passaremos a chamar lagoas de polimento, as desvantagens de lagoas de estabilização convencionais seriam menores ou mesmo inexistentes.

Nas lagoas de polimento o processo mais importante é a fotossíntese.. Neste processo as algas que se desenvolvem nas lagoas de polimento consomem dióxido de carbono e geram oxigênio. O oxigênio por sua vez é necessário para a oxidação do material orgânico residual presente no efluente anaeróbio a ser tratado. Para a lagoa de polimento funcionar adequadamente é necessário que a taxa de produção de oxigênio pela atividade fotossintética seja maior ou igual a taxa de consumo de oxigênio para oxidação de material orgânico. Se a taxa de produção for maior, a tendência será de haver uma acumulação de oxigênio dissolvido e eventualmente um desprendimento deste gás quando a concentração passa além do valor de saturação. Por outro lado, o consumo de dióxido de carbono leva a uma elevação do pH que pode ter conseqüências para a concentração de nutrientes: em ambiente alcalino o nitrogênio pode-se desprender como gás amônia e o fósforo pode se precipitar como fosfato.

No presente trabalho pretende se desenvolver uma investigação experimental para determinar a taxa de produção de oxigênio fotossintético e a influência de alguns fatores que a influenciam, como a profundidade das lagoas e o pH. A profundidade é importante porque as algas só podem realizar a fotossíntese quando há disponibilidade da luz solar. Naturalmente quanto maior a profundidade na lagoa, menor será a intensidade da luz solar que penetra. Desta maneira espera-se que a taxa da fotossíntese será mais alta em lagoas rasas do que em lagoas profundas.

Outro aspecto da investigação experimental é a inter-relação entre a taxa de fotossíntese e o aumento do pH. Quanto maior a taxa de fotossíntese, maior será a taxa de consumo de dióxido de carbono que é necessário para este processo e o consumo de dióxido de carbono resulta numa diminuição da acidez da água e portanto numa elevação do pH.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Lagoas de polimento

As lagoas de polimento se destinam ao pós-tratamento de esgoto previamente tratado de outras lagoas ou de outros sistemas de tratamento como, por exemplo, de reatores UASB, sistema de lodos ativados ou de filtros biológicos.

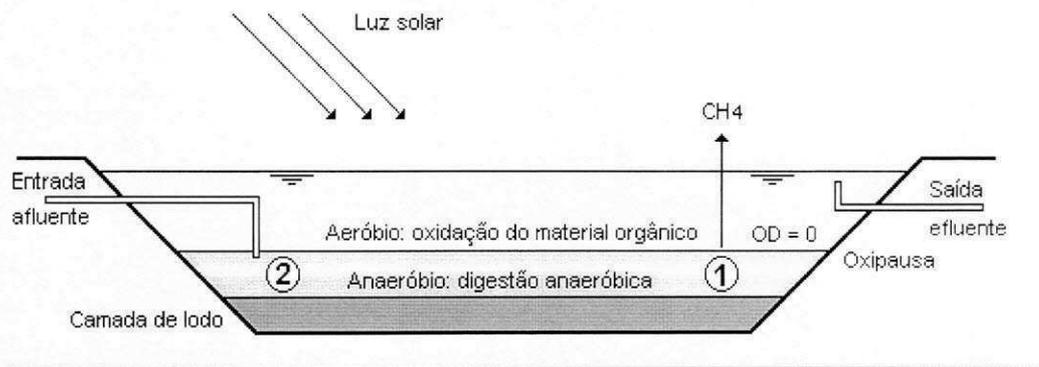
O pós-tratamento de esgoto digerido em lagoas de polimento tem como objetivo adequar a qualidade do efluente anaeróbio à qualidade exigida pelas normas vigentes, para lançamento em águas de superfície ou uso em culturas irrigadas, sem que haja um impacto adverso no meio ambiente ou possibilidade de problemas de saúde pública.

2.1.1 Processos de tratamento

Numa lagoa de polimento, a concentração de vários constituintes do esgoto digerido muda com o tempo, por causa de processos biológicos, químicos e físicos que se desenvolvem. Os processos biológicos mais importantes são:

- Fotossíntese;
- Oxidação do material orgânico (MO) por bactérias que usam oxigênio;
- Fermentação do MO durante a digestão anaeróbia.

Esses três processos biológicos afetam a remoção do material orgânico. A figura 1 apresenta um esquema do funcionamento de uma lagoa e a interação entre os diferentes processos biológicos. Para o nosso estudo não interessa a digestão anaeróbia, uma vez que estamos utilizando esgoto digerido.



Remoção de material orgânico se realiza por dois mecanismos:

- 1 - Digestão anaeróbia e
- 2- Sedimentação e acumulação no fundo da lagoa

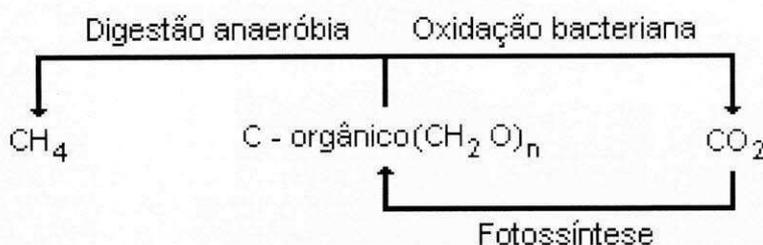


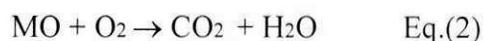
Figura 1- Representação esquemática de uma lagoa para o tratamento de águas residuárias e os processos biológicos que nela se desenvolvem.

Na fotossíntese as algas usam energia da luz solar para transformar o carbono inorgânico de dióxido de carbono em material orgânico celular, liberando-se oxigênio neste processo. Podemos simplificar este processo, e representa-lo através da equação 1.



Deve-se notar que a geração de material orgânico acompanha a geração de oxigênio, ou seja, a massa de oxigênio gerada pela fotossíntese é exatamente suficiente para oxidar o material orgânico, que também é gerado neste processo. Porém, este oxigênio, em geral não é utilizado para oxidação de material celular das algas, mas pelas bactérias para oxidar o material orgânico de natureza fecal, presente no esgoto.

Já a oxidação aeróbia bacteriana pode ser representada pela seguinte equação(2):



Analisando a figura 1 e as equações (1) e (2), observa-se que os processos de fotossíntese e oxidação bacteriana são complementares, uma vez que os produtos de um processo são os reagentes do outro. Logo não pode haver remoção líquida do material orgânico através da oxidação, se não houver uma fonte de oxigênio além da fotossíntese como, por exemplo absorção de oxigênio atmosférico. A ação combinada de fotossíntese e oxidação resulta em transformação de material orgânico fecal em massa de algas.

Algas

A produção de oxigênio pelas algas é máxima quando as condições de nutrição são favoráveis, especialmente no que se refere ao fornecimento de carbono, nas lagoas de polimento. No esgoto o carbono está presente na forma de carbonato, bicarbonato e dióxido de carbono, sendo que somente a última forma é adequada para as algas. Faltando carbono elas ficam menos ricas em clorofila, passando a acumular reservas sob a forma de hidratos de carbono e gorduras, apresentando-se "envelhecimento", amareladas e volumosas, além de apresentarem uma produção de oxigênio menor que a sua própria demanda respiratória.

2.2 Reator USAB + Lagoa de polimento

O reator UASB foi desenvolvido na década de 70 do século passado e é hoje o reator de tratamento anaeróbio mais aplicado no mundo. O nome vem do inglês: Upflow

Anaerobic Sludge Blanket reactor, ou seja, reator Anaeróbico de Fluxo Ascendente Manta de Lodo. Sob condições climáticas favoráveis (temperatura do esgoto acima de 18 °C) há remoção eficiente de material orgânico neste reator, mesmo quando o tempo de permanência é curto: Na prática obtém-se 65 a 80 % de remoção para tempos de permanência na faixa de 4 a 8 h.. Como a demanda de oxigênio para a oxidação do material orgânico residual no efluente do reator UASB é muito menor que aquela de esgoto bruto, o tratamento deste efluente em uma lagoa de polimento é muito mais fácil que o tratamento de esgoto bruto em um sistema convencional de lagoas de estabilização.

O uso combinado do reator USAB seguido de lagoa de polimento tem como vantagem a redução da área necessária, em comparação com os sistemas de lagoas de estabilização. As lagoas convencionais de estabilização necessitam de áreas muito grandes, cerca de 3 m²/hab. Outra vantagem importante é que a demanda reduzida de oxigênio em lagoas tratando efluente do reator UASB evita o surgimento de um ambiente anaeróbio na lagoa. Em ambiente anaeróbia há uma tendência de geração de sulfeto que tem um odor forte e desagradável. Desta maneira é possível operar sistemas UASB+lagoa em regiões urbanas sem problemas, o que não é o caso com lagoas convencionais. Outro aspecto importante é o efluente do reator UASB tem pouca turbidez de modo que a luz pode penetrar mais profundamente na lagoa acelerando a fotossíntese. Assim tem-se uma diminuição da taxa de produção de dióxido de carbono (menos oxidação) e um aumento da taxa de consumo (mais fotossíntese) de maneira que haverá uma tendência de consumo líquido de CO₂ e portanto um aumento do pH (CHERNICHARO,2001).

Uma particularidade de fundamental importância da lagoa de polimento, relacionada indiretamente ao tratamento anaeróbio antes do lançamento do esgoto na lagoa, é a possibilidade de se manipular o pH. Contrário, à estabilização do material orgânico pelas bactérias, a fotossíntese consome CO₂ e dessa forma, leva a um aumento de pH. Devido ao pré-tratamento no reator USAB, ter-se-á, no afluente da lagoa de polimento, uma concentração baixa de material orgânico e, portanto, a geração de CO₂ na lagoa de polimento será reduzida. Somando a isto, nas lagoas de polimento haverá uma maior atividade fotossintetizante e, conseqüentemente, um maior consumo de CO₂, uma vez que o afluente, pré-tratado num reator USAB, geralmente apresenta baixa turbidez, facilitando a penetração da luz solar na coluna líquida. Assim sendo, pode haver uma redução

importante da concentração de CO_2 , resultando num aumento substancial do pH (CHERNICHARO,2001).

Assim, quando o pH sobe, o íon amônio (NH_4) tende a se transformar em amônia molecular livre (NH_3), que se desprenderá na forma de gás da fase líquida, pela dessorção de amônia. Do mesmo modo também a um pH elevado ocorrerá uma mudança do equilíbrio das espécies de fosfatos levando a uma maior concentração do íon PO_4^{3-} o que, por sua vez, pode resultar na precipitação de sais como fosfato de cálcio ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$).

Nem sempre é conveniente remover nutrientes do esgoto. Sua remoção só tem vantagem quando o efluente é lançado em águas de superfície. Neste caso, particularmente, é importante reduzir ao máximo o teor de nutrientes, para evitar o crescimento exacerbado de algas, que pode prejudicar a qualidade da água, devido ao já citado processo eutrofização. No caso de se usar o efluente para a irrigação, acontece o contrário. Há um interesse de se conservar os nutrientes, uma vez que estes poderão substituir os nutrientes de fertilizantes químicos.

3.0 Material e Métodos

3.1 Sistema Experimental

Para a realização do trabalho experimental foram utilizadas oito lagoas em bateladas dispostas em campo sob as condições ambientais existentes, instaladas à céu aberto. As lagoas eram baldes de plástico, em número de 6(seis), e tonéis de concreto, em número de 2 (dois). O experimento foi feito em duplicata, ou seja as oitos lagoas foram dispostas em 4 série, 2 lagoas por série, variando a profundidade de uma série para outra. As profundidades utilizadas foram 0,25, 0,40, 0,60 e 0,80. As dimensões das lagoas estão apresentadas na tabela 3.1.

Tabela – Características físicas das lagoas de polimento

Série	Lagoas	Profundidade (m)	Área (m ²)	Volume (m ³)
1	LB1	0,25	0,092	0,023
2	LB2	0,40	0,0875	0,035
3	LB3	0,60	0,1700	0,100
4	LB4	0,80	0,2000	0,160

3.2 Experimentos

O trabalho experimental foi dividido em duas etapas:

Experimento 1: Produção de oxigênio, com pH neutro através de fotossíntese (em lagoas de polimento em regime de batelada);

Experimento 2: Produção de oxigênio através de fotossíntese, e acompanhamento do sistema com análises de clorofila “a” (em lagoas de polimento em regime de batelada).

3.2.1 Experimento: Lagoas de polimento em regime de batelada.

Foram realizados testes com uma mistura de 80% de esgoto digerido de um reator UASB que tratava esgoto doméstico e 20% de algas, contidas em efluente de uma lagoa de pós-tratamento, operando com um tempo de detenção hidráulica de 15 dias. O reator, em escala piloto, operava com um tempo de retenção hidráulica de 5 horas e

produzia um efluente com baixa turbidez (em torno de 30 UNT) e baixa concentração de matéria orgânica (em média DBDs de 60mg/L e DQO de 150mg/L).O consumo de CO₂ era medido através da produção acumulada de OD.

3.2.1.1 Experimento 1:

As lagoas (LB-25cm, LB-40cm, LB-60cm e LB-80cm) foram operadas com pleno acesso da luz solar. A concentração de OD foi monitorada, mantendo o OD inferior ao valor de 15mg/L através da adição de sulfito de Sódio (Na₂SO₃). Sempre que a concentração de OD na lagoa excedia os 15mg/L era adicionado sulfito de sódio, que consumia OD ao ser oxidado para sulfato, usando cloreto de cobalto como catalisador. Dessa maneira foi possível determinar o consumo acumulativo de oxigênio nas oito lagoas em função do tempo. Procurou-se deixar no final do dia uma concentração de OD próximo de 9mg/L para garantir oxigênio para algas, durante a noite, uma demanda de 4 a 6 mg/L. O pH das lagoas também foi monitorado, porque procurou-se realizar o experimento com um pH neutro(entre 7 e 7.2). Então quando o pH aumentava era feita a adição de ácido clorídrico, para diminuir-lo conseqüentemente, e continuar com pH neutro.

O experimento foi iniciado em 19 de julho de 2002 e finalizado em 02 de agosto do mesmo ano quando a concentração de OD, em todos os baldes, atingiu valores próximos a 0,3mg/L. No início do experimento as medições eram feitas diariamente, em intervalos de uma hora, sendo que a última leitura era feita sempre às dezesseis horas. Depois de uma semana, as medições passaram a ser feitas com frequência diária de três vezes. Eram medidos diretamente do conteúdo da lagoa a temperatura, o pH e a concentração de OD, após misturar delicadamente o conteúdo da lagoa.

3.2.1.2 Experimento 2 :

O experimento também foi feito em duplicata, mas somente quatro lagoas foram operadas da mesma maneira que as do experimento 1, porém sem a adição de ácido clorídrico. E as outras quatro não foram monitoradas, nem com o acréscimo ácido clorídrico, nem sulfito de sódio. Logo a concentração de OD, só foi acompanhada nas lagoas em bateladas (LB1), para cada profundidade (25cm,40cm, 60cm, 80cm). Também foi determinado nesse experimento o teste de clorofila "a"(em todas as

lagoas), para saber como foi o desenvolvimento de algas, e se estas poderiam sofrer algum tipo de intoxicação por causa do acréscimo de sulfito de sódio.

O experimento foi iniciado em 13 de agosto de 2002 e finalizado em 23 de agosto do mesmo ano quando a concentração de OD, em todos os baldes, atingiu valores próximos a 0,3mg/L. O procedimento utilizado para as medições, foram os mesmos do experimento anterior, e em relação aos testes de clorofila "a", as coletas para análise foram feitas diariamente.

3.3 Análises instrumentais

Para determinação dos parâmetros experimentais foram usados métodos eletrométricos, quais sejam:

pH

Os valores de pH foram determinados pelo método potenciométrico, usando um medidor de pH ORION.

Temperatura

As medidas de temperatura foram realizadas com um termômetro de filamento de mercúrio.

Oxigênio Dissolvido

Determinado pelo método eletrométrico, utilizando um medidor YSI 54 A acoplado a um eletrodo de membrana seletiva.

4.0 APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS

4.1 Lagoas de polimento em regime de batelada

4.1.1 Experimento 1:

Neste experimento as lagoas continham uma mistura de esgoto digerido (80%) e efluente de lagoas de pós-tratamento (20%) com algas. Como já foi referido no capítulo 3. O sistema era composto de 4 séries de lagoas, cada série com duas lagoas e profundidades diferentes (25, 40, 60, 80cm). Havia fotossíntese sem limitação e a acumulação era medida diariamente através da adição de sulfito de sódio. O pH das lagoas também foi monitorado, porque procurou-se realizar o experimento com um pH neutro(entre 7 e 7,2), o controle foi feito através da adição de ácido clorídrico, para diminuir-lo conseqüentemente, e continuar com pH neutro.

A tabela a seguir mostra o desenvolvimento do sistema realizado no período de 19 de julho à 02 de agosto de 2002. Os resultados são apresentados na tabela 4.1, conforme a seguinte seqüência de colunas:

- (1) data da realização dos testes;
- (2) período corrido desde o início do teste (dia);
- (3) Concentração de OD na lagoa- LB1(25cm);
- (4) Concentração de OD na lagoa- LB2(25cm);
- (5) Concentração de OD na lagoa- LB1(40cm);
- (6) Concentração de OD na lagoa- LB2(40cm);
- (7) Concentração de OD na lagoa- LB1(60cm);
- (8) Concentração de OD na lagoa- LB2(60cm);
- (9) Concentração de OD na lagoa- LB1(80cm);
- (10) Concentração de OD na lagoa- LB2(80cm).

4.1.2 Experimento 2:

O experimento foi feito em duplicata, mas somente quatro lagoas foram operadas da mesma maneira que as do experimento 1, porém sem a adição de ácido clorídrico, ou seja, o pH não foi monitorado. Havia fotossíntese sem limitação e a acumulação era medida diariamente através da adição de sulfito de sódio. Como já foi

referido antes, só foram acompanhadas uma lagoa para cada profundidade(LB1-25cm,40cm, 60cm, 80cm). Também foi determinado nesse experimento o teste de clorofila "a"(em todas as lagoas), para saber como foi o desenvolvimento de algas nessas lagoas de polimento em batelada. As medições também eram feitas diariamente, e os cálculos foram feitos utilizando o método de extração com metanol 90% descrita por Pearson et. al. 1987.

As tabelas 4.2, 4.3 e 4.4, mostram o desenvolvimento do sistema realizado no período de 13 a 23 de agosto de 2002. Os resultados da concentração de OD são apresentados na tabela 4.2, conforme a mesma seqüência de colunas, apresentada a tabela 4.1. Já os resultados do teste de clorofila "a", serão apresentados nas tabelas 4.3 e 4.4, conforme a seguinte seqüência de colunas:

- (1) data da realização dos testes;
- (2) período corrido desde o início do teste (dia);
- (3) Lagoa em bateladas 25-1cm → clorofila "a" e pH;
- (4) Lagoa em bateladas 40-1cm → clorofila "a" e pH;
- (5) Lagoa em bateladas 60-1cm → clorofila "a" e pH;
- (6) Lagoa em bateladas 80-1cm → clorofila "a" e pH;

Na figura 4.1 foram observados os valores dos parâmetros experimentais para as quatro profundidades das lagoas no experimento de 19 de julho a 02 de agosto de 2002. Nesta figura é possível analisar a taxa de acumulação de oxigênio dissolvido em todo o período do experimento. Na figura 4.2 mostra a mesma relação para o experimento realizado de 13 a 23 de agosto de 2002.

Nas figuras 4.3 e 4.4 tem-se como analisar o dado experimental dos testes de clorofila "a", para as lagoas em bateladas (LB1 e LB2). Pode-se relacionar uma figura com outra, e observar se houve interferência do acréscimo do sulfito de sódio nas lagoas, causando ou não uma possível intoxicação das algas.

Tabela 4.1 – Valores das concentrações de OD, nas lagoas em bateladas com profundidades de 0,25, 0,40, 0,60 e 0,80m, do experimento 1, no período de 19 de julho a 02 de agosto de

Data	dia	LB1(25cm)	LB2(25cm)	LB1(40cm)	LB2(40cm)	LB1(60cm)	LB2(60cm)	LB1(80cm)	LB2(80cm)
19/07/02	1	39,35	38,83	31,79	29,87	17,73	17,17	12,86	12,87
20/07/02	2	174,77	173,14	92,63	81,21	55,03	54,09	39,16	37,62
21/07/02	3	257,13	257,68	139,68	118,15	81,30	79,67	56,23	52,77
22/07/02	4	281,98	285,38	204,17	176,05	130,54	126,77	88,10	80,43
23/07/02	5	284,38	287,38	227,54	215,48	173,04	167,89	121,58	112,61
24/07/02	6	286,35	289,39	232,75	235,87	202,32	197,45	143,88	135,86
25/07/02	7	289,71	292,81	237,58	244,72	229,11	225,46	174,76	168,62
26/07/02	8	291,14	293,81	237,78	245,23	229,65	227,07	179,88	174,33
27/07/02	9	291,14	293,81	237,78	245,83	230,02	228,77	192,48	185,85
28/07/02	10	292,53	294,98	239,48	247,27	231,82	231,70	201,88	195,10
29/07/02	11	293,77	296,23	240,55	247,40	234,93	234,46	211,92	202,99
30/07/02	12	293,84	296,32	240,55	248,71	236,05	235,68	214,12	204,58
31/07/02	13	293,84	296,32	240,55	250,86	237,54	237,04	214,56	205,10
01/08/02	14	294,96	297,05	240,68	253,55	237,87	237,84	214,69	205,17
02/08/02	15	294,96	297,05	240,94	254,43	237,87	237,84	214,79	205,24

Tabela 4.2 – Valores das concentrações de OD. nas lagoas em bateladas com profundidades de 0,25, 0,40, 0,60 e 0,80m, do experimento 2, no período de 13 a 23 de agosto de 2002

Data	Dia	LB1(25cm)	LB1(40cm)	LB1(60cm)	LB1(80cm)
13/08/02	0	17,46	27,44	12,84	4,87
14/08/02	1	87,57	79,78	41,42	17,45
15/08/02	2	140,98	129,72	66,41	31,08
16/08/02	3	152,75	138,12	76,32	36,29
17/08/02	4	156,29	141,11	80,43	37,49
18/08/02	5	164,94	148,14	87,67	42,78
19/08/02	6	177,65	157,25	99,15	51,29
20/08/02	7	181,54	159,81	103,39	53,40
21/08/02	8	181,95	160,28	105,32	53,40
22/08/02	10	182,79	160,30	105,80	53,40
23/08/02	11	183,32	160,36	106,57	53,40

Tabela 4.3 – Valores de clorofila "a", nas lagoas em bateladas (LB1) com profundidades de 0,25, 0,40, 0,60 e 0,80m. Estas foram monitoradas com o acréscimo de sulfito, no período de 13 a 23 de agosto de 2002.

Lagoas em bateladas (LB1)									
		25-1cm		40-1cm		60-1cm		80-1cm	
Data	Dia	clorofila "a"	pH	clorofila "a"	pH	clorofila "a"	pH	clorofila "a"	pH
13/08/02	0	631,17	7,58	631,17	7,58	631,17	7,58	631,17	7,58
14/08/02	1	763,64	7,75	750,65	7,73	833,77	7,7	838,96	7,69
15/08/02	2	1142,86	10,00	1101,30	9,47	680,52	8,67	587,01	8,24
16/08/02	3	1257,14	10,10	1202,60	9,63	833,77	8,8	620,78	8,31
17/08/02	4	1202,60	10,18	1142,86	9,97	961,04	9,38	675,32	8,91
18/08/02	5	974,03	9,67	1044,16	9,58	805,19	9,13	616,88	8,63
19/08/02	6	909,09	9,21	961,04	9,29	885,71	8,88	667,53	8,5
20/08/02	7	654,55	9,31	810,39	9,42	846,75	9,09	587,01	8,78
21/08/02	8	576,62	9,30	716,88	9,63	857,14	9,16	506,49	8,75
22/08/02	10	137,66	8,25	210,39	8,14	363,64	8,39	158,44	8,33

Tabela 4.4 – Valores de clorofila "a", nas lagoas em bateladas (LB2) com profundidades de 0,25, 0,40, 0,60 e 0,80m. Estas não foram monitoradas com o acréscimo de sulfito, no período de 13 a 23 de agosto de 2002.

Lagoas em bateladas (LB2)									
		25-2cm		40-2cm		60-2cm		80-2cm	
Data	Dia	clorofila "a"	pH	clorofila "a"	pH	clorofila "a"	pH	clorofila "a"	pH
13/08/02	0	631,17	7,58	631,17	7,58	631,17	7,58	631,17	7,58
14/08/02	1	763,64	7,75	750,65	7,73	833,77	7,7	838,96	7,69
15/08/02	2	1148,05	9,86	1012,99	9,37	763,64	8,68	615,58	8,36
16/08/02	3	1342,86	10,21	1085,71	9,41	815,58	8,68	623,38	8,32
17/08/02	4	1392,21	10,47	1184,42	9,89	875,32	9,29	698,70	8,95
18/08/02	5	1231,17	10,28	1085,71	9,76	961,04	9,14	670,13	8,74
19/08/02	6	1012,99	9,89	1166,23	9,67	903,90	8,93	659,74	8,59
20/08/02	7	898,70	10,21	1298,70	10,25	651,95	9,03	628,57	8,87
21/08/02	8	950,65	10,65	1387,01	10,52	446,75	8,56	444,16	8,74
22/08/02	10	168,83	8,49	488,31	9,57	264,94	8,34	236,36	8,45

Figura 4.1-Concentração de OD acumulado no período de 19 de julho a 02 de agosto de 2002.

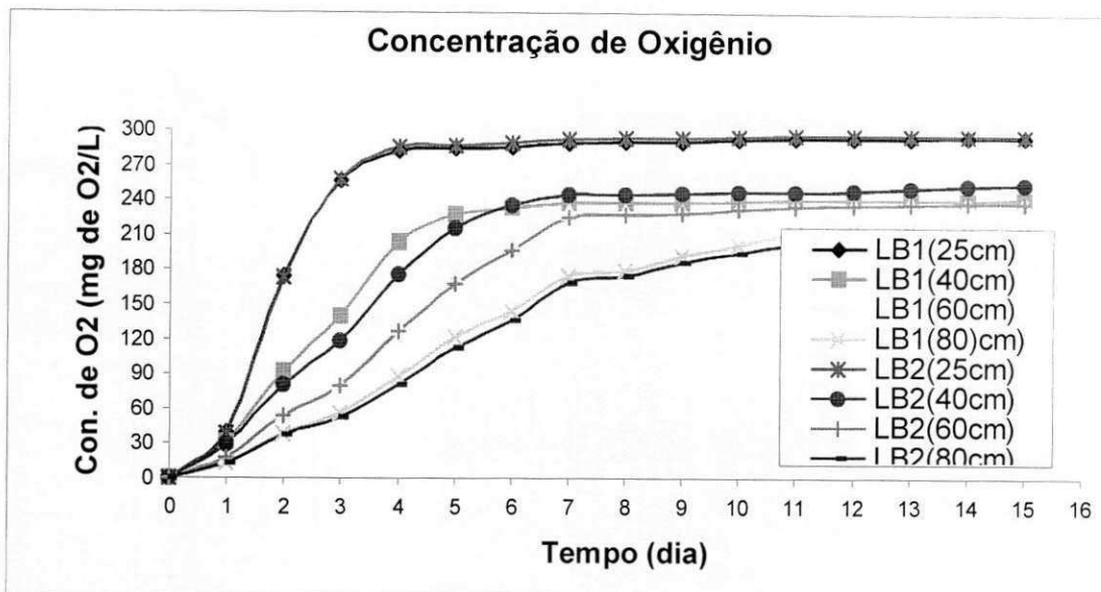


Figura 4.2 Concentração de OD acumulado no período de 13 a 23 de agosto de 2002.

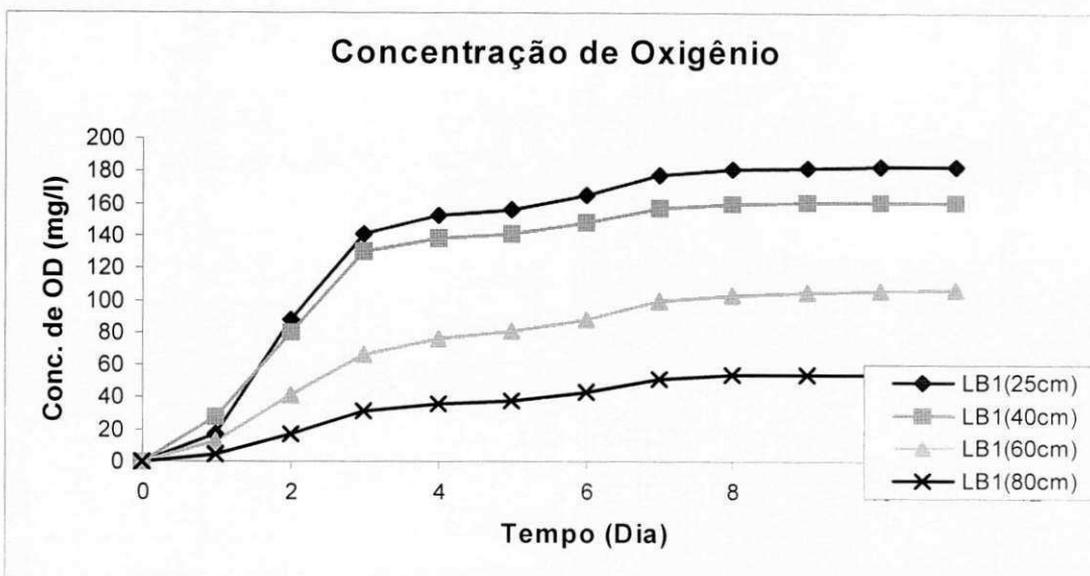


Figura 4.3 Testes de clorofila "a", para as lagoas em bateladas (LB1), monitoradas com o acréscimo de sulfito de sódio, no período de 13 a 22 de agosto de 2002.

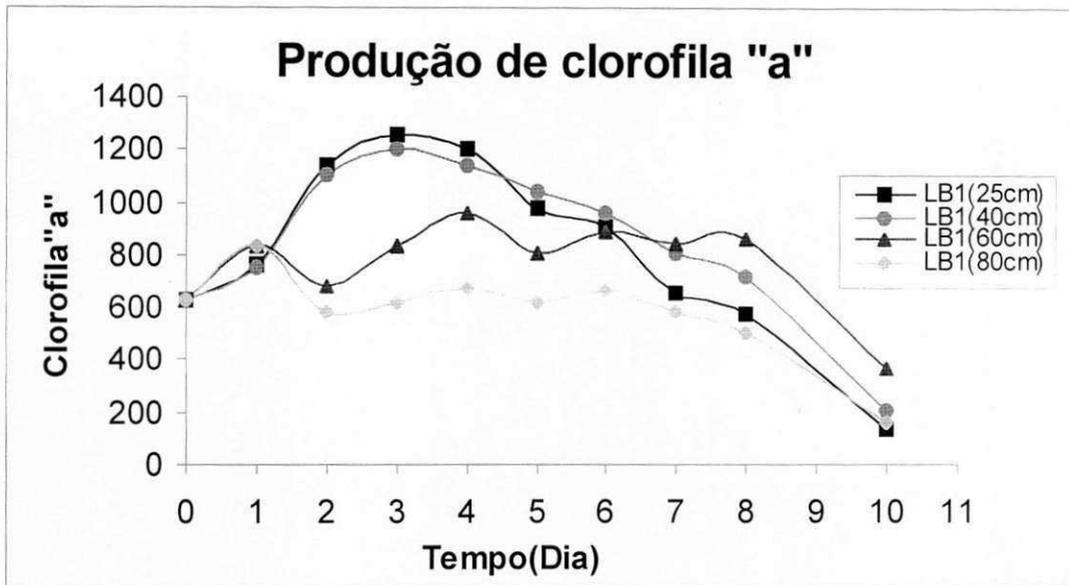


Figura 4.4 Testes de clorofila "a", para as lagoas em bateladas (LB2), não foram monitoradas com o acréscimo de sulfito de sódio, no período de 13 a 22 de agosto de 2002.

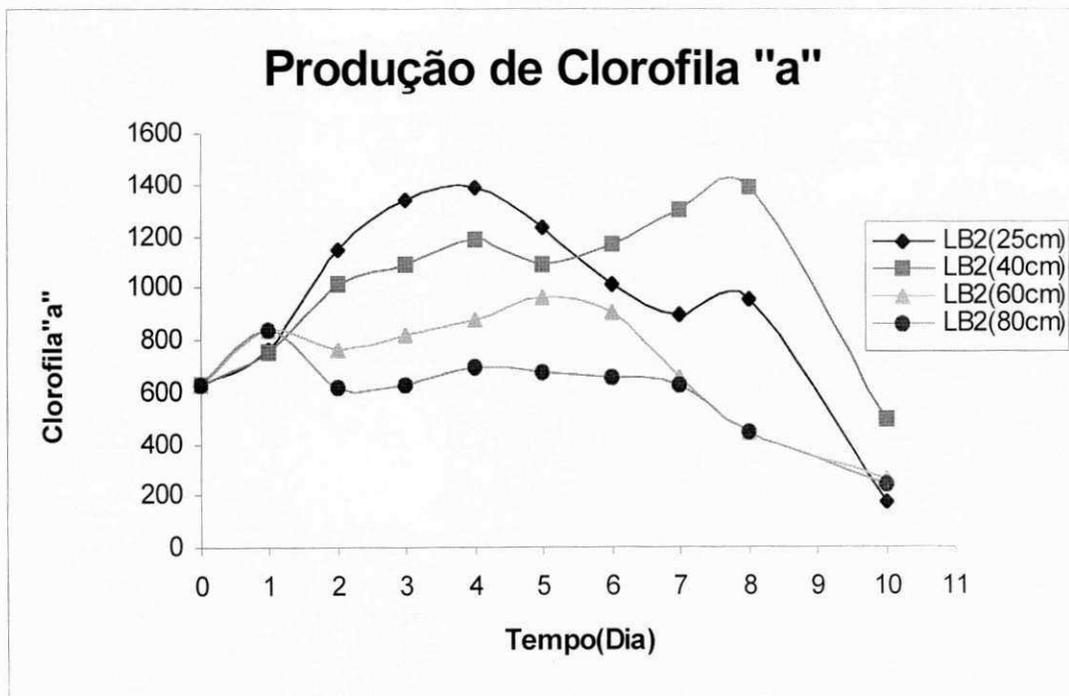
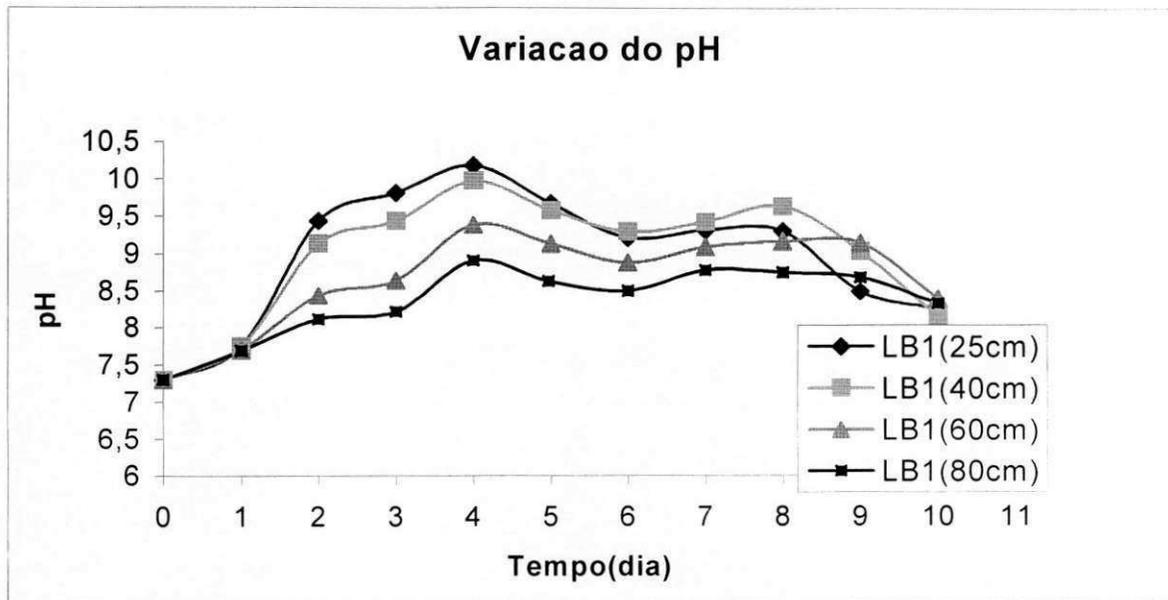


Figura 4.5 Variação do pH, para as lagoas em bateladas (LB1), monitoradas com o acréscimo de sulfito de sódio, no período de 13 a 22 de agosto de 2002.



5. DISCUSSÃO

O método operacional do regime em bateladas é muito adequado para avaliar o comportamento dos processos biológicos em lagoas de polimento e particularmente a velocidade de produção de oxigênio. O processo de fotossíntese gerou uma concentração elevada de oxigênio, que pôde ser observado mediante observações freqüentes e titulação com sulfito de sódio. O método pode ser automatizado quando se usa um respirômetro acoplado a um titulador automático de tal modo que o titulador introduz o sulfito de sódio numa lagoa quando a concentração é alta, por exemplo, 2 mg/l acima da concentração de saturação e adiciona o redutor até que o valor baixe para, por exemplo, 2 mg/l abaixo do valor de saturação. Neste caso tem-se um respirograma que descreve com precisão não somente a produção de oxigênio de dia, mas também o consumo de noite.

A Fig 4.1 mostra que na lagoa mais rasa (0,25 m) a taxa de fotossíntese é a mais alta: o valor máximo encontrado foi de uma acumulação de 225 mg/l em somente dois dias (entre dias 1 e 3), o que representa uma taxa média de 112 mg/l/d ou 4,6 mg/l/h. O perfil de acumulação de oxigênio nas lagoas com profundidades maiores reflete uma taxa de fotossíntese menor: valores máximas da taxa de acumulação de 62, 35 e 28 mg/l/d foram encontradas para profundidades de 0,4; 0,6 e 0,8 m. Na Fig 5.1 os valores da taxa de produção de OD estão plotados em função da profundidade. O resultado mostra que em boa aproximação há uma relação inversamente proporcional entre a taxa de produção e a profundidade, podendo ser expressa esta relação como:

$$T_{OD} = 24/h$$

Onde

T_{OD} = Taxa de produção de oxigênio (mg/l/d)

H = profundidade da lagoa (m).

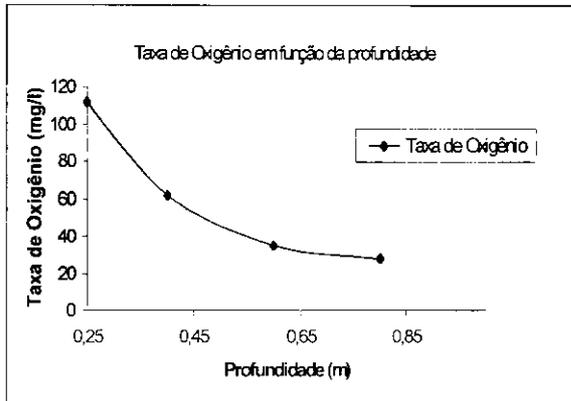


Fig 5.1: Taxa de produção de oxigênio em função da profundidade da lagoa no experimento 1: (pH controlado)

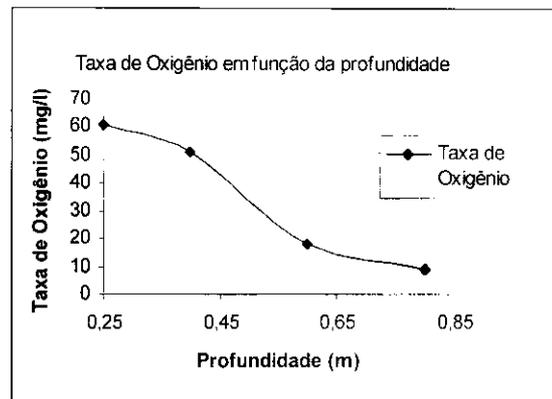


Fig 5.2: Taxa de produção de oxigênio em função da profundidade da lagoa no experimento 2: (pH variável)

Um aspecto interessante da lagoa em batelada que existe um máximo na produção de oxigênio que é factível. Por exemplo na lagoa com 0,25 cm em Fig 4.1 a concentração de oxigênio chega rapidamente (5 dias) a aproximadamente 290 mg/l, mas depois disso aumento só marginalmente. Este fato indica que após 5 dias de ação das algas o carbono inorgânico estava consumido, não havendo mais “matéria prima” para a fotossíntese. Portanto existe neste caso um máximo de produção de 290 mg/l ou $290/32 = 9$ mmol de oxigênio. Portanto também havia um máximo no consumo de dióxido de carbono de 9 mmol/l. É interessante comparar este valor com a disponibilidade de carbono inorgânico no início quando a batelada é colocada na lagoa. A concentração de espécies carbônicas totais ($C_t = CO_2 + HCO_3^- + CO_3^{2-}$) é dada por:

$$C_t = (Alc + Ac)/2$$

C_t = concentração de espécies carbônicas

Alc = alcalinidade

Ac = acidez

Sabe-se que o esgoto de Campina Grande tem uma alcalinidade de aproximadamente 400 ppm $CaCO_3$ ou 8 meq/l. Para o pH que foi mantido durante o

primeiro experimento (7,0 a 7,2), a acidez é em torno de 1,5 vezes a alcalinidade de modo que a acidez é 12 meq/l e portanto inicialmente a concentração de espécies carbônicas era $C_t = (8+12)/2 = 10$ meq/l. Este valor é marginalmente superior à estimativa do consumo de dióxido de carbono. A diferença pode-se atribuir à dessorção de dióxido de carbono, principalmente no período inicial quando a concentração ainda é elevada. Observa-se ainda na Fig 4.1 que nas lagoas com maior profundidade a produção máxima de oxigênio (e portanto o consumo máximo de dióxido de carbono) era menor que na lagoa com menor profundidade. Isto pode ser atribuído a uma maior dessorção de CO_2 nas lagoas com maior profundidade. Na lagoa com 25 cm de profundidade as espécies inorgânicas de carbono eram praticamente eliminadas após um tempo de 3 dias enquanto nas outras lagoas a depleção demorava muito mais, havendo pois uma maior chance de desprendimento do CO_2 .

A diminuição da capacidade fotossintética das algas quando aumenta transparece também das Figuras 4.3 e 4.4, que mostra a variação da concentração de clorofila a em função do tempo de presença nas lagoas de bateladas. Em todos os casos se observa uma tendência da concentração da clorofila a aumentar inicialmente (quando o pH ainda estava na faixa de 7 a 8), para em seguida diminuir gradualmente. Conclui-se que a condição que se desenvolveu nas lagoas não era adequada para a multiplicação e até para a sobrevivência das algas.

Semelhantemente observa-se na Fig 4.5 que o pH também tende a passar por um máximo para depois diminuir gradualmente. Novamente isto deve ser atribuído à condição desfavorável para a alga quando o pH aumenta: inicialmente a taxa de produção de oxigênio e de consumo de dióxido de carbono são elevadas e resultam num aumento do pH e portanto da concentração de NH_3 não ionizado. Na medida em que aumenta a concentração deste material tóxico para a vida aquática, a taxa de fotossíntese diminui e pH (que chegou a atingir um valor de 10,5 na lagoa mais rasa) tende a diminuir, ainda que ainda haja produção de oxigênio. Esta diminuição pode ser atribuída a absorção de CO_2 da atmosfera, que ocorre para valores de pH maiores que 8,5 a 8,8.

6. CONCLUSOES

A taxa de produção de oxigênio em lagoas de polimento é um método muito adequado para avaliar a taxa de fotossíntese em lagoas de polimento, principalmente quando estas são operadas em regime de bateladas seqüenciais.

A taxa de fotossíntese em lagos de polimento é inversamente proporcional com a profundidade da lagoa de polimento na faixa pesquisada de 0,25 a 0,8 m. O potencial de produção fotossintética de oxigênio depende da disponibilidade de espécies carbônicas, levando em consideração que ao menos parte do CO_2 tende a escapar pelo processo de dessorção. Quando o carbono inorgânico é consumido, o pH do líquido sempre estará acima de um valor de 10.

Quando o pH numa lagoa de polimento chega a valores acima de 8,5 há uma redução significativa da taxa de fotossíntese. Nesta faixa de valores do pH a concentração de amônia não ionizada começa a ser significativa, de modo que o efeito tóxico de NH_3 sobre a atividade das algas seja a explicação mais provável para a diminuição da taxa de fotossíntese.

7 RECOMENDAÇÕES

Usar o respirômetro para obter respirogramas on line, determinando-se assim com maior precisão a produção de oxigênio em lagoas de polimento;

Determinar a relação entre a atividade fotossintética e espécies de algas, visando estabelecer quais as espécies mais ativas;

Repetir as experiências com lagoas de fluxo contínuo, visando estabelecer se há uma variação ao longo da lagoa das espécies de algas e da atividade fotossintética.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Chernicharo, C. A. L. (2001). Pós – tratamento de efluentes de reatores anaeróbios. Belo Horizonte: [s.n.]. 544 p.:1.,Graf., tab. Projeto Prosab.

Branco, Samuel Murgel. (1986). Hidrobiologia aplicada à engenharia sanitária. São Paulo. 615 p.: 3, Convênio CETESB ASCETESB.