

Variação da carga orgânica do efluente de fecularia de mandioca

Frederico Fonseca da Silva, Paulo Sérgio Lourenço Freitas*, Altair Bertonha, Roberto Rezende, Antônio Carlos Andrade Gonçalves e Rivanildo Dallacort

²Departamento de Agronomia, Universidade Estadual de Maringá, Av. Colombo, 5790, 87020-900, Maringá, Paraná, Brasil.

*Autor para correspondência.

RESUMO. Realizou-se o presente trabalho no município de São Mateus, Estado do Espírito Santo, com o objetivo de analisar a variação da carga orgânica do efluente de uma fecularia de mandioca, em função da época de coleta de amostras para monitoramento de diferentes pontos desde a saída da indústria até o reservatório final. Coletou-se, semestralmente, uma amostra na estação da seca e a outra na estação das chuvas, em seis diferentes pontos, tendo-se como testemunha a água captada no rio São Mateus, utilizada na indústria. No ponto de coleta de efluente maturado, foram coletadas amostras em duas profundidades. Observa-se que os parâmetros oscilam entre os monitoramentos em função da temperatura, irradiação solar e da profundidade da coleta, principalmente relacionados com a carga orgânica (DBO, DQO e Oxigênio Dissolvido) que variam também entre os diferentes pontos dentro de um mesmo monitoramento.

Palavras-chave: Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Demanda Química de Oxigênio (DQO), Oxigênio Dissolvido (OD), Carga Orgânica, Efluente de mandioca.

ABSTRACT. Organic content variations in cassava industry effluent. This research was carried out in *São Mateus*, state of *Espírito Santo*, Brazil, aiming to analyse the variation of elements or chemical compounds of industrial cassava effluents, concerning the period of sample collecting during monitoring and respective tests, running from industrial output to final store. The method consisted of semestral sample collecting during drought and rain seasons in six different spots adopting the *São Mateus* river water as test witness according to its industrial use and production of cassava starch. The parameters vary from spot to spot according to temperature, solar irradiation and collecting level, mainly related to organic compounds (Biochemical oxygen demand, Chemical oxygen demand and diluted oxygen), which may vary among different places within the same monitoring spot.

Key words: Biochemical oxygen demand, Chemical oxygen demand, diluted oxygen, organic compound, cassava effluent.

Introdução

Na década de 50, época em que ocorre o aparecimento das amidonarias, Bergamin (1953) alertava para a poluição dos mananciais pelos resíduos de mandioca, quando devolvidos ao leito de captação de água. Sobrinho (1975) afirma que, devido à elevada carga orgânica e compostos poluentes contidos no efluente industrial de fecularia, mesmo diluído, pode trazer sérios problemas de poluição ambiental. Patza *et al.* (1983) também reconheciam a elevada carga orgânica e não visualizavam, à época, aproveitamento econômico algum do efluente de mandioca, razão pela qual apresentam preocupação apenas quanto à forma de adequá-lo aos padrões ambientais vigentes e, só assim, despejá-lo.

Corroborando com esse pensamento quanto à reconhecida elevada carga orgânica do efluente de mandioca, a Cetesb (1990) considera as indústrias de amido como altamente poluidoras, e, segundo Silva *et al.* (1996), a fiscalização do destino dos resíduos líquidos é exercida pela ação dessa agência ambiental que impõe rígida normatização sobre o assunto. Lynch (1986), comentando sobre a aplicação de efluente no solo, diz que a DBO poderia também reduzir as concentrações de oxigênio do solo. Contudo, há poucos estudos a esse respeito.

Patza *et al.* (1993) apresenta a digestão anaeróbica como a alternativa mais promissora no tratamento de vinhoto com o emprego de reator de leito de lodo com fluxo ascendente e pelo filtro anaeróbico. Apesar da elevada eficiência nesses tratamentos, caso o lançamento final seja em rios ou em outras

coleções de águas, haverá necessidade de um pós-tratamento (normalmente constituído de lagoas de estabilização, lagoas aeradas ou lodos ativados).

Fioretto (1994) afirma que se pode depreender que a manipueira se apresenta como um material não esgotável, podendo ser utilizada como fertilizante, de forma a aproveitar e reciclar os nutrientes no solo, evitando-se, assim, os despejos nos cursos d'água.

Segundo Cereda (1994), ainda não é possível falar-se em manejo dos resíduos de industrialização de mandioca no Brasil, mas sim em indicações de uso. Nesse aspecto, algumas áreas encontram-se mais adiantadas em pesquisas que outras o que, por si só, justifica todo o desenvolvimento e somatória de esforços e estudos que procurem enriquecer as informações nessa área ambiental, de conservação de água e utilização de despejo industrial.

Diante das inúmeras variáveis que interagem no universo do controle, monitoramento e da Engenharia Ambiental, o objetivo principal do presente trabalho consiste em determinar a variação dos elementos e compostos químicos contidos no efluente industrial de uma fecularia de mandioca, em diferentes pontos de coleta e as suas possíveis flutuações ao longo do processo de maturação, em função da época de coleta.

Material e métodos

Local do experimento

O experimento foi conduzido no município de São Mateus, norte do Estado do Espírito Santo, cujas coordenadas geográficas são: latitude de 18° 43' S, longitude de 39° 52' W. O esquema dos pontos de coleta está apresentado na Figura 1.

Pontos de coleta

Uma vez que a água é captada do Rio São Mateus e é utilizada pela indústria de beneficiamento de mandioca, depois conduzida para

um reservatório de efluente, e, por fim, depois de maturado, é utilizada como fonte de fertirrigação. Selecionaram-se seis locais de coleta, sendo:

Ponto P0 - Captação de água do rio. Seus valores servem de testemunha no que diz respeito aos parâmetros a serem analisados.

Ponto P1 - Canal de descarga na saída da indústria de fecularia. Fornece as informações químicas do efluente bruto diluído, após o processo de centrifuga do leite para a de fécula.

Ponto P2 - Confluência entre o canal e o reservatório.

Ponto P3 - Próximo à estação de bombeamento do reservatório, a 80cm de profundidade. Permite fornecer a composição química do composto maturado a ser utilizado como fonte de fertirrigação.

Ponto P4 - Próximo à estação de bombeamento do reservatório, a 30 cm de profundidade. Analisa-se o efeito da radiação solar sobre a composição química do efluente quando comparado principalmente com dados obtidos no ponto P3.

Ponto P5 - Localizado a 1,0 metro de profundidade do solo da área onde se aplicou o efluente utilizando um sistema de aspersão. Analisa-se a água que está sendo devolvida ao meio ambiente, quando se confronta com os valores obtidos no ponto P0.

Critério para coleta no ponto P5

As irrigações foram realizadas com o efluente, e não se aplicou apenas água. As lâminas aplicadas, bem como o turno de rega, estavam de acordo com o projeto desenvolvido para a cultura da cana-de-açúcar, em função das variáveis de solo, tipo e estágio da cultura e clima. Para a coleta de uma amostra de água percolada, saturou-se o local do dreno no dia da coleta com uma irrigação de até 12 horas. Este procedimento tornou possível a obtenção de uma amostra de solução do solo a um metro de profundidade.

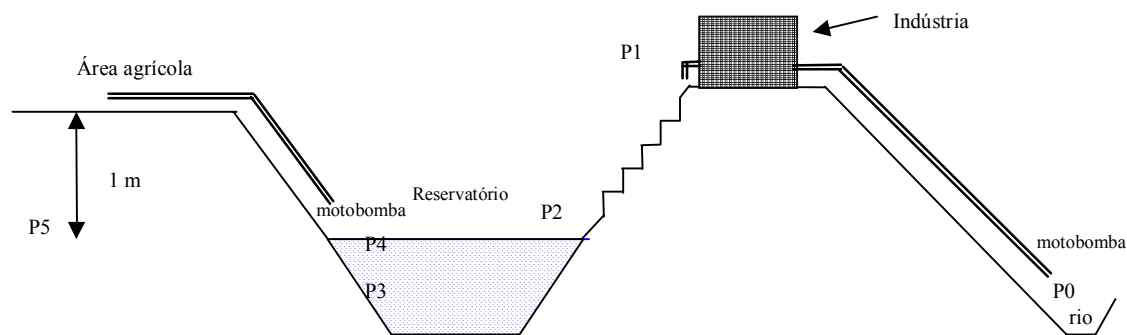


Figura 1. Esquema dos pontos de coleta de efluente

Forma de coleta

As amostras coletadas para análise e monitoramento obedeceram às normas expostas no manual Guia de coleta e preservação de amostras de água da Cetesb (1988).

Frequência de monitoramento

Semestralmente, realizou-se a coleta das amostras do efluente, com a supervisão da Seama-ES (Secretaria Estadual de Meio Ambiente do Estado do Espírito Santo), e o primeiro monitoramento foi realizado em janeiro de 1989 e os demais realizados com intervalo de seis meses.

Local das análises

As amostras eram condicionadas (específicas por parâmetro analisado) e levadas para serem analisadas na Cetesb, na cidade de São Paulo, Estado de São Paulo, por via aérea, em intervalo sempre inferior a 20h. entre a coleta e a entrada no laboratório.

Metodologia de análise dos parâmetros

Os parâmetros analisados na Cetesb obedeciam aos métodos apresentados na 17ª e, posteriormente, na 18ª edição do "Standard methods for the examination of water and wastewater (APHA, AWWA, WP3F).

Parâmetros monitorados

O.D. (Oxigênio Dissolvido), D.Q.O. (Demanda Química de Oxigênio), D.B.O. (Demanda Bioquímica de Oxigênio).

Matéria prima

No processo industrial, utilizou-se, exclusivamente, raiz de mandioca para a produção de fécula.

Variedade

A raiz de mandioca de maior frequência ou quantidade, a mais plantada na região era a variedade fibra.

Resultados e discussão

DBO

A Demanda Bioquímica de Oxigênio é o parâmetro mais usual de medição de poluição orgânica aplicado às águas residuárias. É a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica por decomposição microbiana aeróbica para uma forma inorgânica estável.

Ao longo de todos os monitoramentos, observou-se redução da DBO, quando se compara o ponto P1 (ponto de maior carga orgânica) com o ponto P5 (onde o ponto P5 apresenta valores

próximos aos níveis captados no ponto P0). E que representa apenas 0,59% do valor obtido para o ponto P1. Dessa forma, a água devolvida ao meio ambiente, via utilização do solo como filtro natural, após maturação do efluente, foi de 99,41%.

A média dos valores, conforme apresenta na Tabela 1, mostra que o valor da DBO no ponto P4 representa 1,38% da carga apresentada no ponto P1 (e no ponto P3 representa 1,88% em relação, também, ao ponto P1). Assim, afirma-se que a DBO, nesse trabalho, com a metodologia aplicada, apresenta uma redução de 98,62% entre os pontos P1 e P4 (e 98,12% entre os pontos P1 e P3), cuja redução está plenamente dentro dos padrões aceitáveis do Conama.

DQO

A Demanda Química de Oxigênio é outro parâmetro também utilizado para medir o conteúdo de matéria orgânica de águas residuárias e define-se como sendo a quantidade de oxigênio necessária para oxidação da matéria orgânica através de um agente químico; muito embora o Conama não faça referência ou determine a obrigatoriedade do monitoramento desse parâmetro na classificação das águas conforme resolução nº 20, na qual se fundamenta toda essa análise do projeto ambiental. As literaturas técnicas citam que a DQO em um despejo é, em geral, mais alta do que a DBO, em virtude da maior facilidade com que grande número de compostos pode ser oxidado por via química do que por via biológica.

A Tabela 2 apresenta os valores obtidos dessa demanda ao longo dos monitoramentos. Semelhante metodologia foi desenvolvida para a DBO, onde se observa que a redução do ponto P1 para o ponto P5 é de 98,66% e, em relação aos pontos P4 e P3 é de 98,23% (passando de uma concentração média de 8.861,6 para algo próximo a 156 mg/l).

Oxigênio dissolvido

O raciocínio desenvolvido para a DQO e DBO é aplicado à análise do oxigênio dissolvido. Todo o presente estudo, de cunho ambiental, consiste em devolver, ao ciclo natural, a água na forma como foi captada, sem prejuízo para o meio ambiente.

Com base nos dados apresentados na Tabela 3, verifica-se que o resíduo bruto da mandioca é redutor, concordando com Bergamin (1953) e, dessa forma, diminui, significativamente, a capacidade biogênica dos cursos de água quando lançados nele, uma vez que o oxigênio dissolvido é necessário para a respiração de microorganismos aeróbicos, bem como outras formas aeróbicas de vida.

Para isso, basta analisar o ponto P0 (água do rio São Mateus) e os valores de OD nos pontos P1 e P2 após a saída do processo industrial, conforme dados apresentados na Tabela 3, que mostram o resultado do OD nos monitoramentos realizados. Interessante notar, com base nos dados apresentados na referida Tabela 3, que nos meses de janeiro, a taxa de OD no ponto P5 é sempre maior ou igual do que a água captada no rio São Mateus (ponto P0).

Quando a taxa de OD é inferior a 2,0 mg/l, sobrevivem apenas bactérias anaeróbicas, e as atividades fotossintéticas são reduzidas. A alegação de que a presença de OD em águas residuárias é desejável para prevenir a formação de substâncias mal cheirosas não constitui interesse no presente estudo. Contudo, estudos futuros necessitam responder quais, por exemplo, são as implicações de se irrigar uma área com taxa de Oxigênio nula, por exemplo, oriundo do ponto P1 ou P2 (efluente bruto).

Para a classe 3 de águas, o artigo 6, item h da resolução 20 do Conama, determina que o OD não pode ser inferior a 4 mg/l O₂. Para essa classe de água, as condições da água coletadas no ponto P5 satisfazem à exigência do Conama para ser devolvida ao meio ambiente.

A utilização do efluente de feculária para as condições apresentadas na agricultura poderia comprometer a atividade microbiana do solo, pois a DQO e DBO apresentaram valores muito altos para os pontos P1 e P2 onde o efluente está em forma bruta (Figura 2 e 3).

Tabela 1. Valores da DBO nos monitoramentos realizados (em mg/l)

DBO	Pontos de Coleta					
	P0	P1	P2	P3	P4	P5
1º Monitoramento	8,0	1.990,0	1.871,0	41,0	27,0	18,0
2º Monitoramento	6,0	6.120,0	4.380,0	180,0	156,0	42,0
3º Monitoramento	5,0	2.030,0	1.924,0	79,0	36,0	20,0
4º Monitoramento	6,0	1.907,0	1.943,0	26,0	21,0	10,0
5º Monitoramento	7,0	1.830,0	1.771,0	16,0	11,0	13,0
6º Monitoramento	4,0	2.940,0	2.690,0	12,0	10,0	8,0
7º Monitoramento	6,0	-	-	15,0	10,0	5,0
Média	6,0	2.802,8	2.429,8	52,7	38,7	16,5

(-) Parâmetro não analisado

Tabela 2. Valores da DQO nos monitoramentos realizados (em mg/l)

DQO	Pontos de Coleta					
	P0	P1	P2	P3	P4	P5
1º Monitoramento	36,0	8.210,0	3.980,0	152,0	148,0	120,0
2º Monitoramento	110,0	14.100,0	9.800,0	288,0	293,0	156,0
3º Monitoramento	44,0	8.450,0	4.180,0	167,0	158,0	141,0
4º Monitoramento	97,0	7.120,0	3.120,0	182,0	173,0	130,0
5º Monitoramento	24,0	6.870,0	3.180,0	94,0	94,0	153,0
6º Monitoramento	28,0	8.420,0	3.870,0	165,0	157,0	73,0
7º Monitoramento	25,0	-	-	48,0	68,0	60,0
Média	52,0	8.861,6	4.688,3	156,6	155,8	119,0

(-) Parâmetro não analisado

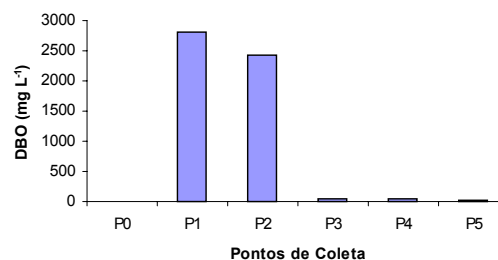


Figura 2. Valores médios de sete monitoramentos de DBO para os pontos de coleta

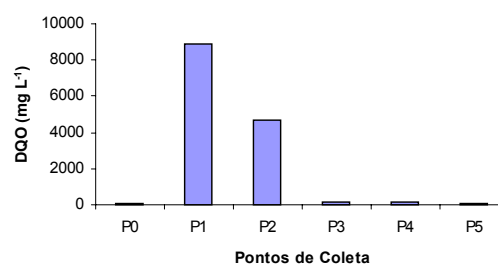


Figura 3. Valores médios de sete monitoramentos de DQO para pontos de coleta

Tabela 3. Valores do Oxigênio Dissolvido nos monitoramentos realizados (em mg/l)

Oxigênio dissolvido	Pontos de Coleta					
	P0	P1	P2	P3	P4	P5
1º Monitoramento	5,2	0,0	0,0	3,2	4,1	6,0
2º Monitoramento	7,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,9
3º Monitoramento	5,8	0,0	0,0	1,6	2,3	6,2
4º Monitoramento	7,2	0,0	0,0	1,0	2,0	3,0
5º Monitoramento	4,6	0,0	1,2	6,8	7,3	4,6
6º Monitoramento	7,0	0,0	0,0	7,2	7,4	3,3
Média	6,1	0,0	0,2	3,3	3,85	4,5
7º Monitoramento	7,3	-	-	4,6	7,5	6,1
Média	6,3	0,0	0,2	3,49	4,37	4,73

(-) Parâmetro não analisado

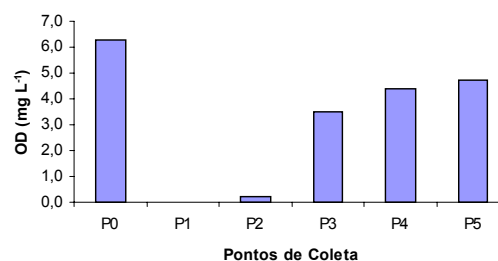


Figura 4. Valores médios de sete monitoramentos de OD para pontos de coleta

Pode-se concluir que o efluente bruto de mandioca é redutor. Embora a sua DBO e a DQO, quando maturado, seja reduzida a níveis superiores a 98%, principalmente quando se compara com o ponto de maior valor; e, embora o OD do efluente bruto caia para zero, ele devolve-se em meio ambiente a níveis acima do permitido pelo Conama.

Referências

- BERGAMIN, F.A. Poluição pelos resíduos de mandioca. *Lavoura e Criação*, São Paulo, v.8, n.53, p.9-10, 1953.
- CEREDA, M.P.; Caracterização dos resíduos da industrialização da mandioca. In: *Resíduos da industrialização da mandioca no Brasil*. São Paulo: Editora Paulicéia, 1994. p. 11-50.
- CETESB. *Guia de coleta e preservação de amostras de água*. São Paulo: Cetesb, 1988
- CETESB. Legislação estadual: Leis, decretos, etc. Controle de poluição ambiental - Estado de São Paulo (atualizado até julho, 1990) - Série Documentos, São Paulo: Cetesb, 1990.
- FIORETTO, R.A.; Uso direto da manipueira em fertirrigação. In: *Resíduos da industrialização da mandioca no Brasil*. São Paulo: Editora Paulicéia, 1994. p.51-80.
- LYNCH, J.M. *Biotechnologia do solo*. São Paulo: Ed. Manole Ltda., 1986.
- PATZA, M.G.B. et al. *Estudo do pós-tratamento dos efluentes de biodigestão tratando vinhoto de mandioca*. Curitiba: Surehma, 1993.
- SOBRINHO, P.A. Autodepuração dos corpos d'água. In: CURSO POLUIÇÃO DAS ÁGUAS, São Paulo, 1975. São Paulo, Cetesb/Abes/BNH, 1975. cap.8, p.6-9 (apostila).
- SILVA, J.R. et al. A agroindústria de farinha de mandioca nos estados de São Paulo e do Paraná, 1995. *Informações Econômicas*, São Paulo, v.26, n. 3, p. 69-83, 1996.

Received on July 04, 2002.

Accepted on September 05, 2002.