



Bioremediação da Manipueira via Processo Biotecnológico

Cintia de Faria Ferreira Carraro^{1,2}, Carla Cristina de Almeida Loures², José Adilson de Castro¹.

¹ Universidade Federal Fluminense (cintia.carraro@cefet-rj.br), (joseadilsoncastro@id.uff.br)

² Centro Federal de Educação Celso Suckow da Fonseca- Campus Angra dos Reis
(cintia.carraro@cefet-rj.br), (carla.loures@cefet-rj.br)

Resumo

Grande parte das agroindústrias gera diariamente resíduos, que devido à toxicidade ou volume gerado merecem atenção especial. As políticas ambientais atuais exigem que os resíduos sejam tratados antes do descarte na natureza, isto aumenta os custos de produção. O setor ambiental busca maneiras de tornar racional o uso dos resíduos gerados. A indústria do amido extraído da mandioca produz uma quantidade significativa de resíduos que podem ser empregados racionalmente, reduzindo o descarte e contribuindo no processo de produção.

O presente estudo visa valorizar o efluente como meio de cultivo para a microalga *Chlorella Minutíssima* que atua na bioremediação a qual torna esse efluente passível de ser descartado no corpo receptor (rios e mares) minimizando assim os impactos ambientais, podendo também atender a legislação vigente para descarte. Para tal foram realizados testes operacionais em um fotobiorreator de baixo custo semi-fechado em escala de bancada para avaliar a tolerância do crescimento celular no efluente em diferentes concentrações sob condições naturais de temperatura e luminosidade. Também foi realizada uma caracterização física química do efluente “in natura” e pós-tratamento.

Palavras-chave: Microalgas, Bioremediação, Efluente.

Área Temática: Águas Residuárias.

Treatment of Manipueira by Biotechnological Process Using Microalgae *Chlorella Minutíssima*

Abstract

*Most agroindustries generate waste on a daily basis, which due to the toxicity or volume generated deserves special attention. Current environmental policies require waste to be treated prior to disposal in the wild, thus increasing production costs. The environmental sector looks for ways to make rational use of waste generated. The starch industry extracted from cassava produces a significant amount of waste that can be rationally used, reducing waste and contributing to the production process. The present study aims to value the effluent as a culture medium for the microalgae *Chlorella Minutíssima* that acts in the bioremediation which makes this effluent discardable in the receiving body (rivers and seas) thus minimizing environmental impacts, and may also comply with the current legislation for discard. In order to evaluate the tolerance of the cell growth in the effluent at different concentrations under natural conditions of temperature and luminosity, we performed operational tests in a low-cost semi-closed bench scale photobioreactor. A chemical physical characterization of the "in natura" and post-treatment effluent was also performed.*



Key words: Congress on the Environment. Articles. Model.

Theme Area: Wastewater

1 Introdução

A mandioca (*monihot esculenta cranz*) é o segundo produto agrícola de maior abrangência nacional, sendo encontrada em todo o território brasileiro, perdendo somente para a cultura do milho (IBGE, 2016).

A conversão da mandioca a farinha ou a fécula dá origem a uma grande massa de resíduos sólidos e líquidos que não são convenientemente destinados ou tratados devido à falta de planos de manejo que considerem o tratamento ou o reaproveitamento destes rejeitos. Consideram-se os resíduos líquidos os mais agressivos ao meio ambiente. (SILVA, 2009)

A inexistência ou má operação de sistemas de tratamento tem levado à deposição da manipueira bruta em corpos d'água ou no solo. (SILVA, 2009)

A manipueira “in natura”, oriunda diretamente da prensagem da raiz de mandioca tem um potencial poluidor de 25 vezes a do esgoto doméstico. A manipueira de fecularia é mais diluída. (BARANA, 2008).

A introdução de compostos poluentes na água, como: matéria orgânica traduzida em demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e demanda química de oxigênio (DQO), carbono orgânico total (TOC), Nitratos, fosfatos, Cianeto, dentre outros, por parte da indústria farinheira, potencializa a necessidade de tratamento desses despejos, minimizando assim os efeitos devastadores, os quais degradam os cursos d'água e prejudicam o meio ambiente e a saúde animal e humana. (BORGHETTI, 2009)

Atualmente as microalgas, que são organismos fotossintéticos microscópicos com elevado potencial de transformação de energia solar em energia química com taxa de crescimento elevada, que se encontram distribuídos tanto em águas doces como em águas salgadas, têm atraído um grande interesse para a mitigação de efluentes gerados em processos industriais (ABDELAZIZ *et al.*, 2013), sendo incluídas como alternativa de matéria-prima para produção de biocombustíveis (WANG e LAN, 2011).

Neste contexto, o objetivo geral este trabalho, foi o estudo do cultivo da microalga marinha *Chlorella Minutíssima* para remediação de águas residuais geradas no processamento da farinha de mandioca bem como a sua caracterização físico-química antes e após tratamento.

2 Revisão Bibliográfica

Del Bianchi (1998) afirma que cada tonelada de mandioca convertida em farinha gera de 0,2m³ a 0,4m³ de manipueira.

A Tabelas 1 apresenta resultados referentes a diversos autores quanto a composição físico-química, carga orgânica (DBO₅ e DQO) e nutrientes do efluente proveniente da etapa de prensagem em casas de farinha e fecularias.

As microalgas

Uma das maneiras de aliar o desenvolvimento econômico com proteção ambiental, devido à crescente demanda industrial e consequente produção elevada de resíduos, é desenvolvendo-se novos produtos, novas alternativas de processos e técnicas eficientes no combate e remediação da poluição.

Desta forma, os processos biológicos tornaram-se uma alternativa interessante no combate à poluição e na geração de novos produtos, uma vez que esses processos utilizam-se do metabolismo microbiano para degradar e remover poluentes. Neste cenário, destaque tem sido dado às microalgas de diversas espécies, as quais tem sido utilizadas em estudos de



tratamento de efluentes e biofixação de metais tóxicos (MEZZOMO et al., 2010), biofixação de CO₂ (MORAIS e COSTA, 2007) e produção de biocombustíveis (XU e MI, 2011) além de possuírem grande aplicabilidade na indústria de alimentos e farmacêutica, nas áreas da biomedicina e ambiental.

Tabela 1 – Composição Físico-química, carga orgânica e nutrientes segundo alguns autores.

	ST (gL ⁻¹)	Ph	Cianeto (gL ⁻¹)	DQO (gL ⁻¹)	DBO ₅ (gL ⁻¹)	DQO/DBO ₅	Fósforo (gL ⁻¹)	Nitrogênio (gL ⁻¹)
CASAS DE FARINHA								
Ribas e Barana (2003)	72	5,6	0,14	130	--	--	0,6	2,24
Aprile et al. (2004)	85	4,0	--	95	40	2,37	0,11	1,58
Limons (2008)	6	5,0	--	32	--	--	0,41	0,35
Silva (2009)	56	4,6	--	65	--	--	0,70	1,73
Araújo et al (2012)	--	4,5	--	141	--	--	0,27	2,05
Santos (2013)	--	4,3	0,68	194	8	24,25	0,37	--
Faixa na Literatura	6,0 - 85,0	4,0 - 5,6	0,14 - 0,68	32 - 194	8 - 40	2,37 - 24,25	0,11 - 0,70	0,35 - 2,24
FECULARIAS								
Melo et al. (2005)	11,91	4,3	0,008	16	8,8	1,80	0,31	0,23
Campos et al. (2006)	4,90	4,3	--	9,5	4	2,37	0,02	0,05
Kuczman et al. (2007)	6,98	6,6	0,013	14	12	1,16	0,04	0,36
Cardoso et al. (2009)	6,02	--	< 0,05	8	6	1,33	0,04	0,17
Sun et al. (2012)	--	4,6	0,002	11	--	--	0,09	0,53
Thanwiset et al. (2012)	14,34	4,5	--	16	8	2,00	--	--
Lied (2012)	7,67	4,8	0,023	2	2	1,00	0,09	0,17
Zempulski et al. (2014)	--	5,7	--	10	--	--	0,02	0,07
Faixa na Literatura	6,98 - 14,34	4,3 - 6,6	0,002 - 0,023	2 - 16	2 - 12	1,00 - 2,37	0,02 - 0,09	0,07 - 0,53

Fonte: adaptado de Barana (2008)

As microalgas

Uma das maneiras de aliar o desenvolvimento econômico com proteção ambiental, devido à crescente demanda industrial e consequente produção elevada de resíduos, é desenvolvendo-se novos produtos, novas alternativas de processos e técnicas eficientes no combate e remediação da poluição.

Desta forma, os processos biológicos tornaram-se uma alternativa interessante no combate à poluição e na geração de novos produtos, uma vez que esses processos utilizam-se do metabolismo microbiano para degradar e remover poluentes. Neste cenário, destaque tem sido dado às microalgas de diversas espécies, as quais tem sido utilizadas em estudos de tratamento de efluentes e biofixação de metais tóxicos (MEZZOMO et al., 2010) produção de biocombustíveis (XU e MI, 2011) além de possuírem grande aplicabilidade na indústria de alimentos e farmacêutica, nas áreas da biomedicina e ambiental.

Em Borghetti (2009), foi investigado o crescimento da microalga *Chlorella Minutíssima* em meio de cultura com diferentes concentrações de manipueira. Com relação à manipueira foram investigadas possíveis utilizações da biomassa produzida, os impactos ambientais provocados, a redução média das concentrações de cianeto (98%), DBO (48%) e DQO (34%) após cultivos com a *Chlorella minutíssima*.

3 Material e Métodos

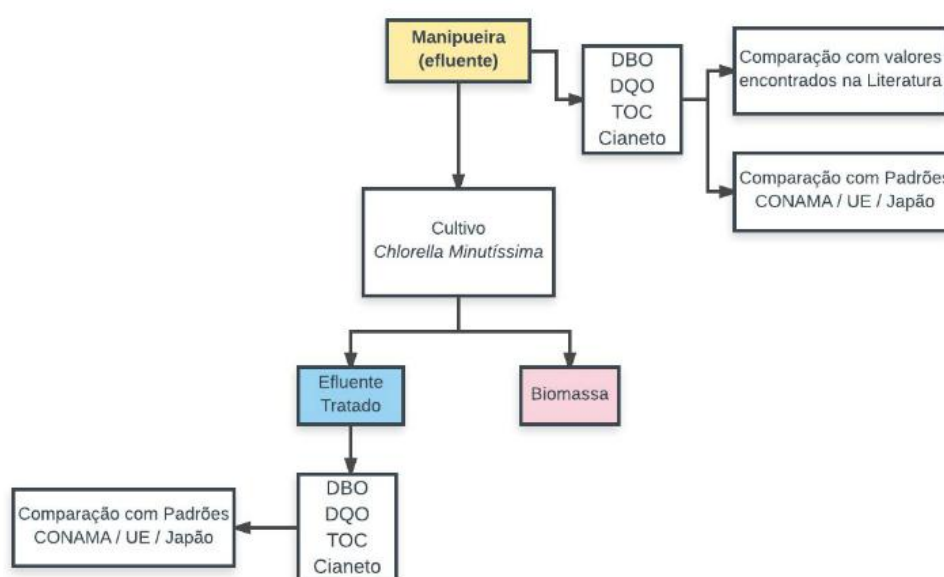


O efluente é oriundo de uma cooperativa de produção de farinha de mandioca localizada na região de Paraty-RJ. Este foi coletado na linha de produção durante a etapa de prensagem. Foram recolhidos 5L do efluente bruto (amostragem única coletada), sendo estes armazenados e estocados em uma câmara fria a - 4 °C.

Neste estudo foi utilizada a linhagem da microalga marinha *Chlorella minutissima*, pertencente ao Banco de Algas da fundação Instituto de pesca do Estado do Rio de Janeiro FIPERJ, gentilmente doada para o desenvolvimento do presente estudo.

O presente estudo foi desenvolvido conforme fluxograma mostrado na Figura 1 procedeu-se a caracterização do efluente in natura, realizou-se a bioremediação e analisou-se a eficiência desse tratamento biológico.

Figura 1 – Metodologia utilizada no estudo



Degradação do Efluente por Tratamento Biológico

O tempo de tratamento adotado foi de quatro dias. A eficiência do processo foi avaliada em termos de redução do teor de sólidos (ST, STF e STV). Para o melhor ensaio foram feitas análises de DQO, DBO, teor de sólidos sedimentáveis, fósforo, nitrogênio e COT. As diluições foram realizadas em duas etapas conforme Tabela 2, a seguir.

Tabela 2 – Diluições microalga x manipueira

Manipueira/ Água (ml)		Manipueira diluída/ Microalgas (ml)	Volume útil de trabalho do reator (ml)	Volume total do reator (ml)
Proporção	Diluição			
2:200	100 x	200 + 30	230	300
4:200	50 x			
6:200	33 x			
10:200	20 x			

Metodologia Analítica

O Quadro 1 demonstra a metodologia analítica utilizada para caracterizar o efluente em *in natura* e após o processo de bioremediação e a referência metodológica utilizada.



Quadro 1 – Referência Metodológica x indicação

Parâmetro	Referência Metodológica	Indicação
Sólidos Totais, Fixos e Voláteis	SM 2540 C – Standard Methods	Partículas presentes na amostra com relação ao tamanho (sólidos dissolvidos) e com relação à natureza química (fixos e voláteis).
Sólidos Sedimentáveis (Cone de Imhoff)	SM 2540 Fa – Standard Methods	Sólidos que sedimentam por ação da gravidade
pH	SM 4500 H – Standard Methods	Condição de acidez, neutralidade ou alcalinidade.
DQO	SM 5220 D – Standard Methods	Medir o conteúdo de matéria orgânica de águas residuárias e águas naturais.
DBO	SM 5210 B – Standard Methods	Medir poluição orgânica.
Fósforo Total	SM 4500 P – Standard Methods	Eutrofização
Nitrogênio	SM 4500 N – Standard Methods	Eutrofização
COT	SM 5310 – Standard Methods	Potencial Poluidor
Cianeto	SM 4500 CN – Standard Methods	Toxicidade

Fonte: próprio autor

4 Resultados e Discussões

A caracterização do efluente proveniente da etapa de prensagem na fabricação de farinha de mandioca foi realizado segundo os aspectos físico-químicos mais relevantes como pH, DQO, DBO₅, fósforo, nitrogênio, COT, sólidos totais, fixos e voláteis, sólidos sedimentáveis, razão DQO/DBO₅ e cianeto.

A Tabela 4 apresenta os resultados da composição físico-química e biodegradabilidade do efluente manipueira *in natura*, em comparação com alguns parâmetros do artigo 34 do CONAMA 357/05 e Nota Técnica 202/R-10 do INEA, padrões de lançamento da União Europeia e Japão e com a faixa de valores encontrada na literatura, estabelecidas conforme Tabela 1.

Tabela 3 – Este Estudo x Fecularias x Casas de Farinha

Parâmetros	Este estudo	Faixa Literatura ⁽¹⁾	Faixa Literatura ⁽²⁾	Padrões de lançamento		
				RJ-Brasil	UE	Japão
ST (g.L ⁻¹)	52,69	6,0-85,0	6,98-14,34	0,5	0,04 (90%)	--
SS (mL. L ⁻¹)	11,00	--	--	1,00	--	--
pH	4,5	4,0-5,6	4,3-6,6	5,0-9,0	--	--
Cianeto	0,003	0,14-0,68	0,002-0,023	0,001	--	0,001
COT	0,001	--	--	0,005	--	--
DQO	57,2	32-194	2-16	--(60%)	0,13 (75%)	0,16
DBO ₅	24,7	8-40	2-12	--(70%)	0,03(70%)	0,16
DQO/DBO ₅	2,3	2,37-24,25	1,00-2,37	--	--	--
Fósforo	0,18	0,11-0,70	0,02-0,09	0,001	0,001(80%)	0,016
Nitrogênio	0,08	0,35-2,24	0,07-0,53	0,010	0,010(70%)	0,120



Valores referentes ao processamento em (1) casas de farinha e (2) fecularias

ST-Sólidos Totais e SS- Sólidos Sedimentáveis

Padrões de Lançamento de Efluentes: Brasil (INEA NT-202.R-10, de 12/12/1986 e CONAMA 357/05) União Européia (91/271/ECC) e Japão (363/1974). (--) Não Especificado.

Ao comparar os resultados da Tabela 4 com a faixa dos valores da literatura pode-se observar que o resultado encontrado nesse estudo está dentro da faixa de valores das casas de farinha e possui valor bastante superior ao valor das fecularias, uma vez que nas fecularias o efluente encontra-se mais diluído e apresenta, portanto menor carga orgânica. Os valores encontrados neste estudo para ST e SS, superam padrões estabelecidos pelas normas nacionais e internacionais, indicando algum tratamento deste efluente antes do descarte. O índice de DQO encontrado supera os padrões de lançamento estabelecidos pelo CONAMA/INEA e pode comprometer a vida marinha caso seja lançado sem um pré-tratamento. Percebe-se, ainda que, o efluente é biodegradável e deve ser tratado por processos biológicos. Quanto ao Fósforo e Nitrogênio, os Padrões de Lançamentos nacionais e internacionais não foram superados.

A fim de reduzir a carga orgânica, enquadrar o efluente nos parâmetros legais e valorizar o efluente foi realizado o tratamento biológico da manipueira. O efluente foi tratado em fotobiorreatores por 4 dias. A eficiência do tratamento biológico foi avaliada pelos índices avaliados no Quadro 1. Na Figura 2 são mostrados os fotobiorreatores, antes e após o tratamento biológico.

Figura 2 - Tratamento biológico – antes (a) e após (b) tratamento biológico



Na Figura 2, fotobiorreatores com coloração turva demonstram ineficiência do tratamento biológico e fotobiorreatores com coloração esverdeada eficiência. Neste caso, as diluições 100x e 50x apresentaram os melhores resultados.

A Tabela 5 apresenta os resultados da composição físico-química da manipueira *in natura*, em comparação com os resultados após a biorremediação e com alguns parâmetros do artigo 34 do CONAMA 357/05 e Nota Técnica 202/R-10 do INEA, padrões de lançamento da União Europeia e Japão.

Tabela 4 – Características físico-químicas da manipueira *in natura* x biorremediação investigada neste estudo e padrões de lançamento para comparação (g L^{-1}).

Parâmetros	in natura	após tratamento	Padrões de lançamento		
			RJ-Brasil	UE	Japão
ST	52,69	12,92	0,5	0,04 (90%)	--
STF	2,73	2,67	--	--	--
STV	49,95	10,25	--	--	--
pH	4,5	--	5,0-9,0	--	--
Cianeto	0,003	$<3,00 \cdot 10^{-5}$	0,001	--	0,001
COT	0,001	--	0,005	--	--
DQO	57,2	40,62	--(60%)	0,13 (75%)	0,16



DBO₅	24,7	--	--(70%)	0,03(70%)	0,16
DQO/DBO₅	2,3	--	--	--	--
Fósforo	0,18	0,02.10 ⁻³	0,001	0,001(80%)	0,016
Nitrogênio	0,08	0,03	0,010	0,010(70%)	0,120

ST-Sólidos Totais, STF-Sólidos Totais Fixos e STV-Sólidos Totais Voláteis.

Padrões de Lançamento de Efluentes: Brasil (INEA NT-202.R-10, de 12/12/1986 e CONAMA 357/05) União Europeia (91/271/ECC) e Japão (363/1974). (--) Não Especificado.

Ao comparar os resultados da biorremediação com os valores in natura do efluente na Tabela 5 pode-se observar que os índices foram melhorados e passaram a se enquadrar aos Padrões de Lançamentos nacionais e internacionais, comprovando a eficiência da biorremediação via microalgas.

5 Conclusões

Em relação à caracterização físico-química do efluente in natura, os parâmetros DBO₅ (24,5 g L⁻¹), DQO (57,2 g L⁻¹), Sólidos Totais (52,69 g L⁻¹), Fósforo (0,18 g L⁻¹) e Nitrogênio (0,08 g L⁻¹) concentrações superiores aos da legislação, demonstrando que o efluente deve ser tratado e adequado para o descarte.

Verificou-se que o grau de recalcitrância da matéria orgânica presente no efluente, com razão DBO₅/DQO 2,3, justifica o tratamento biológico.

Após o tratamento biológico observou-se um percentual de redução de DQO da ordem de 30 %, Sólidos Totais em torno de 75%. Entretanto, apesar da redução, ainda não adequando aos padrões de lançamento de efluentes vigentes, demonstrando a necessidade de um prazo maior no tratamento biológico. Os parâmetros que apresentaram redução, adequando-se aos padrões de lançamento, fósforo e nitrogênio, com percentual de redução 98% e 65% respectivamente, estes foram alterados em virtude do consumo das microalgas em forma de nutrientes. O parâmetro que, in natura, não superou os padrões de lançamentos obteve redução significativa de seus níveis: cianeto (99%).

Referências

ABDELAZIZ, A.E., LEITE, G.B. e HALLENBECK, P.C.; **Addressing the challenges for sustainable production of algal biofuels: I. Algal strains and nutrient supply**; *Environmental Technology*, Vol. 34, Nos. 13–14, 1783-1805 2013.

BARANA, A.C.; BARANA, A C. **Despoluição da manipueira e uso em fertilização do solo**. Simpósio Nacional sobre a Manipueira. Vitória da Conquista-Bahia, 2008.

BORGHETTI, I.A.; **Avaliação do crescimento da microalga *Chlorella minutissima* em meio de cultura com diferentes concentrações de manipueira**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Paraná, 2009.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Padrões de lançamento de efluentes. Resolução n.º 397/2008**.

DEL BIANCHI, V. L. **Balanço de massa e de energia do processamento de farinha de mandioca em uma empresa de médio porte do Estado de São Paulo**. 1998. 118f. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura) —EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Disponível em: <www.embrapa.br>. Acesso em 11 de maio 2017



GADD, G. M. **Fungi and their role in the biosphere.** In *Encyclopedia of Ecology*, pp. 1709–1717. Edited by S. E. Jorgensen & B. Fath. Amsterdam: Elsevier

INEA – Instituto Estadual do Ambiente - **NT-202.R-10 - Critérios e Padrões para Lançamento de Efluentes Líquidos**, de 12 de dezembro de 1986

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Anuário estatístico do Brasil.2016.**

MEZZOMO, N.; SAGGIORATO, A.G.; SIEBERT, R.; TATSCH, P.O.; LAGO, M.C.; HEMKEMEIER, M.; COSTA, J.A.V.; BERTOLIN, T.E.; COLLA, L.M. **Cultivation of microalgae *Spirulina platensis* (*Arthrospira platensis*) from biological treatment of swine wastewater.** *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 30, n. 1, p. 173-178, 2010.

SILVA, J. L. **Desempenho do Reator Anaeróbio Horizontal com Chicanas no tratamento da manipueira em fases separadas e estabilização do pH com conchas de sururu.** Dissertação de Mestrado. Maceió, AL: UFAL, 2009. 99p.

WANG, B.; LAN, C.Q. **Biomass production and nitrogen and phosphorus removal by the green alga *Neochloris oleoabundans* in simulated wastewater and secondary municipal wastewater effluent.** *Bioresource Technology*, v.102, p.5639–5644. 2011.