http://journal.unoeste.br/index.php/ce/index
DOI: 10.5747/ce.2020.v12.n4.e336
ISSN on-line 2178-8332

Colloquium Exactarum

Submetido: 04/08/2020 Revisado: 06/09/2020 Aceito: 17/09/2020

ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DO TRATAMENTO ANAERÓBIO DA MANIPUEIRA

ANALYSIS OF THE EFFICIENCY OF THE ANAEROBIC TREATMENT OF MANIPUEIRA

Danielle Florindo Pereira, Debora Yukie Pereira Ishida, Júlio Kazuya Itimura Omori, Alexandre Teixeira de Souza

Universidade do Oeste Paulista – UNOESTE, Presidente Prudente, SP. E-mail: daniellefloridop@hotmail.com

RESUMO - Nos processos de industrialização de farinha de mandioca (*Manihot esculenta*), há a geração de um efluente denominado manipueira, que necessita de tratamento antes de ser lançado no corpo hídrico. O objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência da degradação do efluente por um reator anaeróbio, utilizando-se como substrato, manipueira de uma indústria produtora de farinha, e, como inóculo, dois lodos distintos, um oriundo de um reator anaeróbio de fluxo ascendente (RAFA) de estação de tratamento de esgoto doméstico, e outro do sistema de lodos ativados do tratamento de efluentes de uma indústria produtora de grãos. A eficiência do processo foi avaliada pelos parâmetros físico-químicos: DQO, DBO, sólidos totais (ST), sólidos totais voláteis (STV), sólidos totais fixos (STF), pH, turbidez e cianeto. Durante todo o tratamento houve uma remoção significativa de Cianeto no efluente, ou seja, um dos grandes problemas do efluente pode ser resolvido de maneira eficaz via tratamento anaeróbio.
Palavras-chave: Manipueira; *Manihot esculenta*; Cianeto; Reator anaeróbio; Tratamento anaeróbio.

ABSTRACT - In the processes of industrialization of cassava flour (Minihot esculenta), there is the generation of an effluent called manipueira, which requires treatment before being released into the water body. The objective of this work was to evaluate the efficiency of effluent degradation by an anaerobic reactor, using as substrate, manipueira of a flour producing industry, and, as inoculum, two distinct sludges, one from an anaerobic reactor of ascending flow (RAFA) of domestic sewage treatment plant, and another from the activated sludge system of effluent treatment of a grain producing industry. The efficiency of the process was evaluated by the physicochemical parameters: COD, BOD, total solids (TS), total volatile solids (STV), fixed total solids (STF), pH, turbidity and cyanide. Throughout the treatment there was a significant removal of Cyanide in the effluent, that is, one of the major problems of the effluent can be solved effectively via anaerobic treatment.
Keywords: Manipueira; *Manihot esculenta*; Cyanide; Anaerobic reactor; Anaerobic treatment.

1. INTRODUÇÃO

A mandioca (*Manihot esculenta Crantz*), pertencente à família Euforbiaceae, é uma raiz que armazena fécula de grande importância no setor alimentício. De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2018), a produção brasileira de raiz de mandioca no mês de abril de 2018 foi de 20,6 milhões de toneladas, cultivada numa área de 1,4 milhões de hectares. Na comparação com a estimativa de 2017, a produção foi 1,4% inferior em quantidade produzida.

Nas regiões norte e nordeste do Brasil, são muito comuns a sua comercialização e seu uso, tanto in natura quanto congelado, sendo que, em alguns casos (fecularias e farinheiras), utilizam-se apenas a sua fécula, a qual possui diversas variedades. Essa raiz serve também como alimentação animal em forma de silagem, feno ou mesmo frescas (CARDOSO et al., 2006).

Nos processos de industrialização da mandioca, para fins de obtenção de farinha ou fécula, são gerados tanto resíduos sólidos, como partes lenhosas e deterioradas das raízes, crueira, porções fibrosas retidas em peneiras e bagaços, como resíduos líquidos, oriundos da água de lavagem das raízes e a manipueira (FERNANDES JÚNIOR; CEREDA, 1996). Dentre esses resíduos, destaca-se a manipueira, líquido resultante da prensagem da massa ralada, utilizada para a produção de farinha, e do processo de extração e purificação da fécula (TAKAHASHI, 1987).

A manipueira, que significa, em tupi guarani, água que brota da mandioca, é proveniente da prensagem da mandioca para a produção de farinhas dos mais diversos tipos. Ela pode ser aplicada a diversas finalidades, como transformação em energia, fonte de calor, alimentação animal, fertirrigação, inseticida, nematicida e substrato para micro-organismos, como reportado por Wosiacki (2002).

Há dois tipos de mandiocas, sendo chamadas de mandioca brava e mandioca mansa. Há técnicas que são utilizadas para essa diferenciação, sendo uma delas pela degustação (a brava é amarga e a mansa é doce) (LORENZI et al., 1993); porém esse método não é eficiente, sendo importantíssima a sua classificação, entre brava e mansa, para diferenciar seus usos e comercializações, segundo Borges et al. (2002).

Entretanto, ambas as mandiocas, brava e mansa, apresentam ácido cianídrico (HCN) em sua composição, diferenciando-se apenas pela sua concentração, o qual deve ser removido antes da comercialização. Cagnon et al. (2002) diz que o teor de HCN tem origem na degradação da ruptura celular da raiz que, por sua vez, quando entra em contato com certas enzimas, produzindo linamarina e lotaustralina. O HCN é altamente tóxico para o ser humano e o meio ambiente, podendo causar mortes de humanos e animais que o ingerem, por intoxicação e asfixia, devido ao HCN entrar na célula, bloqueando a cadeia respiratória (FIORETTO, 1987). A liberação deste cianogênico se dá pela dilaceração da mandioca, neste momento, o tecido vegetal se rompe e a linamarina é hidrolisada por enzimas β-glicosidase, a qual é separada do glicosídeo do tecido.

Segundo Mattos et al. (2002), a farinha pode ser produzida com mandiocas mansas (menos de 50 mg de HCN/kg de raiz fresca sem casca) ou bravas (acima de 100 mg de HCN/kg de raiz fresca sem casca).

No entanto, este efluente resultante é altamente tóxico para qualquer ser vivo, pois age diretamente nas células nervosas, inibindo a presença de oxigênio e podendo causar doenças e até morte por asfixia, tanto seres humanos, quanto animais aquáticos (BRANCO, 1979; JUBB; HUXTABLE, 1993; FIORETTO, 1987; CEREDA, 2002). Além disso, a manipueira possui alta carga orgânica, que o impede de ser descartado sem tratamento no corpo hídrico receptor. A cada tonelada de mandioca, são produzidos cerca de 300 litros de manipueira, equivalente à poluição ocasionada por 200 a 300 habitantes, segundo Hess (1962).

Dessa forma, a manipueira necessita de tratamento adequado antes de ser descartado no ambiente, devido, principalmente, à sua alta concentração de HCN e de matéria orgânica, que pode causar eutrofização dos rios, devido ao excesso de nutrientes, e afetar a qualidade do corpo hídrico receptor e os animais que vivem nesse habitat. Estes compostos, se lançados em córregos ou rios, estes não suportariam tal carga e sua autodepuração não seria o suficiente. Além disso, a presença de cianeto pode causar contaminações de solo por lixiviação ou por resíduos sólidos mesmo segundo Meeussen et al. (1995).

As indústrias usam, como formas de tratamentos, a degradação natural, ou seja, uso da hidrólise de cianeto livre e complexado; volatilização de HCN; foto-decomposição (UV); precipitação de compostos insolúveis; e ação microbiana local, a qual demanda tempo e,

consequentemente, uma forma de armazenamento eficiente e duradouro (PANTAROTO; CEREDA, 2000). No entanto, a busca por técnicas de tratamento desse efluente, para enquadrá-lo na legislação ambiental, tem sido constante.

De acordo com Oliveira (2007), esse efluente, geralmente não se enquadra nos limites da Resolução CONAMA n° 430/11 (BRASIL, 2011 a) por apresentar excesso de nutrientes, nitrogênio, fosforo e matéria orgânica, além de substâncias tóxicas, como fenóis e cianeto.

Uma das técnicas de tratamento de manipueira é por digestão anaeróbia. O reator anaeróbio consiste na biodigestão dos compostos orgânicos sem oxigênio, sendo utilizado para tratar, com eficiência, diversos efluentes, a um baixo custo de construção, manutenção e operação e, em alguns casos, produz biogás, que pode ser utilizado como fonte de energia (VON SPERLING, 1996; CHERNICHARO, 1997).

Esse sistema ocorre naturalmente em duas fases, acidogênica e metanogênica. Isso acelera a estabilidade da carga orgânica e, assim, a degradação dos poluentes, em um reator de volume pequeno, pois reduz a duplicação excessiva das bactérias. Outra vantagem do reator anaeróbio é eficiência nas variações das cargas orgânicas do efluente, permitindo a aplicação de cargas constantes no segundo estágio de degradação (metanogênico) (HAANDEL; LETTINGA, 1994; GERARDI, 2003; BOUALLAGUI et al., 2004).

As duas fases, acidogênica e metanogênica, ocorrem naturalmente e sequencialmente, sendo diferenciadas e controladas pela medição de pH e da estabilização deste. Os microrganismos, contidos no próprio efluente e no inóculo, utilizam o carbono como fonte de energia para produção de gás carbônico, metano e água e, de tempos em tempos, a biomassa tem que ser removida por sedimentação (CONNEL, 1997). Essa biomassa (lodo) contém microrganismos ativos que podem ser utilizados como inóculo no tratamento anaeróbio de outros efluentes, dependendo da sua composição.

Diante das características poluentes da manipueira e da necessidade de seu tratamento, este trabalho apresentou uma proposta de pesquisa a ser realizada para avaliar a eficiência do processo de degradação anaeróbia na despoluição da manipueira, oriunda de uma indústria produtora de farinha de mandioca do Oeste Paulista, utilizando, como inóculo, lodos gerados em um sistema anaeróbio (UASB) e em um reator aeróbio (lodos ativados).

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Substrato

A manipueira (substrato) a ser utilizada neste estudo é um resíduo líquido proveniente de uma indústria de fabricação de farinhas, localizada no oeste do estado de São Paulo. Nesta indústria, são produzidos diversos tipos de farinha torrada, amarela e normal. A geração de efluentes é dependente do produto e da sua quantidade produzida, o qual passa por tratamento físico- químico e biológico para posterior lançamento em corpo hídrico receptor. A primeira foi coletada na entrada da estação de tratamento de efluentes (ETE) do local, ou seja, a manipueira bruta (MB), gerada nos processos de produção. A segunda amostra foi coletada no final da ETE do local, a qual foi nomeada de manipueira pré-tratada (MPT). Ambas as amostras são apresentadas na Figura 01.

Figura 1. (a) Manipueira bruta (b) Manipueria pré-tratada por processo convencional.



Fonte: Os autores

Para ambas as manipueira estudadas, MB e MPT, foram utilizados os seus sobrenadantes, conforme os procedimentos recomendados por Tavares et al. (1997), Oliveira (2007) e Pinto (2013). Os efluentes coletados foram deixados em repouso por duas horas para a decantação de areia, do amido residual e de outros materiais indesejáveis, fazendo-se permanecer no efluente apenas a matéria orgânica em suspensão e solubilizada.

2.2. Inóculo

Foram utilizados como inóculo dois lodos distintos para comparar a eficiência de ambos. Um lodo foi proveniente de um reator anaeróbio de fluxo ascendente (RAFA) do tratamento de esgotos (lodo anaeróbio), fornecido pela Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (Sabesp). O segundo inóculo foi proveniente do sistema de lodos ativados de uma indústria produtora de grãos, farelos, óleo vegetal e biodiesel, localizada no Oeste Paulista (lodo aeróbio). Ambos os lodos podem ser visualizados na Figura 02.

Figura 2. Lodos anaeróbio (Esgoto) e aeróbio (Grãos) utilizados como inóculos.



Fonte: Os autores

Para caracterização dos diferentes inóculos, foram analisadas as suas concentrações de sólidos totais, fixos e voláteis. Após a coleta, os lodos foram deixados em repouso por duas horas para a separação dos materiais sólido e líquido. O líquido sobrenadante de cada um deles foi descartado e o sólido resultante foi utilizado como inóculo.

2.3. Aclimatação do inóculo

Os dois lodos, aeróbio e anaeróbio, utilizados como inóculos, foram aclimatados ao efluente, antes de iniciar o processo de digestão anaeróbia, para que as bactérias presentes nos mesmos se ambientassem à manipueira. Cada biorreator foi inoculado com 10% de lodo, em relação ao volume de efluente (% v/v). Os processos de reação anaeróbia, com os diferentes inóculos, ocorreram em reatores distintos, mas de forma simultânea. Inicialmente, 100 ml de cada lodo foram colocados em contato com 1,0 L de manipueira (bruta ou pré-tratada), diluída a 10%, a fim de permitir a ambientação do lodo aos efluentes. O monitoramento dessa etapa ocorreu pela medição diária do valor de pH dos efluentes. Após a estabilização do sistema (valor de pH constante), os efluentes (manipueira bruta e pré-tratada) na concentração de 10% foram descartados e os lodos foram submetidos à manipueira na concentração de 25%.

2.4. Reator anaeróbio

Os biorreatores foram operados em batelada e constituídos de frascos de material plástico (polipropileno), com volume útil de dois litros, totalmente vedado, possuindo um orifício, o qual era aberto apenas para a coleta de amostras (Figura 03).

Figura 3. Reatores com os efluentes (manipueiras bruta e pré-tratada) e os inóculos (lodo aeróbio e lodo anaeróbio).



Fonte: Os autores

Após a aclimatação dos inóculos aos substratos na concentração de 10%, os lodos foram inseridos, separadamente, no reator e juntamente com a manipueira bruta e pré-tratada, ambas na concentração de 25%, e mantidos sob temperatura ambiente. O controle do sistema, para os dois diferentes lodos, foi realizado pela medida do valor de pH e da concentração de DQO do efluente, a cada três dias, a fim de monitorar a remoção de matéria orgânica durante a biodegradação.

2.5. Determinação analítica

Tanto as manipueira bruta (MB) e pré-tratada pela própria empresa (MPT), assim como o efluente obtido após o processo de tratamento anaeróbio aqui investigados, foram caracterizados por meio dos parâmetros físico-químicos de pH, cor aparente, turbidez, demanda química de oxigênio (DQO), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), fósforo total (P), condutividade elétrica (CE), sólidos totais (ST), sólidos totais voláteis (STV), sólidos totais fixos

(STF), sólidos dissolvidos totais (SDT), salinidade, oxigêniodissolvido (OD), nitrogênio amoniacal total (NAT), nitrito (N-NO2-), nitrato (N-NO3-) e cianeto total, os quais são parâmetros de grande importância, tanto para a caracterização, quanto para o lançamento deste efluente.

O pH foi obtido por potenciometria, em pH-metro de marca Hightmed e modelo HMMP-210. A turbidez foi analisada por nefelometria, em turbidímeto portátil Hanna HI93703C, de acordo com os procedimentos recomendados pelo fabricante. A determinação da cor aparente e do P ocorreram por colorimetria em fotômetro multiparâmetro Hanna HI83206.

O NAT foi determinado utilizando o método do eletrodo seletivo de íon amônia, utilizando um medidor multiparâmetro Thermo Scientific Orion ISE 4- Star. O N-NO3- e o N-NO2- foram quantificados pelos métodos de redução por cádmio a 500 nm e sulfato ferroso (Hach Company, 1996) a 585 nm, respectivamente, utilizando um espectrofotômetro Hach DR/2010.

A DBO foi determinada pelo método respirométrico, utilizando um sistema BODTrakTM II (Hach Company) e sendo incubadas a 5 dias por 20 ± 1 °C. Para a determinação da DQO foi utilizada a técnica de colorimetria (método 5220 D) com digestão a 150 °C por 2 h e leitura a 600 nm em espectrofotômetro Hach DR-2010 e a quantificação das concentrações de ST, STV e STF ocorreram por gravimetria (métodos 2540 B e 2540 E), ambos segundo o Standard Methods for Examination of Water and Wastewater (AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, 1998).

Os parâmetros de CE, OD, SDT e salinidade foram medidos por potenciomentria, utilizando um medidor multiparâmetro Hanna HI 9828. O cianeto foi determinado por fotometria, em fotômetro Merck Nova 60 Spectroquant® (método 114561), no de Laboratório de Saneamento da Universidade Estadual de Maringá sendo que a concentração de cianeto total (CN) obtida foi correspondente aos cianetos livres (CN- e HCN) e de ligações fracas a moderadas.

3. RESULTADOS

Após a aclimatação dos inóculos às manipueiras bruta (MB) e pré- tratada (MPT) na concentração de 10%, os mesmos (lodo de esgoto e lodo grãos) foram colocados em contato com os respectivos efluentes, à concentração de 25%, para início do processo de digestão anaeróbia. Durante essa etapa, os efluentes MB e MPT tiveram seus valores de pH e de DQO monitorados continuamente.

Observou-se que ambas as manipueira não atingiram a estabilização da matéria orgânica. No entanto, as concentrações de DQO para a MPT estavam se mantendo constantes e, para a MB, a queda foi significativa, aos 25 dias de experimento. Dessa forma, a fase metanogênica foi atingida aos 25 dias de digestão e, devido a isso, as MB e MPT foram caracterizadas novamente, para avaliar a eficiência de degradação do processo. As concentrações desses parâmetros são apresentadas na Tabela 01.

Tabela 1. Parâmetros físico-químicos da MB e MPT, nas concentrações de 25%, após digestão anaeróbia por 25 dias.

Parâmetro	Efluente				Limite para lançamento[1]
	MB-E-25%	MB-G-25%	MPT-E-25%	MPT-G-25%	
pH	5,0	7,5	7,22	7,15	5,0 – 9,0[a]
CE (µS cm^{-1})	2007	1938	370	986	-
Turbidez (UNT)	166	187	4,5	11,6	100[b]
Cor aparente (uC)	462	546	234	413	-
Cianeto (mg CN L^{-1})	0,27	0,01	< 0,01	< 0,01	1,0[a]
DQO (mg O_2 L^{-1})	2553	1278	109	184	-
DBO (mg O_2 L^{-1})	1000	733	102	31	5,0[b]
NAT (mg N-NH_3 L^{-1})	175	122	31	55	20[a]
Nitrito (mg N-NO_2 L^{-1})	30	20	10	10	1,0[b]
Nitrato (mg N-NO_3 L^{-1})	1,7	47,7	8,7	2,7	10[b]
ST (mg L^{-1})	2978	3204	3941	4723	-
STV (mg L^{-1})	1951	1753	3481	2852	-
STF (mg L^{-1})	1026	1451	460	1870	-
Temperatura (°C)	26,2	24,0	25,7	25,4	< 40
Salinidade (mg L^{-1})	1,08	0,98	0,15	0,48	-
OD (mg O_2 L^{-1})	0,30	0,45	6,19	3,42	> 0,5[b]

Fonte: Os autores

Conforme a Tabela 01 é possível observar que, dentre os inóculos avaliados para a MB, com exceção aos sólidos, cor e turbidez, o lodo de grãos se apresentou mais eficiente na despoluição do lixiviado, inclusive para a redução do cianeto. O mesmo comportamento foi observado pela MPT, com o lodo de grãos. No entanto, foi verificado aumento de NAT nessa amostra (MPT- grãos), o que pode ser explicado pela degradação parcial de compostos nitrogenados do efluente, os quais não se converteram a N2, no tempo de processo avaliado.

4.DISCUSSÃO

A partir das características das manipueiras MB e MPT após 25 dias de biodigestão anaeróbia, é possível observar que houve melhoria em ambos os efluentes, para ambos os inóculos, o que evidencia que o processo apresenta grande potencial para a degradação desse efluente. A MPT submetida ao lodo da indústria de grãos apresentou uma boa qualidade final, não estando em conformidade com a legislação ambiental, apenas os parâmetros de DBO, NAT e nitrito. Considerando que este último é uma forma nitrogenada bastante instável, o mesmo apresenta menor importância. Já as concentrações de DBO e NAT poderiam ser mais bem reduzidas com maior tempo de processo de digestão.

5. CONCLUSÃO

Durante todo o tratamento biológico anaeróbio no qual foi utilizado lodos ativados pode-se verificar uma remoção significativa de cianeto no efluente, de 1,59 mg L-1 à<0,01 mg L-1, ou seja, um dos grandes problemas do efluente pode ser resolvido de maneira eficaz via tratamento anaeróbio. A redução da DQO também foi significativa com o lodo de Grãos na manipueira bruta (MB-G-25%). O problema do efluente também é a alta salinidade e baixo valor de pH o que causa corrosão nas tubulações e com o processo os valores de pH e salinidade foram

corrigidos de uma forma a não oferecer riscos a tubulação.

Para continuação da pesquisa sugere-se o teste com outros tipos de lodos para verificar sua eficiência. Neste trabalho pode-se concluir que diferentes tipos de inóculos oferecem diferentes tipos de remoções de parâmetros e eficiência, como por exemplo, os valores da Turbidez na MPT-E- 25% que foi de 4,25 UNT enquanto que com o MPT-G-25% foi de 11,6 UNT.

Portanto, ao tratar o efluente tem que ser levado em consideração os parâmetros físico-químicos do efluente, pois para cada inóculo a remoção de alguns elementos orgânicos e inorgânicos é diferente. Porém uma a remoção de NAT não foi eficiente neste tratamento, pois houve uma produção de NAT, isso se deve ao processo de digestão anaeróbio que durante a digestão pode produzir elementos nitrogenados aparecendo de modo mais expressivo no MB-G-25% que houve um aumento de 24 mg N-NH3 L-1.

REFERÊNCIAS

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION - APHA. **Standard Methods for Examination of Water and Wastewater.** 20. ed. Washington: APHA, 2005.

BORGES, M. de F.; FUKUDA, W. M. G.; ROSSETTI, A. G. Avaliação de variedades de mandioca para consumo humano**. Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, p. 1559-1565, 2002. https://doi.org/10.1590/S0100-204X2002001100006

BOUALLAGUI, H.; TORRIJOS, M.; GODON, J. J.; MOLETTA, R. Two-phases anaerobic digestion of fruit and vegetables wastes: bioreactors performance. **Biochemichal Engineering Journal**, Rickmanswort, v. 39, n. 21, p.193-197, 2004. https://doi.org/10.1016/j.bej.2004.05.001

BRANCO, S. M**.** Investigation on biological stabilization of toxic wastes from manioc processing**. Prog. Wat. Tecnhol**. v. 11, p. 51-54, 1979.

BRASIL. Instrução Normativa Mapa 25/2011, de 8 de novembro de 2011. Estabelecer o Regulamento Técnico da Farinha de Mandioca. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 8 novembros. 2011. Disponível em: Acesso em: 06/ 09/ 2015.

CAGNON, J. R.; CEREDA, M. P.; PANTAROTTO, S. 2002. Glicosídeos cianogênicos da cassava: biossíntese, distribuição, destoxificação e métodos de dosagem, p. 83-99. *In*: CEREDA, M. P. (Coord.). **Cultura de tuberosas amiláceas latino-americanas**, v. 2 São Paulo: Fundação Cargill, 2002.

CARDOSO, C. E. L., SOUZA, J. S., GAMEIRO, A. H. (2006). Aspectos econômicos e mercado. In Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Aspectos socioeconômicos e agronômicos da mandioca, cap. 2, p. 41-70. Cruz das Almas, BA: EMBRAPA Mandioca e Fruticultura Tropical.

CHERNICHARO, C. A. L**. Reatores anaeróbios.** 2. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG. 1997. 380 p.

CEREDA, M. P**. Linamarina e sua decomposição no ambiente.** In: CEREDA, M.P. (Coord.). **Manejo, uso e tratamento de subprodutos da industrialização da mandioca.** São Paulo: Fundação Cargill, p.38-47, 2002. (Série culturas de tuberosas amiláceas latino americanas)

CEREDA, M.P. et al. **Tratamiento anaeróbio en dos fases de suspensiones amiláceas I-Fase acidogênica.** Rev. Agroquim. Tecnol. Aliment. v. 26, p. 101- 108, 1996.

CONNEL, D. W**. Environmental transformation and degration processes.** In: BASIC concepts of environmental chemistry. Nova York: Lewis, 1997.p. 45-76.

FERNANDES JÚNIOR, A.; CEREDA, M. P. **Influência do tempo de retenção hidráulica (TRH) sobre a fase acidogênica da digestão anaeróbia de manipueira.** Energia na Agricultura, Botucatu, v. 11, n. 3, p. 1-7, 1996.

FIORETTO, R. A. **Efeito da manipueira aplicada em solo cultivado com mandioca (Manihot esculenta, Crantz).** 1987. 112f. Tese (Mestrado em Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1987.

GERARDI, M. H. **The microbiology of anaerobic digesters.** Chichester: John Wiley, 2003. 165 p. https://doi.org/10.1002/0471468967

HAANDEL, A. C. e LETTINGA, G. **Tratamento anaeróbio de esgotos: um manual para regiões de clima quente**, Campina Grande - Paraíba, 240 p. Epgraf, 1994.

HESS, M. L. **Tratamento de despejos de fecularias de mandioca por oxidação biológica.** Revista D.A.E., v. 23, n. 46, p. 29-25, 1962.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE) (2018).
Em janeiro, IBGE prevê safra 6,0% inferior à de 2017. Estatísticas econômicas, 2018. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de- imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/19942-em-janeiro-ibge-preve-safra-6-0-inferior-a-de-2017>. Acesso em: 28 set. 2018.

JUBB, K. V. F.; HUXTABLE, C. R. **The nervous system.** In: JUBB, K. V. F., KENNEDY, P. C.; PALMER, N. (Ed.) Pathology of domestic animals, v.1, 4. ed. San Diego: Academic Press, 1993. https://doi.org/10.1016/B978-0-08-057133-1.50011-4

LORENZI, J. O.; RAMOS, M. T. B.; MONTEIRO, D. A.; VALLE, T. L.; GODOY

JÚNIOR, G. **Teor de ácido cianídrico em variedades de mandioca cultivadas em quintais do Estado de São Paulo.** Bragantia, v. 52, p. 1-5, 1993. https://doi.org/10.1590/S0006-87051993000100001

MATTOS, P. L. P. de; GOMES, J. de C.; FARIAS, A.R.N; FUKUDA, C. 2002. **Cultivo da mandioca nas regiões norte e nordeste do Brasil,** p. 274-301. In: Cereda, M.P. (Coord.). Cultura de tuberosas amiláceas latino-americanas. v. 2. Fundação Cargill, São Paulo, São Paulo. (http://www.abam.com.br/livroscargil/). Acesso em: 01 out. 2018.

MEEUSSEN, J. C. L., VAN RIEMSDIJK, W. H., VAN DER ZEE, S. E. A. T. M. **Transport of complexed cyanide in soil.** Geoderma, v. 67, p. 73-85, 1995. https://doi.org/10.1016/0016-7061(94)00061-E

OLIVEIRA, K.R.F. **Processos ecotecnológicos no tratamento de efluentes líquidos de feculária. 2007.** Dissertação (Mestrado em Tecnologias Ambientais) Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande-MG.

PANTAROTO, S.; CEREDA, M. P. **Linamarina e sua decomposição no ambiente.** In: CEREDA, M. P. (Coord.). Manejo, uso e tratamento de subprodutos da industrialização da mandioca, v. 4. São Paulo: Fundação Cargill, p. 38-47, 2000. (Série culturas de tuberosas amiláceas latino americanas).

PINTO, P. H. M. **Tratamento de manipueira de feculária utilizando processos oxidativos com peróxido de hidrogênio, ozônio e radiação ultravioleta.** 142f.

Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista Julio De Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, 2013.

TAKAHASHI, M. **Aproveitamento da manipueira e de resíduos do processamento da mandioca.** Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 13, n. 145, p. 83-7, 1987.

TAVARES, C. R. G.; SAMPAIO, B. M. L.; GARCIA, F. L. M.; MARQUES, F. L. **Tratamento de efluentes do processamento da mandioca em processo anaeróbio com separação de fases.** Revista Unimar, v. 19, n. 4, p. 1099-1111, 1997

VON SPERLING, M. **Princípios básicos do tratamento de esgoto.** v. 2. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG. Belo Horizonte: UFMG. 1996. 211p.

WOSIACKI, G.; CEREDA, M.P. **Valorização de resíduos do processamento de mandioca.** Publicado UEPG. Ciências Exatas e da Terra, Ciências Agrárias e Engenharia, Ponta Grossa, v.8, n.1, p.27-43, 2002.