

# AVALIAÇÃO DA PRODUÇÃO DE BIOGÁS E REDUÇÃO DE DBO<sub>5</sub> ATRAVÉS DO TRATAMENTO DE MANIPUEIRA EM REATOR UASB

**Millane Barbosa dos SANTOS (1) Renato Menezes Barbosa de MIRANDA (2)  
Luiz Guilherme Abreu de Paula(3) Arestides Roberto Cavalcante Toledo(4) Vicente Rodolfo Santos Cezar(5)**

(1) Instituto Federal de Alagoas, Campus Marechal Deodoro – AL, Rua Lourival Alfredo,176, Bairro Poeira, Marechal Deodoro – AL, email: [millanebsantos@gmail.com](mailto:millanebsantos@gmail.com)

(2) Instituto Federal de Alagoas, Campus Marechal Deodoro – AL, Rua Lourival Alfredo,176, Bairro Poeira, Marechal Deodoro – AL, email: [mirandarmb@gmail.com](mailto:mirandarmb@gmail.com)

(3) Instituto Federal de Alagoas, Campus Marechal Deodoro – AL, Rua Lourival Alfredo,176, Bairro Poeira, Marechal Deodoro – AL, email: [luizguilhermeacm@hotmail.com](mailto:luizguilhermeacm@hotmail.com)

(4) Instituto Federal de Alagoas, Campus Marechal Deodoro – AL, Rua Lourival Alfredo,176, Bairro Poeira, Marechal Deodoro – AL, email: [arestidesroberto@ig.com.br](mailto:arestidesroberto@ig.com.br)

(5) Instituto Federal de Alagoas, Campus Marechal Deodoro – AL, Rua Lourival Alfredo,176, Bairro Poeira, Marechal Deodoro – AL, email: [vrscezar@gmail.com](mailto:vrscezar@gmail.com)

## RESUMO

A manipueira é um resíduo potencialmente poluidor que é lançada de maneira irregular em lagoas de descarte nas casas de farinha. Nesse contexto, com intuito de sanar os problemas ambientais ocasionados pela manipueira, esse trabalho tem como objetivo principal estudar o uso de biodigestores de fases separadas no tratamento da manipueira, no qual foi avaliado a produção de biogás proveniente do tratamento e a eficiência do biodigestor em remoção de DBO<sub>5</sub>. Para obter os resultados esperados foi construído no Instituto Federal de Alagoas – Campus de Marechal Deodoro um reator anaeróbio de fluxo ascendente com fases separadas, com tubos de PVC abastecido com a carga de 25% de manipueira diluída em água. No término do experimento foi concluído que há a necessidade de corrigir do pH do efluente; que a produção de biogás obteve valores satisfatórios e; que houve a remoção de 57,68% de DBO<sub>5</sub> do efluente tratado.

**Palavras-chave:** Biogás, produção de farinha de mandioca, resíduo orgânico.

## 1 INTRODUÇÃO

Em Alagoas, a cultura de mandioca é a segunda maior produção agrícola do estado, sendo fundamental para os programas de agricultura familiar. A produção da farinha é responsável pela subsistência de aproximadamente 25 mil famílias, cuja economia doméstica está ligada em toda a cadeia produtiva em torno de 600 casas de farinha instaladas em uma região de quase 20 mil hectares de cultivo da raiz (SEBRAE, 2006).

Os resíduos das casas de farinha, em especial a manipueira, são descartados de forma inadequada, gerando impactos ambientais negativos. Segundo Fioretto et al. (2001), a cada 3 quilos de massa ralada prensada é gerado 1 litro de manipueira e 1 tonelada/dia do resíduo causa uma poluição equivalente a uma população de 230 a 300 habitantes/dia.

De acordo com Patino (2003), as casas de farinha de mandioca do Brasil foram afetadas pelas mudanças na economia e enfrentam atualmente mercados muito competitivos. Na tentativa de diminuir os custos da produção e com o intuito de solucionar os problemas do tratamento da manipueira e a demanda energética, a autora Barana (2000) indica o uso de biodigestores anaeróbios, em função da produção de metano a partir do tratamento desse resíduo.

Segundo Cabello (2009), o emprego do processo biológico anaeróbico oferece várias vantagens em comparação com o aeróbio, podendo ser: o menor consumo de energia; a necessidade de menor área para implantação do sistema e; a potencialidade de uso do biogás como combustível. Com base nessas informações, foi construído no Instituto Federal de Alagoas um reator anaeróbio de fluxo ascendente de fases separadas (acidogênica e metanogênica), com tubos de PVC (Poli Cloreto de Vinila).

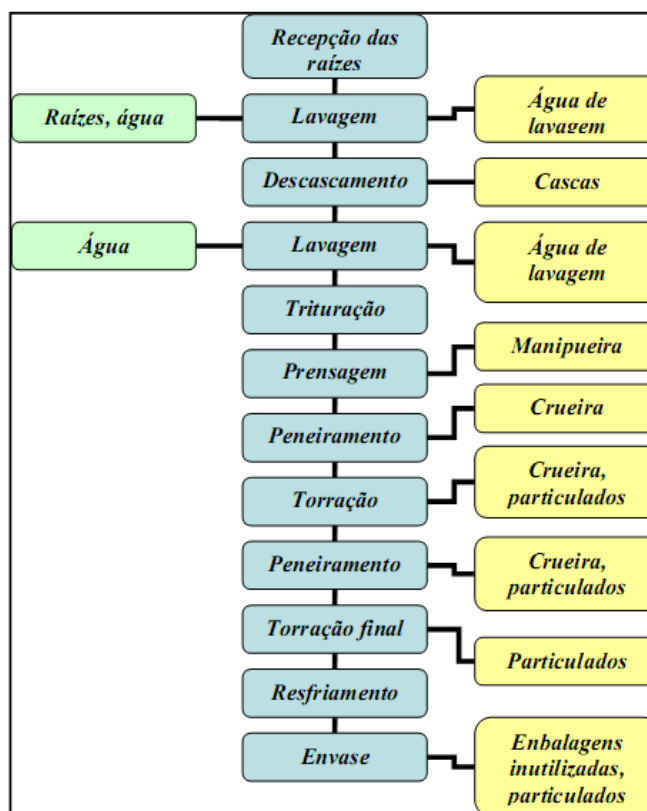
O experimento obteve resultados que auxiliarão na preservação do ambiente e na redução do consumo de lenha.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### Industrialização da mandioca no Estado de Alagoas

Em Alagoas, durante a década de 1990, o setor industrial de casa de farinhas obteve apoio governamental para o fortalecimento da atividade no Estado, quando foram reformadas e construídas aproximadamente 450 casas de farinha em 14 municípios no entorno de Arapiraca (SEBRAE, 2006). O objetivo seria o aquecimento dos negócios na região a partir dessa iniciativa. Entretanto, essa idealização se deparou com as necessidades de insumos para essa produção, técnica de cultivo e treinamento para os agricultores familiares, uma vez que houve a extinção da Empresa Estadual de Assistênica Técnica .

O fluxograma abaixo ilustra o funcionamento do beneficiamento de mandioca, bem como os resíduos gerados durante a produção de farinha.



Fonte: SEBRAE, 2006.

**Figura 1: Fluxograma do processo de beneficiamento de raízes de mandioca**

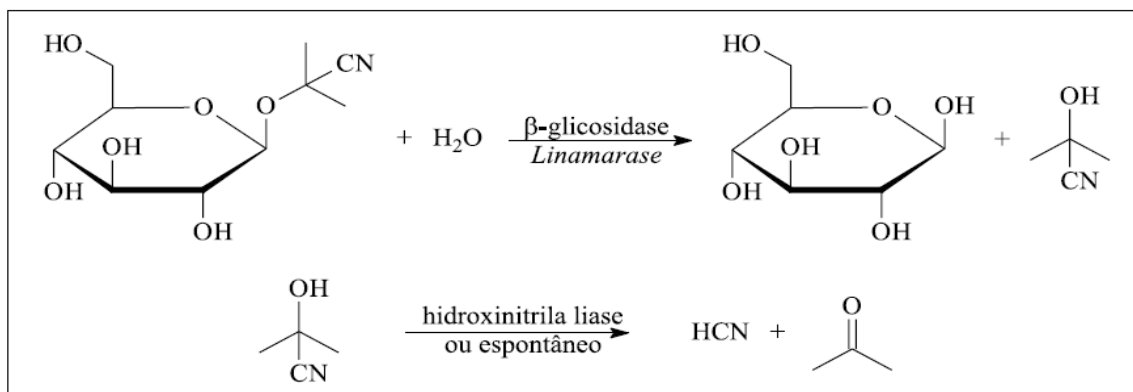
Segundo Cardoso et al. (2006), no processo de fabricação da farinha de mandioca estão envolvidos aspectos que não podem ser avaliados de forma eficiente para todos os produtores.

Um dos problemas, está na adequação e regulamentação do processo produtivo das casas de farinha pelos órgãos ambientais, devido a grande quantidade de resíduos que são descartados de forma irregular, entre eles está a manipueira, que é um efluente orgânico que possui elevada carga poluidora e efeito nocivo aos seres vivos. O lançamento desse efluente está em desacordo com as normas legais vigentes (Silva et al. 2003)

De acordo Gomes et al. (2006), o impacto ambiental pode ser agravado devido a elevada dependência da população rural pela lenha (retirada do bioma da caatinga), empregada como combustível para atender as demandas domiciliares e agro-industriais, além de ser produto de comercialização para alguns estabelecimentos comerciais situados nas zonas urbanas.

## Manipueira

Segundo Cordeiro (2006) a manipueira é o efluente resultante da industrialização da mandioca, decorrente da prensagem da mandioca ralada e lavada, possuindo um alto teor de matéria orgânica e um b-glicosídeo chamado linamarina (Figura 2) que é facilmente hidrolisado a cianeto, composto altamente tóxico ao metabolismo de seres vivos. De acordo com Cereda (2003) a ação tóxica nos animais é letal, devido a afinidade com a hemoglobina para formar a cianohemoglobina. Além disso, nas plantas superiores e nos microorganismos o cianeto interfere na fosforilação oxidativa combinando-se como citocromo oxidase e inibindo o transporte eletrônico, e conseqüentemente, a formação de ATP.



Fonte: CEREDA, 2003

Figura 2: Cianogênese da Linamarina

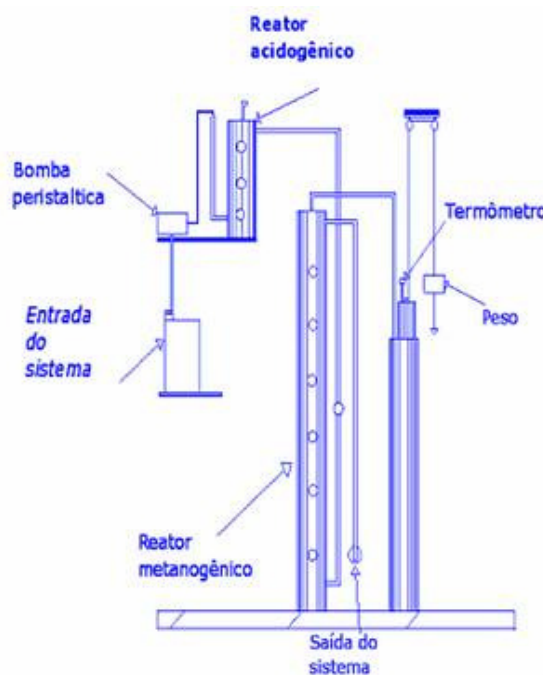
## Biodigestão Anaeróbia

Segundo Pereira *et al.* (2008), em um país de clima tropical como o Brasil, processos anaeróbios são considerados uma alternativa segura e econômica para o tratamento de efluentes, devido a pouca variação climática que mantém a temperatura adequada para as bactérias. Como os microorganismos anaeróbios são responsáveis pelo gás metano, necessitam preferencialmente de locais com ausência de nitrato, o oxigênio e o sulfato como receptores de elétrons. O processo é composto pelos estágios de digestão anaeróbia sendo: a hidrólise; acidogênese e metanogênese (CEZAR 2008).

## 3 MATERIAS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Instituto Federal de Alagoas - Campus Marechal Deodoro (IFAL). Localizado no município de Marechal Deodoro, nas coordenadas 09°42'36,0" de latitude sul e 35°53'42,0" de longitude oeste (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2005) e teve duração de 150 dias.

Os reatores anaeróbios modelo UASB (Figura 3), foram montados a partir de tubos de PVC, tendo o biodigestor acidogênico um volume útil de 20L, o metanogênico 60L e o gasômetro com capacidade de armazenar 21 litros de biogás.



Fonte: Vicente Rodolfo Santos Cezar

Figura 3: Sistema geral do experimento.

O efluente de manipueira coletado em uma casa de farinha localizado no município de Junqueiro-Alagoas, na saída do processo de prensagem, antes do descarte. As amostras foram transportadas para o laboratório e em seguida congelado em garrafas PET. A Tabela 1 mostra a composição química do efluente que foi coletado para o experimento.

Tabela 1- Composição química da manipueira empregada no abastecimento dos biodigestores.

Parâmetros	
Umidade (%)	93,22
Sólidos Totais (%)	6,78
Sólidos Voláteis (%)	5,78
Cinzas	1,00
Alcalinidade (mg/l)	1890
Acidez Volátil (mg/l)	3018
DQO (mg/l)	57000
Carbono (%)	2,65
Nitrogênio (%)	0,35
Fósforo (%)	0,47
pH	4,30

Fonte: Dados da pesquisa

Os biodigestores foram alimentados com a mistura de 25% de manipueira e 75% de H<sub>2</sub>O. As amostras de controle do efluente foram coletadas nos seguintes pontos: entrada do afluente do reator acidogênico (E.A), saída do efluente do reator acidogênico (S.A.), saída do efluente do reator metanogênico (S.M.).

O sistema foi operado com tempo de retenção hidráulica (TRH) de 1 dia no reator acidogênico e de 3 dias no reator metanogênico. O monitoramento foi feito através de análises diárias de pH e semanais de DBO<sub>5</sub>.

A determinação da leitura do pH foi realizada diariamente e de acordo com LANARV (1988) e APHA (1992).

A análise de DBO<sub>5</sub> (Figura 4) determinada de acordo com Standard Methods for the Examination of Water and Wasterwater – 18ª edição apud Chernicharo (2007), com frequência de uma vez por semana.



Fonte: Luiz Guilherme Abreu de Paula

**Figura 4:** Determinador de DBO<sub>5</sub> e Estufa Incubadora.

O volume de biogás produzido diariamente foi determinado em gasômetro de PVC com selo d'água, instalado próximo aos reatores, sendo este obtido através da medida de deslocamento vertical do gasômetro, multiplicando-se pela área de seção transversal interna do gasômetro (0,0176 m<sup>2</sup>).

Para verificação do deslocamento vertical do gasômetro foi utilizada uma régua milimetrada. Após cada leitura, o gasômetro era zerado, utilizando-se o registro de descarga do biogás.

A produção do biogás foi quantificada segundo Barana (2000), utilizando-se à expressão que resulta da combinação das leis de Boyle e Gay-Lussac para a correção do volume do biogás:

$$V_o \times P_o = V_1 \times P_1 \times \frac{T_1}{T_o}$$

Onde,

V<sub>o</sub>= volume na CNTP

P<sub>o</sub>= pressão na CNTP (760 mmHg)

T<sub>o</sub>= temperatura na CNTP (293K)

V<sub>1</sub>= volume de biogás medido (L)

P<sub>1</sub>= pressão local de Marechal Deodoro – AL ( mmHg)

T<sub>1</sub>= temperatura do biogás no instante da leitura, K

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após a inoculação e a partida do reator metanogênico, foi determinado diariamente a leitura de pH da manipueira, onde verificou-se que o efluente apresenta uma rápida fermentação, elevando as concentrações de ácidos orgânicos no meio. A produção desses ácidos orgânicos fez com que diminuísse o pH do efluente, deixando-o abaixo da faixa ideal para o desenvolvimento das bactérias metanogênicas. Para corrigir o

problema da acidificação, Cezar et al. (2007), utilizou 94 ml de solução de hidróxido de sódio a 20% para corrigir 20L de manipueira. No caso deste experimento a correção do efluente foi feita com uma solução a 30% de NaOH.

A Tabela 2 mostra valores médios de pH, temperatura, relação litros de biogás por litro de efluente e redução de DBO<sub>5</sub>. Esses valores são referentes as medias de todas as análises feitas durante o experimento.

**Tabela 2:** Valores médios dos parâmetros analisados no período de 13/07 a 30/12/2009.

Parâmetros	Valores
pH	7,04
Temperatura	26
Litros de biogás/Litro de efluente	0,85
Redução de DBO <sub>5</sub>	57,68%

**Fonte:** Dados da pesquisa

De acordo com Chernicharo (2007), o valor ideal de pH para produção de metano é entre 6,5 e 8,0. E como pode ser observado na Tabela 2 esses limites foram atendidos nesse trabalho o que indica que a taxa de produção de metano foi favorável no reator, isto devido a correção do pH do substrato na entrada do reator metanogênico.

Durante todo o período de monitoramento foram quantificados diariamente a temperatura e volume de biogás, essa produção foi de 0,85 litros de biogás para cada litro do efluente tratado no sistema e a temperatura ficou em média de 26 graus.

A DBO<sub>5</sub> mede a eficiência da remoção do material orgânico e assim como a produção de biogás também é um parâmetro útil para medir esse indicador Chernicharo (2007).

A atividade das bactérias metanogênicas também indicam que o efluente estava sendo tratado, esse fato está descrito na redução de DBO<sub>5</sub> que foi de 57,68%. Como a manipueira é um efluente rico em matéria orgânica essa redução fica inferior a de Machado & Chernicharo (2000) no tratamento de esgoto domestico, ficando com uma redução de 86% em um reator modelo UASB.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em Alagoas os produtores de farinha de mandioca devem passar por um procedimento educativo e de adaptação às novas tecnologias, como por exemplo, a digestão anaeróbia, tratando assim seu efluente mais poluente (manipueira). Dessa forma haveria a diminuição da poluição ambiental na região do agreste alagoano ocasionada pelo descarte inadequado deste resíduo. Além disso, a utilização do gás metano, produzido através do tratamento anaeróbio, diminuiria o consumo de lenha, preservando o Bioma da Caatinga.

O tratamento de manipueira em reator UASB necessita de correção do pH para obter valores na faixa adequada para as bactérias metanogênicas.

Os resultados obtidos demonstram a aplicabilidade do sistema de digestão anaeróbia de fases separadas para o tratamento de manipueira, apesar do efluente do reator UASB apresentar concentrações de DBO<sub>5</sub> altas quando comparados com outros efluentes, mas o processo possibilitou a redução da carga orgânica da manipueira.

## 6 REFERÊNCIAS

BARANA, A.C. **Avaliação de Tratamento de Manipueira em Biodigestores Fase Acidogênica e Metanogênica**. Botucatu, 2000. 82p. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, UNESP.

CABELLO, E. P.; SCOGONAMIGLIO, F. P.; TERÀN, F. J. C. **Tratamento de Vinhaça em reatores anaeróbios de leito fluidizado**. Engenharia Ambiental – Espírito Santo do Pinhal, Vol.6, nº1, pag. 321-338, jan./abril 2009.

CARDOSO, C.; SANTIAGO, A. Sistemas e Custos de Produção de Mandioca no Estado de Alagoas. In: **XLIV CONGRESSO DA SOBER “Questões Agrárias, Educação no Campo e Desenvolvimento”**, 2006.CD-ROM

CEREDA M.P. **Caracterização dos substratos da Industrialização da mandioca**. Série cultura de tuberosa amiláceas Latino Americana. 2003. Vol.4 Cap. 1, pag.15-37 São Paulo: Fundação Gargil.

CEZAR, V.R.S.; SANTIAGO, A. D.; BARBOZA, M. G.; SILVA, J.L. ASSUNÇÃO, V. R., Potencial de uso da manipueira gerada em nove município alagoanos para obtenção de biogás e fertilizantes. In: **Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**, 2007. Belo Horizonte. BH. ABES 2007.

CEZAR, V.R.S.; SILVA Junior, S.T. Cartilha sobre construção e operação de biodigestores alimentados com manipueira. In: **Relatório final do projeto intitulado como Avaliação do tratamento de manipueira de biodigestores de fases separadas (acidogênica e metanogênica) combinado com filtro de macrófitas aquáticas. Processo 2005.1/002**. FAPEAL 2008.

CHERNICHARO, C.A.L.; **Princípios do Tratamento Biológico de Água Residuárias. Reatores Anaeróbios**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental-UFMG, 2007. Vol.5. 2ª Edição ampliada.

CORDEIRO, G.Q; **Tratamento de Manipueira em Reator Anaeróbio Compartimentado**. São José do Rio Preto-SP, 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciências de Alimentos). Instituto Biociência, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, UNESP.

FIORETTO, A.M. Et al. **Manejo, uso e tratamento de subprodutos da industrialização da mandioca**. São Paulo: Fundação Gargil, 2001. 320p. (Série cultura de tuberosa amiláceas Latino Americana, v.4).

GOMES, L.J.; SILVA, C.M.; SANTANA, V. **Procedência e consumo de lenha das casas de farinha nos limites do parque nacional serra de Itabaiana – Sergipe**. Disponível em:  
[www.ivtrj.net/sapis/2006/pdf/LauraGomes.pdf+Proced%C3%A2ncia+e+consumo+de+lenha+das+casas+de+farinha+nos+limites+do+parque+nacional+serra+de+itabaiana+%E2%80%93+Sergipe.+&hl=pt-BR&gl=br&pid=bl&srcid=ADGEE5iahJ\\_1yS51r3wz\\_kAKnlHxXf2tvCRexZtk9zT2EY\\_m5eEjm6BtKiM31MZkmbRn4DqkQ7UclZ3t14LYc0E3Lq5mK8GbRtWGDZaAU\\_El37PeEPUapQJqnDvjb8nrds7hxVGehiSU&sig=AHIEtbQUhVtZOU GQnHVCCLZ4QJXzUe1NUg](http://www.ivtrj.net/sapis/2006/pdf/LauraGomes.pdf+Proced%C3%A2ncia+e+consumo+de+lenha+das+casas+de+farinha+nos+limites+do+parque+nacional+serra+de+itabaiana+%E2%80%93+Sergipe.+&hl=pt-BR&gl=br&pid=bl&srcid=ADGEE5iahJ_1yS51r3wz_kAKnlHxXf2tvCRexZtk9zT2EY_m5eEjm6BtKiM31MZkmbRn4DqkQ7UclZ3t14LYc0E3Lq5mK8GbRtWGDZaAU_El37PeEPUapQJqnDvjb8nrds7hxVGehiSU&sig=AHIEtbQUhVtZOU GQnHVCCLZ4QJXzUe1NUg)> acessado 14 de Abril, as 11h.

LANARV Laboratório Nacional de Referência Vegetal. **Métodos oficiais. Brasília, Ministério da Agricultura**, 1988.104p.

MACHADO, R. M.G.; CHERNICHARO, A. L.; Avaliação do desempenho de filtros anaeróbios utilização para o polimento de efluentes de um reator UASB. In: **19º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL**. 2000. ABES

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL, Diagnóstico do município de Marechal Deodoro, Agosto, 2005.

PATINO, M. T.O. **Viabilidade Econômica do aproveitamento de biogás a partir da digestão anaeróbia da manipueira**. Série cultura de tuberosa amiláceas Latino Americana. Vol.4. São Paulo: Fundação Gargil, 2003.

PEREIRA, A.D.; BEVILACQUA, P. D. ; BASTOS, R.K.X.; BRITO, G.M.; SEPULVEDA, R.V. II-328 Qualidade microbiológica da biomassa produzida em um sistema de wetlands construídas. **In: 25º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**. 2008. CD-ROM.

SEBRAE, **Manual de Referência para Casas de Farinha: Boas Práticas de Fabricação diagnósticas ambiental Saúde e Segurança no trabalho**. Ergonomia Projeto Arquitetônico, 2006.

SILVA, R. F.; SANTOS, M. L. F.; KATO M. T. Impactos Ambientais Produzidos em Casas de Farinha no Municípios de Pombos - PE. **In: 22º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL**, 2003. CD- ROM.