



ANA LETÍCIA CARVALHO DA SILVA

**ESTUDO DA PRODUÇÃO DE ÁLCOOL A PARTIR DA
MANIPUEIRA PROVENIENTE DO PROCESSAMENTO DE
MANDIOCA NO INTERIOR DO MARANHÃO**

ANA LETÍCIA CARVALHO DA SILVA

**ESTUDO DA PRODUÇÃO DE ÁLCOOL A PARTIR DA
MANIPUEIRA PROVENIENTE DO PROCESSAMENTO DE
MANDIOCA NO INTERIOR DO MARANHÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Colegiado do Curso da Engenharia Química do Centro de Ciências Exatas e Tecnologia da Universidade Federal do Maranhão, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Graduação em Engenharia Química.

Orientador: Prof. Dr. Harvey Alexander Villa Velez

São Luís - MA
2019

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Núcleo Integrado de Bibliotecas/UFMA

Carvalho da Silva, Ana Letícia.

Estudo da Produção de Álcool a partir da Manipueira
proveniente do Processamento de Mandioca no Interior do
Maranhão / Ana Letícia Carvalho da Silva. - 2019.

45 f.

Orientador(a): Harvey Alexander Villa Velez.

Curso de Engenharia Química, Universidade Federal do
Maranhão, São Luís - MA, 2019.

1. Fermentação. 2. Manipueira. 3. Teor de Álcool. I.
Villa Velez, Harvey Alexander. II. Título.

BANCA EXAMINADORA:

PROF. DR. HARVEY ALEXANDER VILLA VELEZ
Orientador – COEQ/CCET/UFMA

PROF^a.DR^a. ANNAMARIA DORIA SOUZA VIDOTTI
COEQ/CCET/UFMA

PROF^a.DR^a. MARIA DA GLÓRIA ALMEIDA BANDEIRA
DETQUI/PPPGI/UFMA

11 de dezembro de 2019

DADOS CURRICULARES**Ana Letícia Carvalho da Silva**

NASCIMENTO 15/05/1996 – BACABAL / MA

FILIAÇÃO Orlando Pereira da Silva
Maria Reis Carvalho da Silva

2014/2019 Curso de Graduação
Engenharia Química - Universidade Federal do Maranhão

Dedico este trabalho à minha mãe, Maria Reis, que nunca mediu esforços para que eu alcançasse meus objetivos.

AGRADECIMENTOS

Acima de tudo e em primeiro lugar agradeço a Deus, autor e guia da minha vida.

Aos meus pais, Maria Reis e Orlando, por serem meus maiores incentivadores e sempre me ensinarem que o conhecimento adquirido, seja ele onde for, ninguém nos rouba. Muito obrigada por sonharem comigo os meus sonhos.

Às minhas irmãs, em especial Iracele e Hellen, que muitas vezes deixaram de ser irmãs e foram mães, sempre me convencendo a aguentar um pouco mais. Vencemos!

Às minhas sobrinhas, Isabelle, Maria Heloísa e Ísis, que muitas vezes recarregaram minhas energias com muito carinho, abraços, beijos e um amor cheio de inocência.

À minha tia, Sônia Meireles, por apostar em mim e me oferecer toda estrutura necessária durante os anos de graduação.

À minha madrinha, Maria Francisca, por sempre acreditar no meu potencial e transbordar felicidade a cada vitória minha.

Às minhas tias, Edna e Ednete, por todo auxílio e estarem por perto, mesmo que fisicamente tão longe.

Ao meu namorado, Wilton Luiz, por ser amigo, companheiro e incentivador. Por me cuidar tão bem, por toda paciência e por ter sido colo quando precisei descansar.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Harvey, por todo auxílio, orientação, atenção e apoio. Por ter sido durante a minha graduação um grande professor, amigo, conselheiro e, por vezes, pai.

À Letícia Mochel, Natália Morais e Fabrícia, por ouvirem todas minhas lamentações, pelas conversas nas madrugadas de insônia e por estarem tão presentes em tudo que tenho feito.

À minha cunhada, Ana Regina, que assumiu muitas personalidades, cunhada, amiga, irmã, mãe, conselheira, cúmplice e fã número 1 das minhas conquistas. Por rir comigo até tantas horas da madrugada, mas também entender quando precisei chorar.

À Severiana, por ter me recebido como filha, pelo cuidado e preocupação em fazer lambedores quando “a pequenininha” estava com a imunidade muito baixa, mas precisava estudar.

À Anne Carollyne (Carol), por ter sido anjo em minha vida, por todas as vezes que bateu na minha porta para comer besteira e tocar violão, me salvando da rotina.

Aos amigos de graduação, Flaudiner, Meyrelle, Máira, Júlio, Emily, Camila e Simara, pela companhia, ajuda, incentivo e compreensão durante esses anos.

À Luís Germano (*in memoriam*), pelo prazer em dividir o mesmo espaço, tempo e sonhos com uma pessoa tão extraordinária.

À esta Instituição e aos professores que contribuíram para minha formação pessoal e profissional.

Ao meu tio, José Reis, pela disponibilidade em ceder toda matéria prima da minha pesquisa.

Por fim, a todos e tudo me fez crescer durante esta árdua caminhada.

Gratidão!

“A educação é o grande motor do desenvolvimento pessoal. É através dela que a filha de um camponês se torna médica, que o filho de um mineiro pode chegar a chefe de mina, que o filho de trabalhadores rurais pode chegar a presidente de uma grande nação.”

Nelson Mandela

SILVA, A. L. C. **Estudo da produção de álcool a partir da manipueira proveniente do processamento de mandioca no interior do Maranhão**. 2019. 44 f. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Química do Centro de Ciências Exatas e Tecnologia da Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2019.

RESUMO

A mandioca é um dos alimentos mais consumidos do mundo (CONAB, 2015) e o principal produto agrícola utilizado na alimentação brasileira desde o início da colonização. No Maranhão, a mandioca é empregada principalmente na produção de farinha e extração de amido, alimentos consumidos em larga escala por pessoas de todas as classes sociais. Porém, a produção destes alimentos gera resíduos orgânicos de elevada toxicidade, ocasionada pela presença do ácido cianídrico na sua composição. Desta forma, a utilização deste resíduo como matéria prima para novos produtos é de grande importância a fim de reduzir danos ambientais e gerar uma renda adicional aos produtores locais. O presente estudo tem como objetivo implementar uma metodologia de produção álcool a partir do efluente líquido do processamento de mandioca (manipueira). Inicialmente foram tratadas termicamente amostras da manipueira a diferentes temperaturas e tempos. Uma vez determinado as melhores condições térmicas de eliminação do ácido cianídrico, indiretamente por aumento de pH e sólidos solúveis, prosseguiu-se com o processo de fermentação utilizando diferentes concentrações de sólidos solúveis. O teor de álcool produzido foi calculado pelo método titulométrico. Os resultados mostram que o aquecimento das amostras em diferentes temperaturas favorece o aumento na quantidade de sólidos solúveis, aumentando o teor de álcool produzido. O pH das amostras também foi alterado com o aumento da temperatura, passando de 3,51 a 21°C para 4,60 a 90°C, demonstrando a diminuição de acidez da manipueira. Assim, pode-se indicar que a manipueira pode ser uma alternativa para a produção de bioetanol, combustível altamente energético. Outros estudos podem ser realizados para analisar a viabilidade econômica deste processo e suas aplicações.

Palavras-chave: Manipueira. Cianeto. Fermentação. Teor de Álcool.

SILVA, A. L. C. **Study of alcohol production from the proven handling of cassava processing in the interior of Maranhão.** 2019. 44 s. Graduate Work (Graduate in Chemical Engineering) – Curso de Engenharia do Centro de Ciências Exatas e Tecnologia da Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2019.

ABSTRACT

Cassava is one of the most consumed foods in the world and the main agricultural product used in Brazilian food since the beginning of colonization. In Maranhão, cassava is mainly used for flour production and starch extraction, foods consumed on a large scale by people from all walks of life. However, the production of these foods generates high toxicity residues, caused by the presence of hydrocyanic acid in its composition. Thus, the use of this waste as raw material for new products is of great importance and causes environmental damage and generates additional income to local products. This study aims to implement a methodology for the production of alcohol from cassava (manipueira) liquid effluent. Initially, the handling of different temperatures and times was heat treated. Once determined as the best thermal conditions for replacing hydrocyanic acid, indirectly by increasing pH and soluble substances, follow it with the fermentation process that uses different soluble uses. The alcohol content produced was calculated by the titration method. The results show that the heating of colors at different temperatures favors the increase of the amount of soluble solids, the alcohol content produced. The pH was also changed with increasing temperature, from 3.51 to 21 ° C to 4.60 to 90 ° C, demonstrating a decrease in handling acidity. Thus, it can be indicated that manipulator may be an alternative for the production of bioethanol, a highly energetic fuel. Other studies can be performed to analyze the economic viability of this process and its applications.

Keywords: Manipueira. Cyanide. Fermentation. Alcohol Content.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Raiz de Mandioca.....	03
Figura 2 – Manipueira	09
Figura 3 – Cianogênese	11
Figura 4 – Biorreatores adaptados para fermentação da manipueira.....	15
Figura 5 – Titulação da manipueira fermentada.....	16
Figura 6 – Amostras após tratamento térmico.....	18
Figura 7 – Valor de sólidos solúveis (°Brix), à diferentes temperatura	19
Figura 8 – Variação de sólidos solúveis em função do tempo, a 90°C	20

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Quantidade de cianeto presente na manipueira oriunda das casas de farinha e fecularias, segundo a literatura	09
Tabela 2 – Condições de tratamento térmico da manipueira.....	14
Tabela 3 – Características de cada amostra fermentada	16
Tabela 4 – Valor do pH em amostras de manipueira em diferentes temperaturas	19
Tabela 5 – Teor de álcool em manipueira, pelo método titulométrico.....	21

Sumário

FOLHA DE APROVAÇÃO	iii
DADOS CURRICULARES	iv
DEDICATÓRIA	v
AGRADECIMENTOS	vi
EPÍGRAFE	viii
RESUMO	ix
ABSTRACT	x
LISTA DE FIGURAS	xi
LISTA DE TABELAS	xii
1 INTRODUÇÃO	15
2 OBJETIVOS	16
2.1 Objetivo geral	16
2.2 Objetivos específicos	16
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
3.1 Mandioca: cultura e economia.....	17
3.2 Processamento da mandioca	18
3.3 Uso de efluentes como matéria-prima de outros processos.....	20
3.3.1 BAGAÇO	20
3.3.2 CASCAS.....	21
3.3.3 MANIPUEIRA	21
3.4 Características da manipueira	22
3.5 Ácido cianídrico	24
3.6 Modificação hidrotérmica do amido de mandioca	25
3.7 Produção de Álcool	26
4 MATERIAL E MÉTODOS	27
4.1 Material.....	27
4.2 Local da pesquisa.....	27
4.3 Equipamentos utilizados.....	27
4.4 Métodos e procedimentos experimentais	27
4.4.1 ELIMINAÇÃO DO ÁCIDO CIANÍDRICO	27
4.4.2 DETERMINAÇÃO DE PH E SÓLIDOS SOLÚVEIS	28

4.4.3 PREPARAÇÃO PARA FERMENTAÇÃO	28
4.4.4 FERMENTAÇÃO	28
4.4.5 DETERMINAÇÃO DA QUANTIDADE DE ÁLCOOL	29
4.5 Análise estatística	30
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
5.1 Tratamento térmico para eliminação do ácido cianídrico	32
5.2 Sólidos solúveis e pH	32
5.3 Preparação para fermentação	34
5.4 Determinação do Teor de Álcool.....	35
6 CONCLUSÃO.....	37
SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS	38
REFERÊNCIAS	39

1 INTRODUÇÃO

A mandioca (*Manihot esculenta Crantz*) é um dos alimentos mais consumidos do mundo e principal produto agrícola utilizado na alimentação brasileira desde o início da colonização. Cultivada principalmente nas regiões tropicais, sua produção possui baixo custo devido à grande capacidade de adaptação em condições desfavoráveis de clima e solo, à sua rusticidade e diversidade de uso, que abrange consumo humano e animal, além de ser uma matéria prima com grande potencial industrial (CONAB, 2015).

No âmbito industrial, a mandioca é empregada principalmente na produção de farinha e extração de amido, com processamento baseado nas etapas de prensagem e secagem. Durante este processamento são gerados resíduos, tais como casca, farelo e efluentes líquidos. Comumente chamados de manipueira, os efluentes líquidos da agroindústria de mandioca possuem elevada carga orgânica (REBOUÇAS et al., 2015), tornando-se um resíduo altamente poluente.

Habitualmente, nas casas produtoras de farinha, a manipueira é descartada de forma indiscriminada (MAGALHÃES et al., 2014), podendo causar danos à saúde humana e ao meio ambiente, como eutrofização dos rios (ARIMORO et al., 2008). De acordo com Barana e Cereda (2011), durante a produção de farinha, cada tonelada de mandioca processada gera 300 L de manipueira, que corresponde a uma demanda química de oxigênio equivalente a 60 g/L. O acúmulo deste efluente no solo pode ainda causar desequilíbrio entre macro e micronutrientes, alterando o seu pH e elevando seu nível de salinidade.

Para diminuir os danos causados pelo descarte incorreto da manipueira pode-se optar pelo seu uso como matéria prima para alimentação animal (MATOS ALMEIDA et al., 2009), incorporação ao solo como adubo (BORSZOWSKEI et al., 2009; ALBUQUERQUE et al., 2011), produção de etanol (BARANA; CEREDA, 2001; SUMAN et al., 2011; CAMILI; CABELLO, 2007), entre outras alternativas.

Discutir tratamentos para efluentes da agroindústria de mandioca e mostrar como eles podem vir a impactar diretamente a maneira como se consome recursos naturais e se descarta resíduos orgânicos, podem ser passos que ajudam expressivamente na revisão da lógica atual de consumo e descarte intensivo, próprio da realidade capitalista a qual se vive. Por outro lado, negar a importância de tratamento destes resíduos e evitar a discussão do tema pode significar agravamentos de situações que podem comprometer a qualidade de vida de algumas comunidades maranhenses.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Implementar uma metodologia para a obtenção de álcool através de resíduos líquidos da mandioca (manipueira).

2.2 Objetivos específicos

- Analisar a toxicidade do cianeto presente nas amostras de manipueira a diferentes níveis de temperatura e tempo;
- Determinar as melhores condições de pH, concentração de sólidos solúveis, tempo e temperatura da manipueira tratada termicamente;
- Determinar a concentração de etanol de manipueira tratada termicamente a diferentes concentrações de sólidos solúveis.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Mandioca: cultura e economia

A mandioca (*Manihot esculenta Crantz*) é uma planta originária da América do Sul, pertencente à família Euphorbiaceae e ao gênero *Manihot*, que engloba cerca de 100 espécies diferentes (ALVES, 2002). Quanto às características morfológicas, a mandioca é um arbusto perene que pode chegar a 3 metros de altura, com folhas palmadas de coloração verde e manchas roxas, enquanto que seu caule possui diversos tons de marrom. Suas raízes, principal matéria prima de algumas indústrias de transformação, possuem de 30 a 90 centímetros de comprimento e são recobertas por uma casca áspera de tom marrom escuro (FUKUDA, 1997) conforme mostrado na Figura 1.

Figura 1- Raiz de Mandioca



Fonte: Próprio Autor (2019)

A raiz da mandioca é rica em carboidratos, por isso é utilizada na alimentação humana e como matéria-prima para produção de farinha e fécula. No entanto, essa matéria-prima possui toxicidade que é causada pelo acúmulo de linamarina e lotaustralina, dois glicosídeos cianogênicos capazes de gerar ácido cianídrico (HCN) quando entram em contato com a enzima linamarase, após a ruptura da estrutura celular da raiz (AMORIM, 2015).

De acordo com Zago et al. (2016) as raízes que possuem alto teor de glicosídeos cianogênicos têm sabor amargo e são conhecidas como bravas. Essas raízes não devem ser consumidas sem processamento prévio. Já as raízes com baixo teor de glicosídeos cianogênicos, conhecidas como mansas, possuem sabor adocicado e podem ser consumidas

com ou sem tratamento devido ao baixo teor de ácido cianídrico.

Desta forma, para distinguir as raízes bravas e mansas faz-se necessário analisar o teor de ácido cianídrico presente na polpa da raiz (FIALHO; VIEIRA, 2011). A partir da análise, são consideradas mansas as raízes que possuem menos de 0,050 g HCN.kg⁻¹ de raiz fresca sem casca, moderadamente bravas as raízes que possuem de 0,050 a 0,100 g HCN/kg de raiz fresca sem casca e bravas as raízes que possuem acima de 0,100 g HCN/kg de raiz fresca sem casca (MAGALHÃES et al., 2009).

Quanto à produção, segundo Latif e Müller (2015) em 2013 a produção global de mandioca atingiu 276,7 milhões de toneladas. Pesquisas mais antigas (SCOTT et al., 2000) estimaram que em 2020 essa produção alcançará 291 milhões de toneladas. Principalmente na África e América do Sul o cultivo de mandioca aumenta consideravelmente atingindo uma área de 19 milhões de hectares em 2010 (ZHU et al. 2015).

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em 2018 o Brasil produziu 21,08 milhões de toneladas de raízes de mandioca, cultivadas numa área de 1,4 milhões de hectares, ficando em quarto lugar como maior produtor mundial.

No Brasil, as Regiões Norte e Nordeste se destacam como principais produtoras de mandioca sendo responsáveis por cerca de 30% da produção nacional, principalmente nos Estados do Pará e Bahia (CONAB, 2015). De acordo com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) em 2017 o Estado do Maranhão apresentou oscilações na produção e ocupava a 3ª colocação no ranking de produtores nacionais.

3.2 Processamento da mandioca

A raiz de mandioca é processada industrialmente para produzir farinha, nas estruturas chamadas de farinheiras, ou para extração da fécula, realizada nas fecularias (AMORIM, 2015). Já a produção de farinha realizada por pequenos produtores rurais do Nordeste acontece nas chamadas casas de farinha onde há, do lado de fora das estruturas de processamento, fornos artesanais que são utilizados na torrefação do produto (ARAÚJO, 2009).

Dados mostraram que, no Brasil, o agronegócio de mandioca gera 1 milhão de empregos diretos (CUNHA et al., 2009). O setor farinheiro, em 2017, gerou um faturamento para a economia em torno de 12 bilhões de reais. No Nordeste, além da importância econômica, a farinha é importante ingrediente na culinária cotidiana (COELHO, 2018).

No Maranhão, além da contribuição econômica e social da mandioca que já existe,

há uma perspectiva de crescimento do mercado devido à produção da cerveja Magnífica, produzida no estado com mão de obra e matéria-prima local. A mandioca é o principal ingrediente dessa cerveja. Assim, a produção de Magnífica beneficia pequenos produtores da agricultura familiar e contribuem de forma positiva para a economia do estado (SILVA, T.; VIEIRA, Y; FERREIRA, 2019).

Segundo a Embrapa (2013) o processo de produção de farinha consiste nas seguintes etapas:

1. Recepção, lavagem e descascamento: As raízes devem ser depositadas na parte externa das casas de farinha, onde são pesadas e lavadas para remoção de impurezas que possam deteriorá-las. Caso sejam descascadas manualmente (produção artesanal), as raízes são lavadas em tanques com água potável, descascadas e novamente lavadas. Quando o descascamento ocorre de forma mecânica, a lavagem das raízes ocorre concomitantemente. Nessa etapa obtêm-se como resíduos as cascas e a água de lavagem;
2. Ralação ou trituração: Nessa etapa as raízes são transformadas em uma massa não muito fina. A ralação é feita por raladores que rompem as células das raízes, liberando grânulos de amidos que permitem a homogeneização da farinha;
3. Prensagem: Essa etapa tem como objetivo facilitar o processo de secagem diminuindo a quantidade de umidade presente na massa ralada, reduzindo também as chances de oxidação, pois a massa fica comprimida e menos exposta ao ar. A prensagem é feita em prensas manuais ou hidráulicas, gerando o efluente líquido conhecido como manipueira;
4. Esfarelamento: Quando sai da prensa, a mandioca está compactada devido à pressão sofrida, para que a farinha seja torrada é necessário o desmembramento da massa compactada. Para tal, a massa passa novamente pelo ralador e por uma peneira que retirar os resíduos sólidos que não foram totalmente removidos;
5. Torrefação: Nessa é etapa a massa é colocada nos fornos e mexida constantemente até que esteja convenientemente seca. Essa etapa determina a qualidade, cor, sabor e conservação da farinha. Na produção artesanal a qualidade e sabor da farinha possuem notório destaque;
6. Ensacamento: Após sair do forno e esfriar, a farinha é em embalada em sacos de algodão de 50kg, na produção industrial ou em sacos plásticos de 1kg,

quando produzidos artesanalmente.

Estima-se que dos resíduos de cada tonelada de raiz processada entre 8,85 e 10,62% são efluentes líquidos com baixa presença de sólidos, e 0,93 a 1,12% desses resíduos, correspondam ao bagaço e cascas úmidas (ZHANG et al., 2016).

3.3 Uso de efluentes como matéria-prima de outros processos

Os resíduos gerados em atividades realizadas em larga escala, como a produção de farinha, resultam em relatos recorrentes de problemas de poluição ambiental quando depositados no ambiente de forma incorreta. Partindo desse problema, há uma crescente busca por alternativas que minimizem a poluição aproveitando os resíduos das indústrias em outras atividades ou utilizando tecnologias que permitam gerar resíduos menos poluentes (CAMILI; CABELLO, 2007).

3.3.1 BAGAÇO

Camargo, Leonel e Mischan (2008) caracterizaram o bagaço gerado na ralação das raízes de mandioca para uso na produção de biscoitos extrusados de polvilho azedo. O estudo realizado mostrou que o bagaço possui elevado teor de amido (76,32%) e considerável teor de fibras (9,9%), desta forma é uma matéria-prima potencial para fabricação de biscoitos, cereais e rações. Assim, utilizando cozimento por extrusão, é possível alterar a textura e estrutura do bagaço de mandioca e produzir produtos de alto valor nutricional.

Uma outra alternativa para uso do bagaço de mandioca é utilizar termoprensas hidráulicas para realizar termoformagem na produção de embalagens alimentícias biodegradáveis. Pela produção em grande quantidade no Brasil e baixo custo, o bagaço da mandioca é uma matéria-prima promissora na busca por embalagens alternativas, principalmente quando fala-se de alimentos de baixa umidade (OLIVEIRA; MARIM, 2013).

Betiol (2016) além de estudar as características químicas do bagaço, determinou as isotermas de sorção, calculou entalpia e entropia e o calor de adsorção visando utilizá-lo como substrato em processos microbiológicos e no desenvolvimento de bandejas biodegradáveis para plantas. Porém, o método de secagem convencional consome muita energia e isso aumentaria o custo final do produto.

3.3.2 CASCAS

As cascas da mandioca descartadas logo no início do processamento de produção de farinha possuem maior teor de fibras que o farelo de trigo, alimento utilizado na alimentação animal. Assim, podem ser utilizadas para alimentar animais, principalmente os coelhos, que são animais capazes de digerir proteínas de alimentos volumosos (MICHELAN et al., 2006).

Souza et al. (2010) afirmaram que a casca da mandioca é uma ótima alternativa para alimentação de ruminantes quando combinada a outras fontes de nutrição animal, como o milho. Por ser rica em aminoácidos, a casca pode substituir grande parte das rações diminuindo os custos com alimentação animal, uma vez que seu custo é notoriamente inferior quando comparado ao milho e sorgo.

Na alimentação humana, as cascas de mandioca podem ser utilizadas na produção de farinhas que substituem a farinha de trigo para produção de pão de forma. Os pães produzidos em fase de teste com a farinha proveniente da casca da mandioca não apresentaram microrganismos como *Salmonella* sp. e *Clostridium* sp. que conferem risco à saúde humana, além disso, apresentam altos teores de fibras alimentares, por isso podem ser vistos como uma alternativa barata para alimentação humana (VILHALVA et al., 2011).

3.3.3 MANIPUEIRA

A manipueira proveniente da prensagem da massa da mandioca pode ser utilizada como nematicida e inseticida. Pesquisas mostram que o uso da manipueira com 10% de diluição apresenta 100% de eficácia no combate ao nematoide *Meloidogyne incógnita*, causador de danos às culturas de tomate, sendo uma excelente opção para os investidores da área, uma vez que seu custo é inferior ao dos nematicidas comerciais (NASU et al., 2010).

Para Magalhães et al. (2014) a manipueira é um resíduo promissor quando se fala em produção de biofertilizantes, trazendo benefícios à atividade agrícola principalmente no desenvolvimento da alface e mudas de eucalipto. Essa característica do resíduo líquido da mandioca se deve à riqueza de nutrientes de sua composição.

Apesar de ser uma prática ainda pouco realizada no Brasil, a manipueira pode receber diversos processos de tratamento para reduzir sua carga tóxica por meio da estabilização orgânica e, a partir desse tratamento, produzir formas alternativas de energia (AMORIM, 2015).

Uma rota para produção de energia a partir de efluentes é a digestão anaeróbica,

processo fermentativo que degrada a matéria orgânica e a estabiliza utilizando microrganismos. Com a digestão anaeróbia da manipueira pode-se produzir metano, dióxido de carbono e amônia (SANT'ANNA Jr., 2010).

Um dos compostos mais importante formados pela digestão anaeróbia da manipueira é o biogás. O biogás possui uma capacidade energética que pode ser comparada a capacidade energética de outras fontes, como gasolina e a própria eletricidade. Assim, o biogás produzido pela manipueira poderia ser utilizado como fonte de energia para os fornos de torrefação de farinha, substituindo a lenha (AMORIM, 2015).

Outra destinação para a manipueira é a produção de bioetanol (CAMILI; CABELLO, 2007), produto de elevado valor agregado, produzido no Brasil principalmente a partir da cana-de-açúcar. Mesmo sendo necessários maiores estudos a respeito da viabilidade econômica, a manipueira já é vista como um substrato potencial para produção etanol.

3.4 Características da manipueira

A manipueira ou tucupi, do tupi guarani “o que brota da mandioca”, é um efluente líquido leitoso de coloração amarelo-claro (Figura 2) gerada durante a prensagem da massa ralada de mandioca para produzir farinha (FERREIRA et al., 2001). Esse resíduo é caracterizado por possuir baixos valores de pH e elevadas concentrações de carboidratos, além disso possui altas quantidades de cianeto, alta demanda biológica de oxigênio (DBO) e alta demanda química de oxigênio (DQO) (AMORIM, 2015).

As características físico-químicas da manipueira dependem da forma que a raiz é processada, por esse motivo as quantidades de matéria orgânica e materiais tóxicos são variáveis. Por exemplo, a DQO da manipueira originada nas casas de farinha geralmente encontra-se entre 20 gL^{-1} e 100 gL^{-1} , enquanto a manipueira originada nas fecularias possui DQO situada entre 6 gL^{-1} e 15 gL^{-1} , pois a massa da mandioca passa por mais lavagens nesse processo (TIEZII, 2015).

Já a demanda biológica de oxigênio, de acordo com Santos (2013), aproxima-se de 8 gL^{-1} nas casas de farinha e 2 gL^{-1} nas fecularias. De forma semelhante, a quantidade de cianeto presente na manipueira é mais expressiva quando o resíduo é proveniente das casas de farinha e possui menor teor quando produzido nas fecularias. A Tabela 1 mostra o teor de cianeto determinado em algumas literaturas, porém não existem estudos detalhados que caracterizem a composição da manipueira.

Figura 2 – Manipueira



Fonte: Próprio Autor (2019)

Segundo Suman et al. (2011), da quantidade total de manipueira, 10,5% correspondem a matéria seca, composta por 6,3% de amido e 1,96% de açúcares solúveis totais. Leonel e Cereda (1995) indicaram a presença de 13,06% de matéria seca composta de 5,71% de amido e 2,93% de açúcares redutores.

Tabela 1 – Quantidade de cianeto presente na manipueira oriunda das casas de farinha e fecularias, de acordo com a literatura.

Casas de Farinha	
Autor	CN (gL^{-1})
Santos (2013)	0,680
Ribas e Barana (2003)	0,140
Amorim (2015)	0,683
Fecularias	
Autor	CN (gL^{-1})
Ferreira et al. (2001)	< 0,05
Lied (2012)	0,023
Sun et al. (2012)	0,002

Geralmente, a manipueira eliminada na produção de farinha e extração de amido, é disposta no solo de forma indiscriminada causando, sobretudo, salinização e toxidade das águas de lagos, além de eutrofização dos mesmos devido à presença de nutrientes como potássio, nitrogênio e fósforo, que também são abundantes na composição do efluente líquido (LATIF; MÜLLER, 2015).

3.5 Ácido cianídrico

Também conhecido como ácido prússico, o ácido cianídrico, representado pela fórmula química HCN, é um ácido muito volátil que pode ser encontrado na forma líquida ou gasosa. Esse ácido é classificado entre os venenos mais letais já descobertos, isso porque ele se liga de forma extremamente estável com o ferro da hemoglobina e impede o transporte de oxigênio e dióxido de carbono na corrente sanguínea de humanos e animais (CÂMARA et al., 2014).

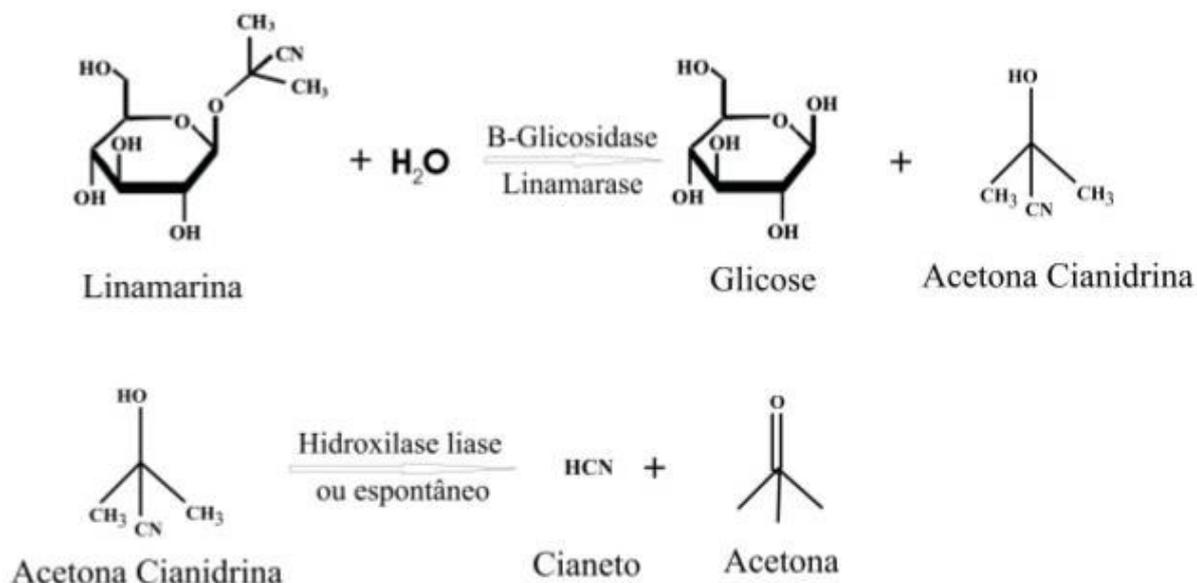
O ácido cianídrico pode ser sintetizado a partir da reação de metano com amônia e oxigênio, porém a forma mais comum de encontrá-lo é em plantas conhecidas como cianogênicas, grupo do qual faz parte a mandioca (GALINDO, 2015).

Esse tipo de ácido tóxico também pode ser encontrado em outras espécies de importância econômica, como ameixa, bambu e seringueiras, podendo causar nos humanos o aumento do volume da glândula tireoide, neuropatias ou até mesmo óbito quando ingerido em grandes quantidades (SREEJA; NAGAHARA; MINAMI, 2003).

Na mandioca a produção de ácido cianídrico se dá a partir de dois glicosídeos cianogênicos, linamarina e lotaustralina, presentes nas raízes de mandioca numa concentração de 93% e 7%, respectivamente (AMORIM; MEDEIROS; RIETCORREA, 2006).

Os glicosídeos cianogênicos são solúveis em água e, partindo da quebra da matéria vegetal, são hidrolisados por enzimas produzindo ácido cianídrico. Na mandioca a linamarina é o principal responsável pela toxicidade, que ocorre por meio da cianogênese representada na Figura 3, processo pelo qual há liberação de cianeto (TIEZZI, 2015).

Figura 3 - Cianogênese



Fonte: RAMALHO, 2012.

3.6 Modificação hidrotérmica do amido de mandioca

O amido é constituído por dois polissacarídeos, amilose e amilopectina, que possuem cerca de 700 e 2000 unidades de glicose, respectivamente. Quanto ao tamanho, forma e estrutura dos grânulos, o amido varia de acordo com o estágio de desenvolvimento da planta, fonte botânica e forma de tuberização (OLIVEIRA, 2014).

As cadeias moleculares do amido são ligadas por pontes de hidrogênio. Quando em presença de água e aquecidas, a água é incorporada aos grânulos e a amilose, por ser mais solúvel, acaba por difundir-se para fora do grânulo. Isso ocorre por que o aumento de temperatura enfraquece as ligações entre amilose e amilopectina, fazendo com que a região cristalina da molécula seja rompida (LI et al., 2013).

Esse processo de aquecimento do amido é conhecido como gelatinização e ocorre com absorção de água pelo grânulo, aumentando seu tamanho até o dobro do tamanho inicial e alterando suas características físico-químicas. O processo inverso à gelatinização é a retrogradação, onde ocorre resfriamento do amido e as moléculas de amilose e amilopectina se reorganizam através de recristalização, tornando-se menos solúveis (SCHIRMER et al., 2013).

O amido de mandioca possui menor teor de amilose quando comparado ao amido proveniente de cereais, por isso apresenta como característica uma menor tendência de retrogradação, permanecendo solúvel por mais tempo quando aquecida. Por outro lado, a gelatinização do amido de mandioca forma produtos de alta instabilidade que possuem viscosidade variável (RAJA, 1995).

3.7 Produção de Álcool

O etanol é um combustível de grande importância ambiental, pois é produzido a partir de uma matéria prima renovável, além de reduzir a emissão de gases para a atmosfera. A produção de etanol também é responsável por gerar empregos na cadeia sucroalcooleira e novas oportunidades de negócios (SEBRAE, 2013).

A produção de etanol pode ser realizada a partir de matérias primas que contenham amido ou açúcares. Quando a matéria prima contém amido, como por exemplo, o milho, o trigo e outros grãos, faz-se necessária a conversão do amido em açúcares. Já nas matérias primas açucareiras, como é o caso da cana-de-açúcar e beterraba, os açúcares já estão disponíveis na biomassa usada para a produção do biocombustível (MONOCHIO, 2014).

A produção de etanol a partir da mandioca, matéria prima amilácea, começa com a hidrólise do amido presente nas raízes em açúcares menores que posteriormente são fermentados. A hidrólise deve ser feita adicionando a enzima amilase à mandioca associada ao aumento rigoroso de temperatura, podendo ser adicionadas enzimas complementares que servirão de catalisador para o processo (TIEZZI, 2015).

Após a quebra do amido a mandioca pode ser fermentada, processo biológico que transforma os açúcares menores, obtidos na hidrólise, em álcool usando como agente uma levedura, geralmente *Saccharomyces cerevisiae*. Os microrganismos crescem na mandioca e liberam gás carbônico produzindo álcool e aumentando sua temperatura. No fim do processo de fermentação a produção de gás carbônico diminui e o fermento precipita (CARDOSO, 2006).

O produto final da fermentação alcoólica da mandioca é uma mistura de substâncias que se encontram em fase líquida, gasosa e sólida chamada de vinho. Esse vinho deve passar pelo processo de destilação, onde ao fim do resfriamento há obtenção de 8% a 12% de álcool com mais pureza e livre de substâncias sólidas provenientes da fermentação (SILVA, 2007).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Material

As amostras de manipueira foram obtidas no povoado Pedra Grande, localizado na zona rural de Bacabal, no interior do Maranhão. A coleta e o transporte foram realizados em garrafas PET de 2 L e o armazenamento, foi feito sob refrigeração até o início dos processos de análise.

4.2 Local da pesquisa

O processamento das amostras foi realizado no Laboratório de Petróleo, localizado na Universidade Federal do Maranhão, na cidade de São Luís – MA.

4.3 Equipamentos utilizados

- Banho Maria Digital – Capacidade 2L – Temperatura até 110°C - Modelo SP-02/100ED – SPLABOR;
- Refratômetro Portátil 0 a 32% BRIX;
- Medidor de pH / mV / Temp. Digital de Bancada faixa -2 a 20pH, -1999~1999mV, temperatura -20 a 120C mod. PH-2000;
- Biorreatores adaptados com frascos de vidro (500mL) e mangueira, para fermentação.

4.4 Métodos e procedimentos experimentais

4.4.1 ELIMINAÇÃO DO ÁCIDO CIANÍDRICO

O ácido cianídrico, que confere à manipueira toxicidade, foi retirado aquecendo amostras em Banho Maria. O aquecimento foi realizado em tempos e temperaturas diferentes, como mostrado na Tabela 2, para avaliação da melhor faixa de temperatura de processamento.

Tabela 2 – Condições de tratamento térmico da manipueira.

Temperatura (°C)	Tempo (minutos)
60	30
70	20
80	15
90	10

Fonte: Próprio Autor (2019)

4.4.2 DETERMINAÇÃO DE PH E SÓLIDOS SOLÚVEIS

Com o pHmetro de bancada digital obteve-se o pH da amostra manipueira in natura e aquecida. A medida de sólidos solúveis na manipueira in natura e nas amostras submetidas ao aquecimento foi obtida com refratômetro portátil, à temperatura de 25°C

4.4.3 PREPARAÇÃO PARA FERMENTAÇÃO

Com os valores de sólidos solúveis obtidos após aquecimento das amostras, determinou-se a temperatura em que há maior quebra do amido e, conseqüentemente, maior quantidade de açúcares passíveis à fermentação. As amostras foram novamente aquecidas, a temperatura constante (90°), variando o tempo de aquecimento e tomando a cada cinco minutos uma pequena quantidade da amostra para medir, com refratômetro, o valor de sólidos solúveis, até que este não sofresse mais variação. Todas as amostras foram aquecidas e ajustadas para °Brix igual a 10%.

4.4.4 FERMENTAÇÃO

As amostras com °Brix previamente ajustado foram fermentadas durante 48 horas a 25°C, usando como agente a levedura *Saccharomyces cerevisiae* (fermento biológico seco, Dr. Oetker), em biorreatores adaptados com frascos de vidro com capacidade para 500 mL e mangueiras para saída do dióxido de carbono produzido pela reação (Figura 4). Foram utilizados 400 mL de manipueira em cada fermentação, adicionando em algumas amostras

sacarose comercial, como indicado na Tabela 3.

Figura 4 – Biorreatores adaptados para fermentação da manipueira.



Fonte: Próprio Autor (2019)

Tabela 3- Características de cada amostra fermentada.

Quantidade de amostra (mL)	Pré-tratamento (Temperatura/Tempo)	Quantidade de levedura (g)	Adição de sacarose (g)
400	90°C/25min	20	-
400	90°C/25min	20	10
400	90°C/25min	20	15
400	90°C/25min	20	20
400	In natura	20	-

Fonte: Próprio Autor (2019)

4.4.5 DETERMINAÇÃO DA QUANTIDADE DE ÁLCOOL

O teor de álcool produzido pela fermentação das amostras de manipueira foi determinado pelo método titulométrico utilizando solução nitrocromica, como descrito por

Mossini et al (2011), onde cada mL da solução titulante de tiosulfato de sódio corresponde a 0,115 mg de etanol produzido.

O método da determinação do teor de álcool por titulação baseia-se na reação de oxidação do álcool por dicromato de potássio, que pode ser observado pela coloração verde da amostra. O excesso de dicromato de potássio não utilizado na oxidação do álcool é utilizado para oxidar uma solução de iodeto de potássio. O iodo produzido pela oxidação do iodeto de potássio é titulado com tiosulfato de sódio. Usa-se amido como indicador, que em presença de iodo adquire coloração azul intensa. Na ausência de iodo a amostra torna-se incolor, indicando o final da titulação (Figura 5).

A validação do método foi realizada medindo a densidade de uma solução hidroalcolica (10% v/v) com álcool etílico 70% e realizando os mesmos cálculos aplicados às amostras de manipueira. A densidade da manipueira, de acordo com Kuczman et al. (2011), é de 1,173 g/cm³.

Figura 5 – Titulação da manipueira fermentada.



Fonte: Próprio Autor (2019)

4.5 Análise estatística

Os resultados das alterações de pH e sólidos solúveis da manipueira antes e após tratamento térmico e a validação do método titulométrico foram obtidas calculando o desvio

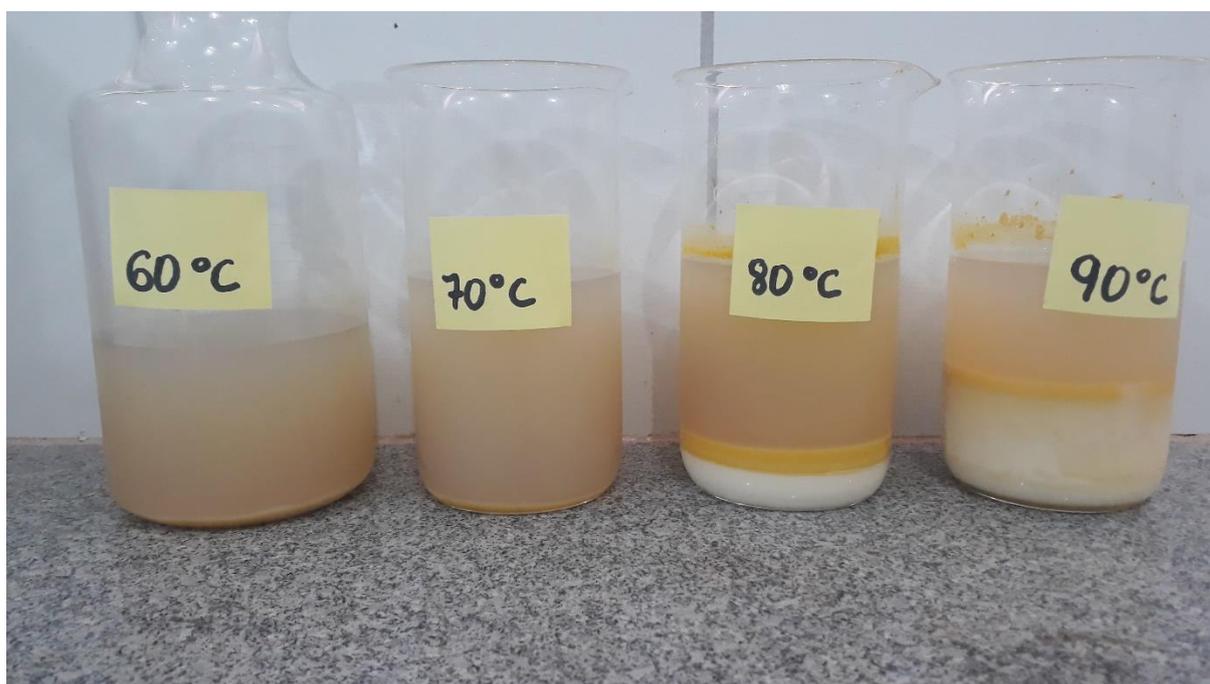
padrão e média das amostras realizadas em diferentes condições, em duplicata. Todos os cálculos de análise e gráficos construídos foram feitos com auxílio do software Excel (2016).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Tratamento térmico da manipueira

O aquecimento da manipueira, promoveu a deposição de sólidos no fundo das amostras (Figura 6).

Figura 6 – Amostras após tratamento térmico



Fonte: Próprio Autor (2019)

A partir da Figura 6, pode-se observar que o aumento da deposição de sólidos é proporcional ao aumento de temperatura. Esse comportamento indica que a quantidade de sólidos presente nas amostras aumentou de maneira proporcional à temperatura. Pode-se ainda perceber, visualmente, a gelatinização do amido, que também aumentou proporcionalmente à temperatura.

Segundo Camili e Cabello (2007), a deposição de sólidos observada deve-se à presença de amidos fragmentados durante o processo de gelatinização. Semelhante ao que ocorre durante a produção de etanol de manipueira tratada com processo de flotação, onde há um aumento na quantidade de glicose após hidrólise enzimática da manipueira.

5.2 Sólidos solúveis e pH

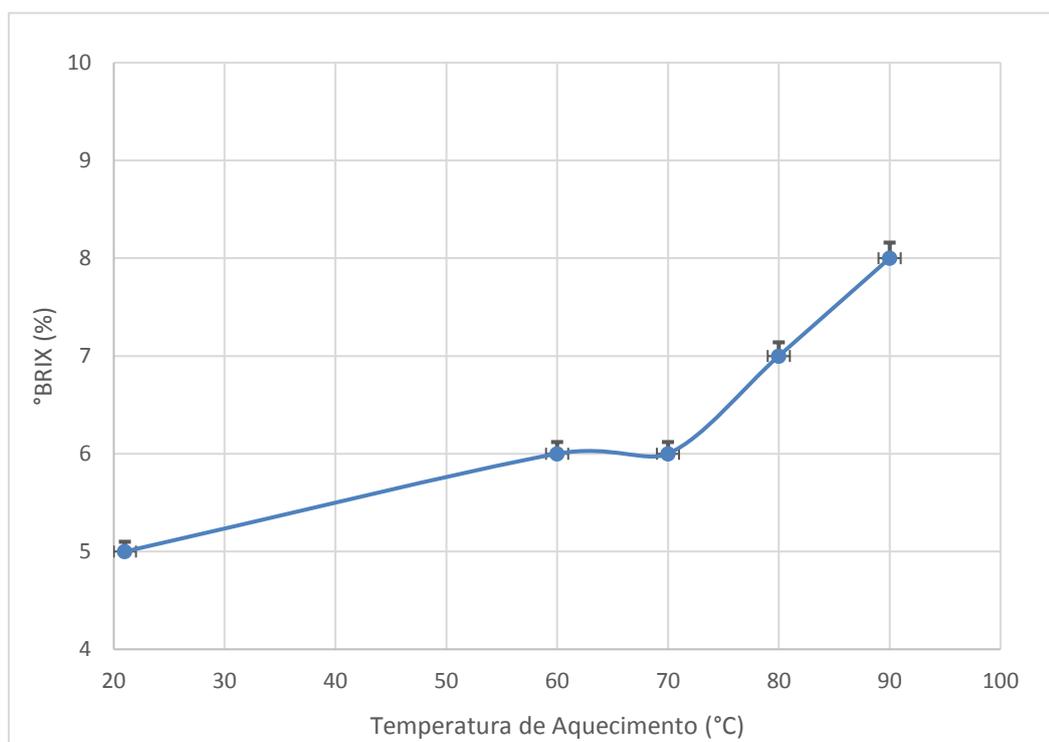
A Tabela 4 mostra os valores de pH das amostras in natura (21°C) e aquecidas. As alterações do pH das amostras estão relacionadas à presença do ácido cianídrico. O pH da amostra in natura foi o menor ($\pm 3,51$), demonstrando maior acidez que a amostra aquecida a 90°C, por exemplo, indicando a remoção de ácido cianídrico presente nas amostras, onde o valor do pH foi de $\pm 4,60$. A quantidade de sólidos solúveis também foi alterada com o aumento da temperatura e seu comportamento está representado na Figura 7.

Tabela 4- Valores de pH em amostras de maniveira em diferentes temperaturas.

Temperatura (°C)	pH (\pm)	Desvio
21°	3,51	0,05
60°	3,93	0,06
70°	4,05	0,02
80°	4,31	0,01
90°	4,60	0,03

Fonte: Próprio Autor (2019)

Figura 7- Valor de sólidos solúveis em °Brix em diferentes temperaturas.



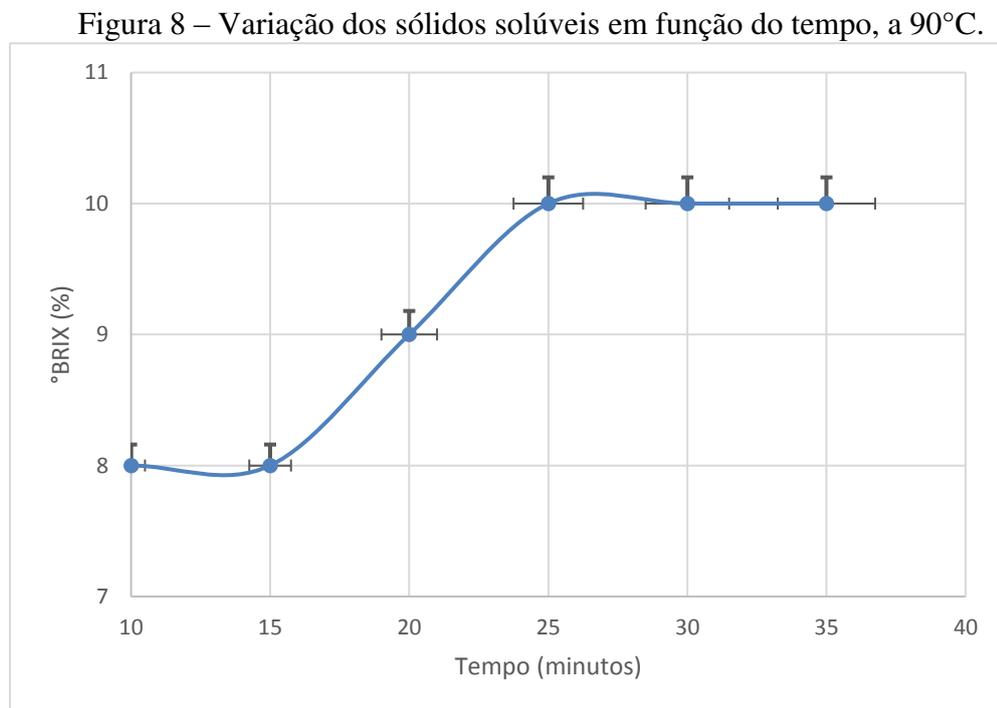
Fonte: Próprio Autor (2019)

Os valores de sólidos solúveis indicados pela Figura 7 mostram um aumento proporcional ao aumento de temperatura, isso ocorre devido à quebra das moléculas de amido presentes na manipueira, que são reduzidas à açúcares. Assim, as amostras aquecidas a 90°C, além de apresentarem remoção eficiente do ácido cianídrico, possuem maior quantidade de sólidos solúveis e, por essa razão, devem apresentar maior teor de álcool quando fermentadas.

O aumento desses valores também está relacionado à perda de massa dos componentes líquidos da manipueira, que alcançam ponto de ebulição durante o tratamento térmico, assim a quantidade de sólidos aumenta. Esse comportamento também pode ser observado para cana-de-açúcar no trabalho realizado por Kanzawa (2009).

5.3 Preparação para fermentação

A Figura 8 mostra a relação dos sólidos solúveis com a variação do tempo, a 90°C.



Fonte: Próprio Autor (2019)

A partir da Figura 8 é possível observar que, mesmo operando na melhor temperatura determinada inicialmente, houve alteração na quantidade de sólidos solúveis com a variação de tempo. Após 25 minutos de aquecimento, essa variável tornou-se constante até o tempo de

35 minutos. Desta forma, a melhor condição para preparar a manipueira para fermentação é aquecendo-a em temperatura igual a 90°C por 25 minutos.

5.4 Determinação do Teor de Álcool

O teste de validação do método titulométrico apresentou teor de álcool igual a 68,52% para o álcool etílico (70%), assim o desvio apresentado pelo método é de 2,11%.

Na Tabela 5 são apresentados os valores de sólidos solúveis das amostras de manipueira após adição de sacarose, a quantidade de álcool encontrada pelo método titulométrico e o teor de álcool produzido.

Tabela 5- Resultados para determinação de álcool pelo método titulométrico.

Amostra	Adição de sacarose (g)	Sólidos solúveis (°Brix)	Quantidade de álcool (g)	Teor de álcool (%)
1	-	10	10,00	2,50
2	10	12	11,27	2,81
3	15	13	17,45	4,36
4	20	15	20,88	5,22
In natura	-	5	0,78	0,19

Fonte: Próprio Autor (2019)

A partir da Tabela 5, é possível observar as alterações nos valores de °Brix, indicando o aumento na quantidade de sólidos totais solúveis após adição de sacarose nas amostras. A amostra 4, para qual houve maior adição de sacarose e, conseqüentemente, maior quantidade de sólidos solúveis, produziu maior teor de álcool, como previsto anteriormente.

A amostra 1 corresponde à manipueira tratada termicamente, porém sem adição de sacarose. Para essa amostra houve produção de 2,5% de álcool (v/v), indicando a capacidade de produção de álcool a partir da manipueira, uma vez que a levedura poderia sintetizar o etanol apenas devido à adição de sacarose. Esse resultado afirma que há na manipueira açúcares como potencial para produção de álcool.

A amostra 2 corresponde à manipueira tratada termicamente e como adição de 10 g de açúcar, para qual houve um pequeno aumento no teor de álcool produzido, passando de

2,5% na amostra 1 para 2,81%. A variação entre o teor de álcool produzido pelas amostras 1 e 2 estão relacionadas à pequena variação no °Brix das mesmas.

Já as amostras 3 e 4 apresentaram maiores teores de álcool produzido, 4,36% e 5,22%, respectivamente, devido à maior quantidade sólidos solúveis presentes em tais amostras. No estudo realizado por Mustafa et al. (2019) foram obtidos teores de álcool iguais 6,1% e 8,5%, para amostras com °Brix semelhantes aos do presente estudo.

A amostra fermentada in natura resultou em teor alcoólico menor que 1%, pois para essa amostra a manipueira possui elevado teor de ácido cianídrico, baixo pH e poucos sólidos solúveis. O baixo valor para o teor de álcool produzido pela fermentação dessa amostra é atribuída por Deleon et al. (2018) ao fato de a levedura não sobreviver em contato com o ácido cianídrico.

6 CONCLUSÃO

A metodologia utilizada mostrou um caminho para determinar o teor de álcool produzido com a fermentação da manipueira e sua validação pode ser constatada a partir de resultados semelhantes existentes na literatura.

As alterações do pH da manipueira após aquecimento indicam a remoção do ácido cianídrico, afirmando a possibilidade de remoção da toxicidade da manipueira. O aumento de sólidos solúveis das amostras termicamente tratadas demonstra a capacidade fermentativa da manipueira e que essa capacidade pode aumentar aplicando às amostras tratamentos de baixo custo, fator que deve ser levado em consideração, visto que o trabalho foi voltado para a produção de pequenos produtores rurais, podendo também serem aplicados para a produção industrial.

Tanto as alterações de pH quanto as de sólidos solúveis foram suficientes para determinar as melhores condições de pré-tratamento da manipueira visando a fermentação sem hidrólise enzimática ou ácida do amido.

SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS

Para ampliar os resultados deste estudo, sugere-se para trabalhos futuros o uso de enzimas na hidrólise do amido presente na manipueira, a realização de testes quantitativos para a determinação da quantidade de cianeto e o emprego de outros métodos de determinação do teor de álcool, como cromatografia líquida de alta eficiência. Além disso, é pertinente, baseado nas inúmeras aplicações apresentadas na literatura para a manipueira, a análise econômica desse processo em comparação às outras rotas de produção de álcool.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, Renato dos Santos de et al. **Influência da manipueira no processo germinativo de sementes de alface (*Lactuca sativa* L.)**. Cadernos de Agroecologia, [S.l.], v. 6, n. 2, nov. 2011. ISSN 2236-7934. Disponível em: <<http://revistas.aba-agroecologia.org.br/index.php/cad/article/view/10787>>. Acesso em: 29 July 2019.
- ALVES, A.A.C. **Cassava botany and Physiology**. In: HILLOCKS, R. J.; THRESH, J. M.; BELLOTTI, A. Cassava: biology, production and utilization. New York: Wallingford, UK, 2002. p. 67-89.
- AMORIM, M. C. C. de. **Estudos de caracterização, biodegradabilidade e tratamento de manipueira proveniente de casas de farinha**. Tese de Doutorado. Recife-PE: Universidade Federal de Pernambuco, 2015. p.20.
- AMORIM, S. L. de.; MEDEIROS, R. M. T. de.; RIETCORREA, F. **Intoxicações por plantas cianogênicas no Brasil**. UFCG. Ciência Animal, 16(1):17-26, 2006.
- ARAÚJO, J. S. P. **Produção de Farinha de Mandioca na Agricultura Familiar**. Programa Rio Rural. Niterói-RJ. Abril de 2009.
- ARIMORO, F. O., IWEGBUE, C. M. AND ENEMUDO, B. O. **Effects of Cassava effluent on benthic macroinvertebrate assemblages in a tropical stream in southern Nigeria**. Acta Zool. Lituanica, v.18, p. 147-156, 2008.
- BARANA, A. C.; CEREDA, M. P. **Avaliação do tratamento de manipueira de farinhas em biodigestores fase acidogênica e metanogênica**. Energia na Agricultura, v. 4, n. 15, p. 69-81, 2001.
- BETIOL, Lilian Fachin Leonardo. **Estudo das isotermas de adsorção do bagaço de mandioca proveniente da indústria de fécula**. Dissertação. Programa de pós-graduação em engenharia e ciência de alimentos. UNESP, São José do Rio Preto, 2016, 87 f.
- BORSZOWSKI, Paulo Rogério et al. **Utilização de Manipueira como Adubo Natural Alternativo para a Cultura do Morangueiro (*Fragaria x ananassa* Duch.)**. Cadernos de Agroecologia, [S.l.], v. 4, n. 1, dec. 2009. ISSN 2236-7934. Disponível em: <<http://revistas.aba-agroecologia.org.br/index.php/cad/article/view/3380>>. Acesso em: 29 July 2019.
- CÂMARA, A. C. L.; DALCIN, L.; SOTO-BLANCO, B. **Patogênese, sinais clínicos e epidemiologia das intoxicações por plantas cianogênicas no nordeste brasileiro**. Semina: Ciências Agrárias, n 35, 2014.
- CAMARGO K. F.; LEONEL M.; MISCHAN M. M. **Produção de biscoitos extrusados de polvilho azedo com fibras: efeito de parâmetros operacionais sobre as propriedades físicas**. Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas, v. 28, n. 3, p. 586-591, 2008.
- CAMILI, E. A.; CABELLO, C. **Produção de etanol de manipueira tratada com processo de flotação**. **Rev. Raízes Amidos Trop.** v. 3: Volume Especial- XII Congresso Brasileiro da

Mandioca- Paranaíba, 2007. Disponível em: <<http://revistas.fca.unesp.br/index.php/rat/article/view/1163>>. Acesso em: 23 July 2019.

CARDOSO, M. das G. **Produção de Aguardente de Cana**. 2.ed. Lavras:UFLA, 2006. 445p.

COELHO, J. D. **Produção de Mandioca – Raiz, Farinha e Fécula**. In: CADERNO SETORIAL ETENE – BANCO DO NORDESTE. n 3. Ed 44. Setembro de 2018. Disponível em: <https://www.bnb.gov.br/documents/80223/4049480/44_Mandioca.pdf/08b8f0c3-b88b-4d40-d5ec-4e2620bdcde>. Acesso em: 04 out. 2019.

CONAB Companhia Nacional de Abastecimento. **Perspectivas para a agropecuária / Companhia Nacional de Abastecimento – v.2 – Brasília: Conab, 2015- v. 1** Disponível em: <http://www.conab.gov.br> Anual ISSN: 2318-3241. 2019.

CUNHA et al. **Agroindústria da Mandioca: Caminho para sustentabilidade econômica dos beneficiadores do bairro de Campinos em Vitória da Conquista-BA**. Disponível em: <<http://www.sober.org.br/palestra/13/948.pdf>> Acesso em: 29 out 19.

DELEON et al. **Fermentação alcoólica da manipueira**. Disponível em: <http://www.comciti-roo.com.br/feciti/wp-content/uploads/2018/05/2018_P014.pdf>. Acesso em: 04 dez 2019.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Iniciando um pequeno grande negócio agroindustrial: processamento da mandioca**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. 115p: il. – (Série agronegócios).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Mandioca em números**. 2018. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/congresso-de-mandioca-2018/mandioca-em-numeros>>. Acesso em: 01 out. 2019.

FERREIRA, W. A.; BOTELHO, S. M.; CARDOSO, E. M. R; POLTRONIERI, M. C. **Manipueira: um adubo orgânico em potencial**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2001. 21p.

FIALHO, J. F.; VIEIRA, E. A. **Mandioca no Cerrado: orientações técnicas**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2011.

FUKUDA, W.M.G., SILVA, S.O., Porto, M. C. M. **Catálogo da germoplasma de mandioca. Caracterização e avaliação de germoplasma de mandioca (Manihot esculenta Cranz)**. Editora Embrapa CNPMF. Cruz das Almas – BA. 1997. 161p

GALINDO, C. M. **Intoxicação espontânea e experimental por tifton 68 (Cynodon nlemfuensis vanderyst) em bovino**. Lages, Santa Catarina, 2015.

HARMERSKI, F. **Estudo de variáveis no processo de carbonatação do caldo de cana-de-açúcar**. (Tese de Mestrado), Curitiba-PR.Universidade Federal do Paraná, 2009. 61p. Disponível em: <<http://acervodigital.ufpr.br>>. Acesso em: 04 dez.2019

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz**. Métodos

físico-químicos para análises de alimentos. 4ª ed. (1ª edição digital), 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Anuário estatístico do Brasil**. 2018. Disponível em: <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/23774-em-janeiro-ibge-preve-alta-de-1-9-na-safra-de-graos-de-2019>>. Acesso em: 01 out. 2019.

KUCZMAN, O.; GOMES, S.D.; TAVARES, M. H. F.; TORRES, D. G. B; ALCÂNTARA, M. S. **Produção específica de biogás a partir de manipueira em reator de fase única**. Eng. Agríc., Jaboticabal, v.31, n.1, p.143-149, jan./fev. 2011.

LATIF S, MÜLLER J. **Potential of cassava leaves in human nutrition: a review**. Trends Food Sci Technol. 2015. doi:10.1016/j.tifs.2015.04.006

LEONEL, M.; CEREDA, M. P. **Variabilidade de uso da manipueira como substrato de processo biológico. I: Caracterização do substrato armazenado a temperatura ambiente**. *Revista Brasileira de Mandioca*. Cruz das Almas, v. 15, n.1, p. 7-14, 1996.

LI, Q.;XIE, Q.; SHUJUAN, Y.; QUNYU, G. **Application digital image analysis method to study the gelatinization process starch/sodium chloride solution systems**. Food Hydrocolloids, doi:10.1016, p.1-11, 2013.

LIED, E. D. **Tratamento De Efluente Industrial de Fecularia Utilizando Macrófita Aquática Eichhornia Crassipes e Coagulante Natural**. Dissertação de Mestrado. Toledo – PR: UNIOESTE, 2012. 131p.

MAGALHÃES, A. G.; ROLIM, M. M.; DUARTE, A. S.; NETO, E. B.; TABOSA, J. N.; PEDROSA, E. M. R. **Desenvolvimento inicial do milho submetido à adubação com manipueira**. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 18, n. 7, p. 675681, 2014.

MAGALHÃES, G. C.; VIANA, A. E. S.; PONTE C. M. A.; CARDOSO, A. D.; CARDOSO JÚNIOR, N.S.; GUIMARÃES D.G.; ANJOS, D.N.; FERNANDES, E. T.; FOGAÇA J. J. N. **S. Teor de Ácido Cianídrico de Cinco Variedades de Mandioca em Diferentes Épocas de Colheita**. In: XIII CONGRESSO BRASILEIRO DE MANDIOCA. Botucatu-SP. Anuais do XIII Congresso Brasileiro de Mandioca. Botucatu-SP, 2009.

MICHELAN, A. C.; SCAPINELLO, C.; FURLAN, A. C.; MARTINS, E. L.; FARIA, H. G. de.; ANDREAZZI, M. A. **Utilização da casca de mandioca desidratada na alimentação de coelhos**. Dissertação. Universidade Estadual de Maringá. Maringá, v. 28, n. 1, p. 31-37, 2006.

MONOCHIO, Carolina. **Produção de Bioetanol de cana-de-açúcar, milho e beterraba: uma comparação dos indicadores tecnológicos, ambientais e econômicos**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal de Alfenas– Campus de Poços de Caldas, MG. p.33, 2014.

MOSSINI, S.A.G.; INOUE, J.K.; JUNIOR, M.M.; NISHIYAMA, P. **Validação do método titulométrico para determinação de etanol em sangue utilizando ácido nítrico 54% e ácido sulfúrico concentrado**. *Revista Brasileira de Análises Clínicas*, v. 43, n. 2, p. 100-105, 2011

MUSTAFA, H. M.; SALIHU, D.; ABDULRAHMAN, B.; ABDULLAHI, I. **Bio-ethanol production from cassava (*Manihot Esculenta*) waste peels using acid hydrolysis and fermentation process.** Science World Journal, v. 14. n. 02. 2019

NASU, E. G. C.; PIRES, E.; FERMENTINI, H. N.; FURLANETTO, C. **Efeito de manipueira sobre *Meloidogyne incognita* em ensaios in vitro e em tomateiros em casa de vegetação.** Tropical Plants Pathology, v.35, p.32-36, 2010.

OLIVEIRA, Cristina Soltovski de. **Tratamento físico e caracterização térmica, reológica e estrutural de amidos nativos e das misturas binárias de amidos de mandioca, batata doce e batata.** Dissertação. Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Universidade Estadual de Ponta Grossa – PR, 2014.

OLIVEIRA, Suzana Mali de; MARIM, Beatriz Marjorie. **Emprego de Bandejas Biodegradáveis de Bagaço de Mandioca e Álcool Polivinílico Como Embalagem de Alimentos.** BBR – Biochemistry and Biotechnology Reports, Número Especial v. 2, n. 3, p. 343-346, 2013.

RAJA K. C. M.; **Cassava starch: scope and limitations, in New Developments in Carbohydrates and Related Natural Products.** Oxford & IBH Publishing, New Delhi, p.55–62, 1995.

RAMALHO, Rondon Tosta. **Linamarina: um novo anti-tumoral?.** Seminários UCDB – Universidade Católica Dom Bosco. 2012. Disponível em: <https://pt.slideshare.net/rondontosta?utm_campaign=profiletracking&utm_medium=ssssite&utm_source=ssslideview>. Acesso em: 09 out. 2019.

REBOUÇAS, C. S.; FREITAS, A. G. B.; BERY, C. C. S.; SILVA, I. P.; OLIVEIRA JÚNIOR, A. M.; SILVA, G. F. **Utilização de um sistema para a redução do ácido cianídrico presente na manipueira utilizando energia solar.** Revista GEINTEC, v. 5, n. 1, p.1809-1819. 2015.

RIBAS, M. M. F.; BARANA. A. C. **Start-up adjustment of a plug-flow digester for cassava wastewater (manipueira) treatment.** Scientia Agrícola, v. 60, n.2, p.223-229. 2003.

SANT'ANNA Jr., G L. **Tratamento Biológico de efluentes: Fundamentos e aplicações.** Rio de Janeiro. Editora Interciência, 2010. 418p.

SANTOS, A. **Avaliação ambiental estratégica aplicada à cadeia produtiva da mandioca na Microrregião Sudoeste da Bahia.** Tese Doutorado. Barcelona, Espanha, 2013. 639p.

SCHIRMER, M.; HOCHSTOTTER, A.; JEKLE, M.; ARENDT, E.; T, B. **Physicochemical and morphological characterization of different starches with variable amylose/amylopectin ratio.** Food Hydrocolloids, v. 32, p. 52-63, 2013.

SCOTT G. J., ROSEGRANT M. W., RINGLER C. **Roots and tubers for the 21st century (brief).** The 2020 Vision, International Food Policy Research Institute (IFPRI). 2000.

SEBRAE. **O que é etanol?** Disponível em: <<http://www.sebrae.com.br/setor/agroenergia/o-setor/etanol/o-que-e>>. Acesso em: 16 ago. 2019

SILVA, J. de S. **Produção de álcool combustível na fazenda e em sistema cooperativo.** Viçosa, 2007. Disponível em: <http://www.ufv.br/poscolheita/Produ%C3%A7%C3%A3o_de_%C3%A1lcool_combust%C3%ADvel_index.htm>. Acesso em: 09 out. 2019.

SILVA, T. R. M. da., VIEIRA, Y. S., FERREIRA, F. D. **Estudo do Marketing da Cerveja Magnífica do Maranhão.** In: XXI CONGRESSO DA CIÊNCIA DA COMUNICAÇÃO NA REGIÃO NORDESTE. Sociedade Brasileira de Estudos Interdisciplinares da Comunicação. São Luís – MA. 2019. Disponível em: <<http://portalintercom.org.br/anais/nordeste2019/resumos/R67-0391-1.pdf>>. Acesso em: 04 de out. 2019.

SOUZA, A. S. de.; GONÇALVES, R. W.; SILVA, E. S. P.; MENDES, G. A.; SANTOS, D. C. de.; MAIA, T. L. **Utilização da raspa da mandioca na alimentação animal.** PUBVET, Londrina, V. 4, N. 14, Ed. 119, Art. 805, 2010.

SREEJA, V.G.; NAGAHARA, N.; LI, Q.; MINAMI, M. **New aspects in pathogenesis of konzo: neural cell damage directly caused by linamarin contained in cassava (Manihot esculenta Crantz).** British Journal of Nutrition, v.90, p.467-472, 2003

SUMAN, Priscila Aparecida et al. **Efeitos de parâmetros de fermentação na produção de etanol a partir de resíduo líquido da industrialização da mandioca (manipueira).** Acta Scientiarum. Technology, v. 33, n. 4, p. 379-384, 2011. ISSN: 1806-2563. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=303226533007>>. Acesso em: 29 July 2019.

SUN, L.; WAN, S.; YU, Z.; WANG, Y.; WANG, S. **Anaerobic biological treatment of high strength cassava starch wastewater in a new type up-flow multistage anaerobic reactor.** Bioresource Technology, v. 104, p. 280 – 288, 2012.

TIEZZI, Vicênzo Silva. **Aproveitamento de resíduos da indústria de processamento de mandioca para produção de álcool.** Trabalho de Conclusão de Curso. Florianópolis-SC, 2015.

VILHALVA, D. A. A.; SOARES JÚNIOR, M.; MOURA, C. M. A. de.; CALIARI, M.; SOUZA, T. A. C.; SILVA, F. A. da. **Aproveitamento da farinha de casca de mandioca na elaboração de pão de forma.** Rev Inst Adolfo Lutz. São Paulo, 2011; 70(4):514-21.

ZAGO, B. W.; HOOGERHEIDE, E. S. S.; SILVA, B. R. da; BARELLI, M. A. A. **Avaliação de acessos de mandioca quanto ao teor de ácido cianídrico em raízes fresca.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE RECURSOS GENÉTICOS, 4., 2016, Curitiba, PR. Disponível em : <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/152802/1/2016-cpamt-hoogerheide-mandioca-teor-acido-cianidrico.pdf>>. Acesso em: 01 out. 2019.

ZHANG, M.; XIE, L.; XIN, Z.; KHANAL, S. K.; ZHOU, Q. **Biorefinery approach for cassava-based industrial wastes: current status and opportunities.** Bioresource technology. 2016. pp.50-62.

ZHU W., LESTANDER T. A., ORBERG H et al. **Cassava stems: a new resource to increase food and fuel production.** 2015. *GCB Bioenergy* 7: 72–83. doi:10.1111/gcbb.12112.