



ISSN: 2447-5580

Disponível em: <http://periodicos.ufes.br/BJPE/index>



Brazilian Journal of
Production Engineering

BJPE - Revista Brasileira de Engenharia de Produção



Campus São Mateus
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

ARTIGO ORIGINAL

OPEN ACCESS

SIMULAÇÃO DO PROCESSO DE FERMENTAÇÃO ALCOÓLICA DO BIOETANOL A PARTIR DO RESÍDUO DE BATATA-DOCE (IPOMOEA BATATAS L. (LAM.))

SIMULATION OF THE ALCOHOLIC FERMENTATION PROCESS OF BIOETHANOL FROM POTATO WASTE RESIDUE (IPOMOEA BATATAS L. (LAM.))

Marcelo dos Santos Damasio Gomes¹; Hídila Souza Teixeira da Silva²; Eduardo Nunes da Silva Filho³; Lígia Marcondes Rodrigues dos Santos^{4*}; Cristiane de Souza Siqueira Pereira^{5*}

^{1 2 3 4 5} Curso de Engenharia Química da Universidade de Vassouras, Vassouras, RJ, Brasil.
*marcelosdsgomes@hotmail.com

ARTIGO INFO.

Recebido em: 12/11/2018

Aprovado em: 14/11/2018

Disponibilizado em: 24/04/2019

PALAVRAS-CHAVE:

Simulação; Bioetanol; Batata-doce.

KEYWORDS:

Simulation; Bioethanol; Sweet potato

Copyright © 2019, Gomes et al. Esta obra está sob uma Licença Creative Commons Atribuição-Uso.

*Autor Correspondente: Marcelo dos Santos Damasio Gomes

RESUMO

A fim de minimizar o desperdício de alimentos e maximizar o reaproveitamento destes como matéria primas renováveis, destaca-se a batata-doce como alternativa de matéria-prima para produção do bioetanol. O presente trabalho teve como objetivo avaliar o potencial energético do resíduo de batata-doce para produção de bioetanol utilizando para a fermentação alcoólica um fermento comercial onde sua composição possui a levedura *Saccharomyces cerevisiae*. Esses resultados foram comparados com a simulação no software SuperProDesing e estudos realizados usando fontes energéticas. Através das análises preliminares físico-químicas, ensaios experimentais e a simulação do

processo de fermentação, estes constataram a viabilidade da produção de álcool utilizando a batata-doce como resíduo. Os resultados mostraram um volume de álcool promissor. Como a produção de etanol envolve o uso total dos resíduos como fonte energética, isso contribui com a diminuição de resíduos desperdiçados anualmente no mundo.

ABSTRACT

In order to minimize food waste and maximize their reuse as renewable raw sweet potato as an alternative raw material for the production of bioethanol. The present study objective of assessing the energy potential of sweet potato residue for bioethanol production using alcoholic fermentation a commercial ferment where its composition has the yeast *Saccharomyces cerevisiae*. These results were compared with the simulation in the SuperProDesing software and using energy sources. Through the preliminary physical-chemical analyzes, experimental and simulation of the fermentation process, they verified the viability of the alcohol production using the sweet potato as residue. The results showed promising alcohol volume. As the production of ethanol involves the total use of waste as an energy source, this contributes to the reduction of waste annually in the world.



Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial-CompartilhaIgual 4.0 Internacional. **Brazilian Journal of Production Engineering**, São Mateus, Editora UFES/CEUNES/DETEC.

INTRODUÇÃO

Projetos de pesquisas e desenvolvimentos de biocombustíveis nos últimos anos têm recebido atenção mundial, devido uma preocupação maior com o desenvolvimento de fontes de energias renováveis e menos prejudiciais a natureza, aumentando sua matriz energética e menor dependência de energia oriunda dos combustíveis fósseis (ANP, 2016). A energia química se encontra em combustíveis e alimentos, sendo vitais para o homem. A bioenergia pode ser definida como toda e qualquer forma de energia química mediante processos fotossintéticos. Geralmente, denomina-se biomassa os recursos naturais que dispõe de bioenergia e que através de processamentos podem fornecer formas bioenergéticas. Portanto, biocombustíveis líquidos, como o bioetanol e o biodiesel, seriam exemplos de fontes de bioenergia (BNDES; CGEE, 2008).

A posição geográfica, áreas disponíveis, condições climáticas, técnicas agrícolas e o agronegócio já consolidado favorecem o aproveitamento dos recursos naturais e justificam o crescimento da participação dos biocombustíveis na matriz energética do Brasil. Como os gases gerados na sua queima são reabsorvidos no crescimento da seguinte safra, fica estabelecido um equilíbrio entre emissão e absorção de poluentes. Devido seu ciclo ser autossustentável, esta fonte não contribui para o acúmulo de gases do efeito estufa. Além disso, biocombustíveis como o etanol e o biodiesel, que contém oxigênio em sua composição, são grandes influenciadores na redução das emissões de monóxido de carbono (CO) quando adicionados aos combustíveis fósseis (ABREU; OLIVEIRA; GUERRA, 2010).

Em níveis mundiais, entre um quarto e um terço dos alimentos produzidos anualmente para o consumo humano se perde ou é desperdiçado. Isso é equivalente a aproximadamente 1,300 bilhões toneladas de alimentos, na qual inclui 30% dos cereais, entre 40 e 50% das raízes, frutas, hortaliças e sementes oleaginosas, 20% da carne e produtos lácteos e 35% dos peixes. Segundo uma estimativa, cerca de 6% das perdas mundiais de alimentos ocorrem na América Latina. No Brasil, a fome afeta cerca de 14 milhões de pessoas. Na venda, o desperdício nacional chega a 22 bilhões de calorias, o que seria capaz de satisfazer as necessidades nutricionais de 11 milhões de pessoas (FAO, 2018).

Neste contexto, a batata-doce, usada em maior parte para alimentação, tem sido direcionada como alternativa de matéria-prima para produção de bioetanol devido seu curto ciclo de produção (duas safras anuais), fácil adaptação a solos de baixa fertilidade e por se enquadrar no sistema de agricultura familiar (RIZOLLO, 2014).



De acordo Rizzolo et al. (2014) a batata-doce é uma matéria-prima contém alto teor de carboidratos na forma de amido. O amido da batata-doce, depois de hidrolisado à glicose, juntamente com outros açúcares redutores presentes na planta em quantidades menores, pode ser fermentado para a produção de etanol.

Na forma mais simples, a produção do álcool a partir da hidrolise do amido e posterior fermentação é descritas a seguir:



Atualmente a hidrólise enzimática vem sendo amplamente utilizada por indústrias na produção de etanol de origem amiláceas. Uma das vantagens da catálise enzimática é sua especificidade, sendo muito maior em comparação com a catálise química, quanto à reação e quanto ao substrato (TORRES, 2012).

Não é possível fermentar de forma direta o amido, sendo assim, é necessário hidrolisar suas cadeias para obter glicose. Durante o processo hidrolítico, é necessário o uso de enzimas eficientes para quebrar as ligações glicosídicas (ZANIN et al, 2000).

A enzima α -amilase é responsável por hidrolisar ligações α -1,4 em polissacarídeos amídicos, gerando glicose e as glicosidases são responsáveis por liberar α -D-glicose a partir da cadeia glicosídica. Essas enzimas são facilmente encontradas em animais e plantas (VIEIRA JÚNIOR, 2006).

Além do processo de produção do álcool de batata-doce, vale destacar a agregação de valor aos subprodutos gerados neste processo. Pensando no aproveitamento deste, sugere-se o desenvolvimento de rações destinadas a alimentação de animais e peixes (SILVEIRA, 2008).

Nesse cenário, a fim de minimizar o desperdício de alimentos e maximizar o reaproveitamento destes como matéria primas renováveis, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o potencial energético do resíduo de batata-doce para produção de bioetanol. Avaliou-se o processo experimental e a simulação do mesmo.



MATERIAIS E MÉTODOS

O processo em escala de bancada foi realizado no laboratório da Universidade de Vassouras onde foi conduzido todo o processo fermentação do resíduo e as análises físico-químicas. O resíduo de batata-doce utilizado foi gentilmente cedido por um estabelecimento comercial da cidade de Vassouras/RJ, que assim como inúmeros outros estabelecimentos locais, não possuem destinação para reaproveitamento dos resíduos produzidos, descartando cerca de 10 kg de resíduos sólidos por semana. A Figura 1 ilustra o resíduo cedido para o estudo.

Figura 1. Resíduo de batata-doce.



Fonte: Os Autores

Como a batata doce é rica em amido, é necessário um pré-tratamento para hidrólise do amido. Para isso, utilizaram-se as enzimas α -amilase fúngica (SPRING ALFA 40.000) e a enzima amiloglucosidase (SPRING AG). Para o processo de fermentação utilizou-se um fermento biológico comercial contendo em sua composição a levedura *Saccharomyces cerevisiae*. As Figuras 2 e 3 ilustram o fermento biológico e a enzima α -amilase, respectivamente.

Figura 2. Fermento biológico comercial.



Citação (APA): GOMES, M. S. D., SILVA, H. S. T., SILVA-FILHO, E. N.; SANTOS, L. M. R. & PEREIRA, C. S. S. (2019). Simulação do processo de fermentação alcoólica do bioetanol a partir do resíduo de batata-doce (*Ipomoea batatas* L. (lam.)). *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(2): 191-202.



Fonte: Os Autores

Figura 3. Enzima α amilase.

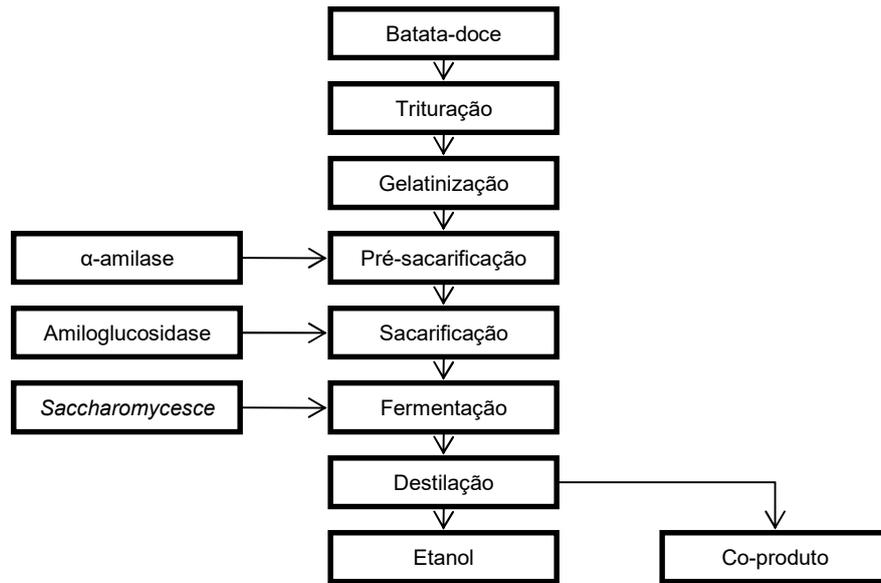


Fonte: Os Autores

O processo de fermentação do bioetanol a partir do resíduo da batata-doce seguiu a metodologia citada por SILVEIRA (2008). O Fluxograma é ilustrado abaixo.

Figura 5. Fluxograma de produção de bioetanol com resíduo de batata-doce.





Fonte - Adaptado de SILVEIRA, 2008.

Inicialmente a matéria prima foi lavada para remoção das impurezas. Utilizou-se 300 gramas de biomassa e as mesmas passaram por um processo de trituração. Em seguida, adicionou-se a esta 400 ml de água destilada, totalizando uma quantidade aproximada de 800 ml de mosto. Na etapa de gelatinização do amido, o mosto foi submetido ao aquecimento por cerca de 20 minutos na faixa de temperatura entre 68 – 74 °C. Após gelatinização, ajustou-se o pH do mosto em 8,5 com uma solução de hidróxido de sódio 1M e a temperatura foi elevada para 90 °C. Após esta etapa adicionou-se a enzima α -amilase (0,625 g/L de mosto) responsável pela hidrólise das ligações (1,4)-alfa-D-glicosídicas do amido. O processo ocorreu por 60 minutos. Em seguida, o mosto foi resfriado até 60 °C e o pH foi ajustado para 4,5 com uma solução de ácido clorídrico 1M (pH ideal da enzima amiloglucosidase). Adicionou-se a enzima amiloglucosidase(0,625 g/L de mosto) e o processo ocorreu por 60 minutos.

Após a sacarificação, o mosto foi resfriado em banho de gelo até atingir 25 °C e o pH foi mantido em 4,5. (pH ótimo para desenvolvimento da levedura *Saccharomycescerevisiae*). Em seguida, a concentração de sólidos solúveis foi corrigida para 10°Brix com água destilada e adicionou-se 100g de fermento biológico comercial contendo a levedura *Saccharomycescerevisiae*..

Vedou-se a amostra e o processo de fermentação ocorreu com agitação durante 8 horas e 16 horas sem agitação (durante o atual projeto, o laboratório da Universidade estava trabalhando em escala reduzida, por isso intercalamos a agitação do processo), por um período de 5 dias.



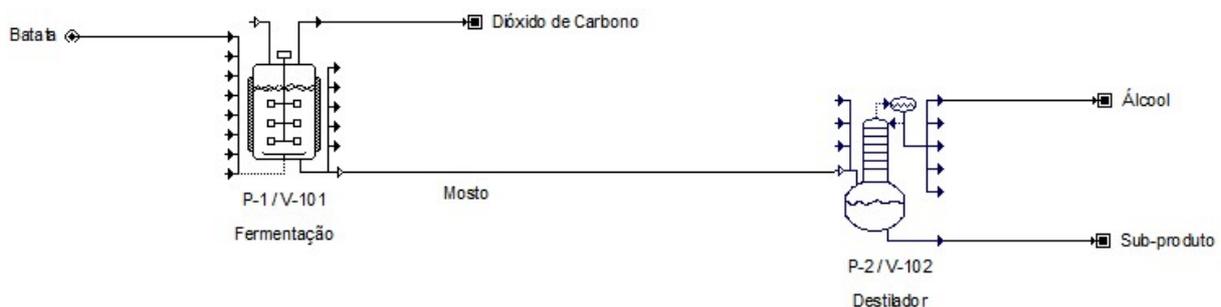
Após o período de fermentação, o fermentado alcoólico passou pelo processo de destilação. O volume obtido foi separado e armazenado para análises. O co-produto separado no processo de destilação foi armazenado para futuras pesquisas na área de produção de ração animal.

Para avaliar o potencial energético do resíduo de batata-doce para produção de bioetanol, foram realizadas as análises físico-químicas através das metodologias: determinação do pH (201/IV), para determinação de ° Brix (315/IV) e determinação de grau alcoólico (217/IV), ambos de Adolfo Lutz, 2008.

SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL

A simulação do processo de fermentação da batata doce foi desenvolvida no simulador de processos SuperPro Designer. A Figura 6 ilustra o fluxograma do processo de fermentação e destilação.

Figura 6. Processo de fermentação do resíduo de batata doce.



Fonte: Adaptado de SuperPro Designer

Um levantamento prévio dos principais componentes da batata-doce foi realizado, e esse serviu como referencial para o presente estudo. Baseando em informações da EMBRAPA, 2018a batata-doce é composta basicamente por água, carboidratos, sais, gorduras e proteínas.



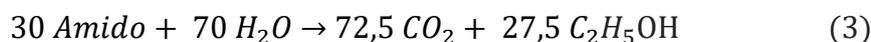
A Tabela 1 apresenta a porcentagem de cada componente. De posse destes dados, os componentes foram cadastrados no banco de dados do simulador.

Tabela 1. Composição química da batata-doce.

Composição Química	%
Água	70,00
Carboidrato	26,1
Outros (sais, gorduras, proteínas)	3,9

Fonte: Adaptado de Embrapa, 2018.

Para a alimentação do sistema considerou-se uma corrente de fluxo mássico de 100 kg/dia e o fermentador operou a 1 atm e 25°C. A reação de fermentação no simulador é representada na equação 3.



A composição da alimentação do sistema é representada na tabela 2.

Tabela 2. Alimentação do resíduo no fermentador.

Componente	Quantidade (kg/dia)
Água	70,00
Amido	30,00

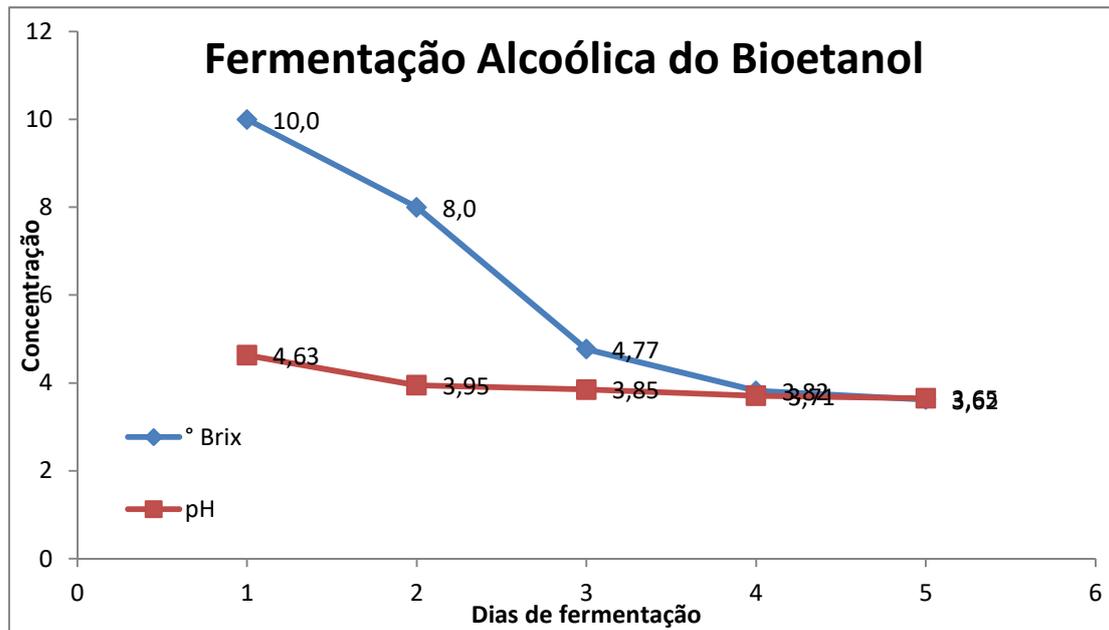
Fonte – Relatório do SuperPro Designer.



RESULTADOS E DISCUSSÃO

A concentração de álcool anidro obtida em escala de bancada foi de $10,25 \pm 0,90$ mL, através da metodologia 217/IV de (ADOLFO LUTZ, 2008). O Figura 7 representa os resultados das análises físico-químicas realizadas durante cada dia do processo de fermentação.

Figura 7. Análises de °Brix e pH durante cada dia de fermentação.



Fonte – Autor.

O ° Brix inicial do processo de fermentação foi de 10 ° Brix. Ao longo do período de fermentação foi possível observar uma queda de concentração, devido às leveduras estar consumindo o açúcar presente no fermentado e o transformando em álcool. Devido ao curto tempo de fermentação (cinco dias), não foi possível zerar o ° Brix.

Entre o início e fim do processo de fermentação, foi possível constatar uma pequena variação no pH, permanecendo todo o processo em meio ácido (abaixo de 7, o pH é classificado como ácido).

Na simulação o álcool pode ser obtido no topo do destilador, com um fluxo mássico de 2,75 kg/dia ou 3,48452 L/dia, convertendo as unidades. O fluxo mássico no fundo do destilador foi



de 27,00 kg/dia e 63,00kg/dia para água e sub-produto da geração respectivamente. A Tabela 3 descreve as saídas de topo e fundo do destilador.

Tabela 3. Fluxo mássico de saída do topo e fundo do Destilador.

Componente	Fluxo mássico (kg/dia)
Topo	
Álcool	2,75
Fundo	
Água	27,00
Sub-produto resíduo	63,00

Fonte – Adaptado de SuperPro Designer.

CONCLUSÃO

Através das análises preliminares físico-químicas em escala de bancada e a simulação do processo de fermentação da batata-doce desenvolvida no simulador de processos SuperPro Designer, constataram a viabilidade da produção de álcool a partir da batata-doce descartada de um estabelecimento em Vassouras/RJ. Os resultados mostraram um volume de álcool promissor. O presente trabalho dará seguimento aos estudos em busca de maior rendimento do processo, resultando numa melhor quantificação de etanol. Como a produção de etanol envolve o uso total dos resíduos como fonte energética, isso contribui com a diminuição de resíduos desperdiçados anualmente no mundo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, Y. V.; OLIVEIRA, M. A. G.; GUERRA, S. M. G. *Energia, economia, rotas tecnológicas*: Textos selecionados. I Edição. Málaga: Eumed.Net, 2010. Disponível em < <http://www.eumed.net/libros-gratis/2010e/827/index.htm> >. Acesso em: 19 Set 2018. ISBN 978-84-693-6489-5.



Citação (APA): GOMES, M. S. D., SILVA, H. S. T., SILVA-FILHO, E. N.; SANTOS, L. M. R. & PEREIRA, C. S. S. (2019). Simulação do processo de fermentação alcoólica do bioetanol a partir do resíduo de batata-doce (*Ipomoea batatas* L. (lam.)). *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(2): 191-202.

ANP. *Biocombustíveis*. Brasília: Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, 2016. Disponível em <<http://www.anp.gov.br/biocombustiveis>>. Acesso em: 17 Out 2018.

BIOCANA. *Estudo revela cana e ATR necessários para produzir etanol e açúcar*. Catanduva: BIOCANA Associação de Produtores de Açúcar, Etanol e Energia, 2010. Disponível em:<<http://www.biocana.com.br/index.php/noticia/visualizar/estudo-revela-cana-e-atr-necessarios-para-produzir-etanol-e-acucar>>. Acesso em: 15 Out 2018.

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS (CGEE). *Bioetanol de cana-de - açúcar : energia para o desenvolvimento sustentável*. 1º Edição. Rio de Janeiro, 2008. Disponível em < file:///C:/Users/marce/Downloads/Bioetanol%20da%20cana-de-acucar_P%20(1).pdf >. Acesso em: 22 Set 2018. ISBN 978-85-87545-24-4.

EMBRAPA. *Como plantar batata-doce*. Brasília: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa, 2008. Disponível em <<https://www.embrapa.br/hortalias/batata-doce/composicao>>. Acesso em: 29 Out 2018.

FAO. *Perdas e desperdícios de alimentos na América Latina e no Caribe*. Roma: Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO), 2018. Disponível em <<http://www.fao.org/americas/noticias/ver/pt/c/239394/>>. Acesso em: 28 Ago 2018.

IAL (INSTITUTO ADOLFO LUTZ). *Métodos físico-químicos para análise de alimentos*. 4 ed. São Paulo: IAL, 2008. 1018p. Disponível em <http://www.ial.sp.gov.br/resources/editorinplace/ial/2016_3_19/analisedealimentosial_2008.pdf>. Acesso em: 25 Ago 2018. ISBN 9788533410387.

ORTIZ, S. *Produção de bioetanol a partir de resíduos agroindustriais*. 2010. 74f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química), Universidade Regional de Blumenau, Blumenau-SC, 2010. Disponível em <http://www.bc.furb.br/docs/DS/2010/346068_1_1.pdf>. Acesso em: 29 Out 2018.

RIZZOLO, J. A. *Estudo para o aproveitamento biotecnológico de variedades de batata-doce [*Ipomoea batatas* (L.) Lam] na fermentação alcoólica para a produção de etanol combustível e aguardente*. 2014. 122 f. Tese (Pós-graduação em Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia) - Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014. Disponível em < <https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/47464/R%20-%20T%20-%20JOANA%20ANTUNEZ%20RIZZOLO.pdf?sequence=1&isAllowed=y> >. Acesso em: 17 Out 2018.

SILVEIRA, M. A. et al. *A cultura de batata-doce como fonte de matéria prima para etanol*. Boletim Técnico da Universidade Federal de Tocantins – UFT, Tocantins, 2008. 38 p. Disponível em <<http://www.sudam.gov.br/conteudo/destaques/arquivos/Etanol/BOLETIM-TECNICO-UFT.pdf>>. Acesso em: 21 Set 2018.



Citação (APA): GOMES, M. S. D., SILVA, H. S. T., SILVA-FILHO, E. N.; SANTOS, L. M. R. & PEREIRA, C. S. S. (2019). Simulação do processo de fermentação alcoólica do bioetanol a partir do resíduo de batata-doce (*Ipomoea batatas* L. (lam.)). *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(2): 191-202.

Torres' L. M.; Leonel, M.; Mischan, M. M. *Concentração de enzimas amilolíticas na hidrólise do amido de gengibre*. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.42, n.7, p.1327-1332, jul, 2012. Disponível em < <http://www.scielo.br/pdf/cr/v42n7/a19212cr4211.pdf>>. Acesso em: 08 Out 2018. ISSN 0103-8478

VIEIRA JÚNIOR, A. *Alfa e beta-amilase no metabolismo do amido durante o amadurecimento da banana: clonagem, expressão e caracterização molecular*. 2006. 91f. Tese (doutorado) – Faculdade de Ciências Farmacêutica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006. Disponível em < http://pct.capes.gov.br/teses/2006/926568_6.PDF>. Acesso em: 07 Out 2018.

ZANIN, G. M. et al. *Brazilian Bioethanol Program*. *Applied Biochemistry and Biotechnology*. v. 84-86, p. 1147-1161, 2000.

