

## POTENCIAL DO RESÍDUO DO PROCESSAMENTO DA MANDIOCA PARA PRODUÇÃO DE ETANOL DE SEGUNDA GERAÇÃO<sup>1</sup>

DAIANA GOTARDO MARTINEZ<sup>2</sup>; ARMIN FEIDEN<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Aceito para Publicação no 1º Trimestre de 2017.

<sup>2</sup>Universidade Estadual do Oeste do Paraná – Mestrado Engenharia de Energia na Agricultura, daiana.gmartinez@yahoo.com.br

<sup>3</sup>Professor Dr. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, armin.feiden@gmail.com

**RESUMO:** A mandioca (*Manihot esculenta crantz*) é uma planta originária da América do Sul, provavelmente do Brasil Central, sendo atualmente cultivada em vários países. Considerando-se os principais tipos de processamento das raízes de mandioca no Brasil, como a fabricação de farinha de mandioca e a extração de fécula, os subprodutos gerados podem ser sólidos ou líquidos possuindo uma alta capacidade poluidora, podendo causar grandes impactos ao meio ambiente. Desta forma, esta revisão bibliográfica tem por objetivo caracterizar os resíduos provenientes do farelo da mandioca como uma biomassa potencial para a produção de bioetanol. O resíduo sólido, chamado de farelo ou bagaço de mandioca, vem sendo estudado, como matéria-prima para a produção de etanol de segunda geração, visto ser um resíduo rico em amido. O processo de obtenção do etanol de segunda geração ocorre através da hidrólise enzimática que converte a celulose e a hemicelulose em açúcares menos complexos passíveis de fermentação e posterior destilação.

**PALAVRAS-CHAVE:** Mandioca, Etanol, Segunda geração.

**ABSTRACT:** Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) is a plant of South America, probably from Central Brazil, currently being grown in several countries. Considering the main types of processing of cassava roots in Brazil, such as cassava flour production and starch extraction, the by-products generated can be solid or liquid having a high capacity polluting and can cause major environmental impacts. Thus, this review are to characterize the waste from the meal of cassava as a potential biomass for the production of bioethanol. The solid residue, called bran or cassava bagasse, is being studied as a feedstock for second generation ethanol, as it is a rich residue in starch. The process of getting the second-generation ethanol occurs via the enzymatic hydrolysis which converts the cellulose and hemicellulose in less complex sugars capable of fermentation and subsequent distillation.

**KEYWORDS:** Cassava, Ethanol, Second generation.

## Introdução

Entre todas as culturas, a mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é considerada de alta produtividade de calorias e a de maior eficiência biológica como fonte de energia (SILVA et al., 2012). Além de ser uma planta de fácil cultivo, em função dos baixos custos de produção, ampla adaptação as mais variadas condições de clima, solo e tolerância ao ataque de insetos. No Brasil esta espécie é cultivada em todas as regiões. A mandioca tem papel importante na alimentação humana e animal, assim como matéria-prima para diversos derivados industriais, além da expressiva participação na geração de emprego e renda, especialmente para pequenos produtores (OTSUBO; FARIAS, 2002).

Os maiores produtores do país são os Estados do Pará e da Bahia, entretanto, sua produção é destinada basicamente à produção de farinha para consumo humano. O Estado do Paraná destaca-se como maior produtor de amido com 70,1% da produção nacional, seguido pelo Estado do Mato Grosso Sul com 20,3%, São Paulo com 8,7%, e os Estados de Bahia, Pará e Santa Catarina com apenas 0,3% (ABAM 2014).

A utilização visando o benefício industrial da mandioca gera, porém, uma série de resíduos cujo impacto no meio ambiente pode ser extremamente danoso. Os principais resíduos gerados são: resíduos sólidos, como casca marrom, entrecasca, descarte, crueira, fibra, bagaço e varredura; e resíduos líquidos como água de lavagem; manipueira (água vegetal ou água de prensa) e água de extração de fécula (DEL BIANCHI, 1998).

Durante o processo de extração da fécula de mandioca é gerado o farelo, resíduo sólido composto pelo material fibroso da raiz e parte da fécula que não foi possível extrair no processamento (LEONEL et al., 1999). Este farelo tem sido disposto em valas por grande parte das fecularias, outras utilizam o farelo, juntamente com complementos proteicos, na formulação de ração para bovinos, além destas destinações pode-se fazer empregando-o como substrato para produção de etanol (NEVES, 2004). Com este cenário, diversos estudos vêm sendo desenvolvidos visando o uso deste resíduo como matéria-prima para a produção de xarope de glicose, etanol (RAUPP et al., 2002).

As razões para o interesse pelos biocombustíveis, como o etanol são muitas e variam de um país para outro e também ao longo do tempo, tendo como principais fatores: diminuir a dependência externa de petróleo, por razões de segurança e suprimento ou impacto na balança de pagamentos, minimizar os efeitos das emissões veiculares na poluição local, principalmente nas grandes cidades e controlar a concentração de gases do efeito estufa na atmosfera (LEITE; LEAL, 2007).

O processo de obtenção de etanol de segunda geração, também conhecido como etanol celulósico, advém da utilização do material lignocelulósico encontrado nas plantas e antes não aproveitado para este fim (SOUZA, 2013). O farelo de mandioca é um resíduo sólido da extração de amido e que ainda contém alto teor do mesmo (60 a 70% em peso seco). Este amido pode ser submetido a um processo de hidrólise enzimática onde ocorre a quebra das longas cadeias de celulose e hemicelulose, com a finalidade de obter açúcares de moléculas menores e, em seguida, os açúcares reduzidos, obtidos no processo de hidrólise são fermentados Paes (2012).

Deste fato, esta revisão de literatura tem como objetivo detalhar este resíduo como uma biomassa em potencial para a produção de etanol de segunda geração.

### **Agroindustrialização da mandioca**

As mudanças na economia fizeram com que as indústrias revessem seus processos e também a qualidade dos seus produtos, frente às exigências de mercados cada vez mais competitivos. Os processos passaram a ser considerados como um todo onde os resíduos gerados passaram a serem vistos como receitas potenciais (WOSIACKI; CEREDA, 2002).

Considerando-se os principais tipos de processamento das raízes de mandioca no Brasil, como a fabricação de farinha de mandioca e a extração de fécula, os subprodutos gerados podem ser sólidos ou líquidos. Alguns dos subprodutos sólidos são: a casca marrom,

a entrecasca, o descarte, a crueira, a fibra, farelo e a varredura. Entre os resíduos líquidos cita-se a manipueira, resíduo extremamente tóxico e poluente por possuir ácido cianídrico (SAGRILO et al., 2003). O farelo é o principal descarte sólido produzido nas fecularias e, em geral, é jogado nos cursos d'água ou deixado em valas que extravasam e carregam grande carga orgânica para os mesmos.

A cultura de raiz é muito rica em carboidratos, apresentando cerca de 30%, dos quais 25-40% é o amido (ADEOTI, 2010). Nas fecularias para cada tonelada de raiz processada são produzidos cerca de 930 kg de farelo com 85% de umidade. Após seco, este resíduo apresenta em média 75% de amido e 11,5% de fibras. Diante de sua composição e da considerável quantidade gerada várias pesquisas vem sendo realizadas no sentido de aproveitar este resíduo (CEREDA, 1996).

Ao caracterizar o farelo de mandioca Cereda (1996), pode observar que o mesmo apresenta cerca de com 85% de umidade inicial. Verificaram também cerca de 80% de amido, 15% de fibras, 1,6% de cinzas, 2% de proteína, 1% de açúcares e 0,8% de matéria graxa expressos na base seca. Os valores de pH e acidez apresentam grande variação, devido a fermentações naturais do resíduo úmido.

Um dos fatores que torna a produção de etanol por fermentação a forma mais econômica de sua obtenção é o grande número de matérias primas naturais existentes em todo o país. Qualquer matéria que contenha açúcar ou outro carboidrato constitui-se em matéria-prima potencial para a obtenção de etanol (AQUARONE *et al.*, 2001).

Segundo Stupiello (1982), ainda que todo o produto que contenha carboidratos transformáveis em álcool – sacarose, glicose, frutose, amido, celulose, etc. Possa ser considerada matéria-prima para a fermentação alcoólica, é imprescindível considerações sobre os seguintes pontos: custo aquisitivo da matéria-prima, facilidade de transformação, rendimento de álcool, disponibilidade e possibilidade de expansão, fonte de energia empregada.

As aplicações industriais dos amidos são, entretanto, dependentes de suas propriedades físicas e químicas, as quais variam de uma cultura para outra, ou são influenciadas por fatores ecológicos ou agrônômicos. Por ser uma matéria-prima altamente versátil, podendo ser aplicada de varias formas pela indústria de alimentos (ADEBOWALE; LAWAL, 2002).

O amido proveniente da mandioca é facilmente extraído, já que as raízes contem pequenas quantidades de proteínas, gorduras e outros componentes. Dessa forma, o processo de extração é simples e o amido obtido puro é branco. O conteúdo de lipídios no amido de

mandioca é pequeno (< 0,1%), com isso o amido e seus derivados não apresentam sabor e aroma de cereais, o que desejável para muitos produtos alimentícios (DEMIATE et al., 2005).

Dentre os fatores exógenos que influem nas características do amido estão: espécies, condições climáticas e tempo de cultivo. Há também indicações de que amidos extraídos de raízes de alguns cultivares de mandioca apresentam características físico-químicas e morfológicas mais constantes ao longo do período de colheita comercial (LEONEL; CEREDA, 1997).

### **Biocombustível de segunda geração**

As razões para o interesse pelos biocombustíveis são muitas e variam de um país para outro e também ao longo do tempo, tendo como principais fatores: diminuir a dependência externa de petróleo, por razões de segurança e suprimento ou impacto na balança de pagamentos, minimizar os efeitos das emissões veiculares na poluição local, principalmente nas grandes cidades e controlar a concentração de gases do efeito estufa na atmosfera (LEITE; LEAL, 2007).

Uma variedade de combustíveis pode ser produzida a partir de biomassa, tais como etanol, metanol, biodiesel, diesel, hidrogênio e metano (SAMMES, 2004).

### **Bioetanol**

Bioetanol é incolor, volátil, inflamável e totalmente solúvel em água e quando produzido por meio da fermentação da sacarose. Comercialmente, é conhecido como álcool etílico e sua fórmula molecular é  $C_2H_5OH$  ou  $C_2H_6O$ . O etanol é hoje um produto de diversas aplicações no mercado, largamente utilizado como combustível automotivo na forma hidratada ou misturado à gasolina (ORDONEZ; CABELLO, 2009).

Segundo John *et al.*, (2011), espera-se que o etanol seja o biocombustível mais utilizado do mundo, o mesmo pode ser produzido a partir de apoio abundante de fontes de biomassa de amido/celulose.

O processo de obtenção de etanol de segunda geração, também conhecido como etanol celulósico, advém da utilização do material lignocelulósico encontrado nas plantas e antes não aproveitado para este fim. Este material pode ser dividido em dois grandes componentes – polímeros de carboidratos, tais como a celulose e a hemicelulose, e lignina, proveniente da parede celular das plantas (SOUZA, 2013).

Simplificadamente o processo consiste em “quebrar” o material celulósico da planta (que pode ser feito de forma química ou enzimática) obtendo-se a celulose. No processo obtém-se a sacarose que tem como um dos destinos à produção de etanol (SOUZA, 2013).

Segundo Camili (2010), a produção de bioetanol é efetuada em bases comerciais por duas rotas tecnológicas, utilizando matérias-primas doces, diretamente fermentáveis, como a cana-de-açúcar e a beterraba açucareira, ou matérias-primas amilácea, como o milho o trigo e a mandioca, cujo amido deve ser convertido em açúcares (sacarificado) antes da fermentação.

Para Gonçalves et al., (2007), a mandioca possui um alto valor em carboidratos, podendo assim vir a substituir a cana de açúcar na produção de álcool. Espera-se um elevado teor de açúcar a partir da mandioca devido à existência de grande quantidade de amido, cujo produto final da hidrólise se constituiu basicamente em glicose. Os mesmos afirmam que é possível que a produção de álcool carburante venha a corresponder o investimento efetuado.

O farelo de mandioca contém alto teor do mesmo (60 a 70% em peso seco). Em média uma agroindústria de produção de fécula de mandioca gera cerca de 930 kg de farelo com aproximadamente 88 a 90% de umidade para cada 1000 kg de raiz processada apresentando uma concentração de amido residual que pode variar de 55,8 a 78,1 kg (SAITO et al., 2006). A recuperação deste amido residual por tratamento físico ou biológico é que tem sido objeto de pesquisas visando à melhoria dos processos, com o objetivo de agregar valor à matéria prima consumida e possibilitando ampliar a produção de biocombustíveis de segunda geração.

A principal vantagem da produção de biocombustíveis de segunda geração em relação aos de primeira geração é uso de matérias-primas não comestíveis, não concorrendo com o setor alimentício (NIGAM; SINGH, 2011). A matéria-prima envolvida no processo pode ser criada especificamente para fins energéticos, permitindo maior produção por área cultivada, e uma maior quantidade de material vegetal pode ser convertido e usado para produzir biocombustíveis. Como resultado, este vai aumentar ainda mais a eficiência do uso da terra em comparação com os biocombustíveis de primeira geração (NIGAM; SINGH, 2011).

### **Considerações finais**

Com a necessidade em se diversificar cada vez mais a matriz energética, e se fazer uso de energias provenientes da biomassa, os resíduos agroindústrias são considerados fontes potenciais para a produção de biocombustíveis; destacando o resíduo da produção de mandioca. Material rico em amido, e que possui uma rota tecnológica a ser utilizada para sua conversão. Diante disto, a busca e o desenvolvimento de pesquisas experimentais, se fazem

necessárias visto que, é demasiadamente importante traçar rotas que sejam viáveis tecnicamente como também economicamente, possibilitando assim sua viabilidade dentro de processos produtivos em larga escala. Possibilitando assim que esta matéria-prima bem como seus resíduos gerados apresentem um ciclo fechado de produção e consumo.

### **Referencial Bibliográfico**

ABRAHÃO, J. J. DOS S. et al. Características de carcaças e da carne de tourinhos submetidos a dietas com diferentes níveis de substituição do milho por resíduo úmido da extração da fécula de mandioca. **R. Bras. Zootec**, v. 34, n. 5, p. 1640–1650, 2005.

BASSO, T. O. Melhoramento da Fermentação Alcoólica em *Saccharomyces cerevisiae*. p. 21–136, 2011.

CAMILI, E. A. Parâmetros operacionais do processo de produção de etanol a partir da polpa de mandioca. 2010.

CEPEA. Produção de raiz volta a aumentar e preços têm fortes quedas. v. 48, p. 8836–8837, 2015.

CEREDA, M. P. Caracterização, usos e tratamentos de resíduos da industrialização da mandioca. **Botucatu: Centro de Raízes Tropicais**, 1996.

CINELLI, B. A. Produção de etanol a partir da fermentação simultânea à hidrólise do amido granular de resíduo agroindustrial. p. 183, 2012.

DEL BIANCHI, V. L. Balanço de massa e de energia do processamento de farinha de mandioca em uma empresa de médio porte do Estado de São Paulo. **Balanços de massa e energia do processamento de farinha de mandioca em uma empresa de médio porte do Estado de São Paulo**, 1998.

FRANCO, C. M. L. et al. **Propriedades gerais do amido**. [s.l: s.n.].

LENG, R. et al. Life cycle inventory and energy analysis of cassava-based Fuel ethanol in China. **Journal of Cleaner Production**, v. 16, n. 3, p. 374–384, 2008.

LEONEL, M. et al. Aproveitamento do resíduo da produção de etanol a partir de farelo de mandioca, como fonte de fibras dietéticas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 19, p. 241–245, 1999.

OTSUBO, A. A.; FARIAS, A. R. N. Cultivo da Mandioca na Região Centro-Sul do Brasil. 2002.

PAES, C. L. Embrapa avalia novas fontes para produzir etanol. 2012.

RAUPP, D. D. S. et al. Arraste via fecal de nutrientes da ingestão produzido por bagaço de mandioca hidrolisado. **Scientia Agricola**, v. 59, n. 2, p. 235–242, 2002.

SAITO, I. et al. Produção de etanol a partir de hidrolisado obtido por tratamento hidrotérmico de farelo de mandioca. **Revista Energia na Agricultura**, v. 21, p. 34–44, 2006.

SALLA, D. A. Análise energética de sistemas de produção de etanol de mandioca, cana-de-açúcar e milho. 2008.

SILVA, D. V et al. Manejo de plantas daninhas na cultura da mandioca. **Planta daninha**, v. 30, n. 4, p. 901–910, 2012.

SOUZA, L. G. A. DE. Redes de inovação em etanol de segunda geração. p. 215, 2013.