

REVISTA BRASILEIRA DE ENERGIAS RENOVÁVEIS



ROTAS TECNOLÓGICAS EMPREGADAS NO APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DA INDÚSTRIA DA SOJA¹

FABRÍCIO MACHADO SILVA², MARCELO MENDES PEDROZA³, LUCIANA REZENDE ALVES DE OLIVEIRA⁴, AYMARA GRACIELLY N. COLEN⁵, PEDRO HENRIQUE BORGES DO AMARAL⁶

¹Publicado no Ano de 2019;

²Eng. Ambiental. MSc. Recursos Energéticos Renováveis (Agroenergia). Pesquisador LARSEN/IFTO. Docente em Controle Ambiental/IFTO. E-mail: fabricio_amb@yahoo.com.br;

³Químico Industrial. DSc. Engenharia Química. Pesquisador LARSEN/IFTO. Docente em Controle Ambiental, Física, Eng. Elétrica e Civil/IFTO. Quadra 310 Sul, LO 5, S/N, Plano Diretor Sul, Palmas – TO. CEP: 77021-090. Brasil. E-mail: mendes@ift.edu.br

⁴Química. MSc. Bioquímica. Doutorado em Química. Coordenadora e Docente: Programa de Tecnologia Ambiental (Mestrado e Doutorado)– UNAERP. E-mail: l oliveira@unaerp.br

⁵Eng. Ambiental. MSc. Recursos Energéticos Renováveis (Agroenergia). Especialista Inovação Tecnológica. Pesquisadora LARSEN/IFTO. E-mail: aycolen@gmail.com;

⁶Eng. Elétrico (Discente/Bolsista-IC-IFTO/CNPq). E-mail: amaralphb@gmail.com

Resumo

O presente trabalho tem como objetivo realizar uma revisão bibliográfica acerca do potencial de aproveitamento de resíduos proveniente da agroindústria da soja por meio de diversos processos tecnológicos. O estudo apresenta as características fitofisionômicas, agrícolas e químicas da soja bem como uma análise minuciosa de suas atividades de produção, industrialização e consumo, de acordo com regiões e unidades federativas brasileiras. São apresentadas durante a revisão as operações unitárias do processo produtivo da agroindústria da soja. Esse trabalho também apresenta o potencial de aproveitamento da casca da soja por meio de rotas tecnológicas, buscando assim a redução da disposição dos resíduos sólidos industriais e agregando valor a essa importante cadeia produtiva.

Palavras-chave: Agroindústria, Biomassa, Tecnologias Sustentáveis.

TECHNOLOGICAL ROUTS EMPLOYED IN SOY INDUSTRY WASTE MANAGEMENT

Abstract

The present work aims to carry out a bibliographical review about the potential of the use of residues from soybean agroindustry through several technological processes. The study presents the phytophysiognomic, agricultural and chemical characteristics of soybean as well as a detailed analysis of its production, industrialization and consumption activities, according to regions and Brazilian federal units. The unitary operations of the soybean agroindustry production process are presented during the review. This work also presents the potential of using soybean hulls through technological routes, thus seeking to reduce the disposal of industrial solid waste and adding value to this important productive chain.

Keywords: Agribusiness, Biomass, Sustainable Technologies.

Introdução

No Brasil, existem ainda recursos renováveis pouco explorados e com reduzido aproveitamento diante da magnitude destas fontes energéticas. Sendo este território localizado em clima tropical, existe grande produtividade de massa vegetal, potencial de biomassa.

A política agrícola brasileira deve partir de uma estratégia de longo prazo a ser construída para agronegócio nacional. Investimentos em áreas plantadas no país (como soja e milho) são importantes para reverter a primarização da pauta de exportações do Brasil (AGUIAR; MATSUOKA, 2016). O apoio a grupos nacionais estabelecidos ao longo das cadeias produtivas do agronegócio (dos produtores às *tradings*) é importante para aumentar a participação do capital brasileiro no agronegócio feito no Brasil, com maiores retornos financeiros para o país (MEDINA; RIBEIRO; BRASIL, 2016). Essas e outras ações estratégicas precisam ser apoiadas pela política agrícola brasileira que, para isso, precisa evoluir do atual enfoque quase exclusivo dado ao crédito subsidiado.

A expansão intensificada da produção de grãos na região do Matopiba cresceu muito nas últimas décadas, responsável por essa safra recorde de grãos. Pela primeira vez, desde o século XIX, no ano de 2015 para 2016, o Nordeste produziu mais alimentos do que o Sudeste:

18,6 milhões de toneladas de grãos como arroz, feijão, milho, soja, dentre outros, segundo dados da Conab-2016 (IBGE ,2018).

De acordo com Scatolino et al. (2017) a crescente preocupação com o meio ambiente e a necessidade de diminuir a dependência por recursos energéticos fósseis tem despertado a necessidade de busca por materiais renováveis que possam ser utilizados ou substituídos nas indústrias, dentre os quais se destacam os resíduos agrícolas gerados por várias culturas supramencionadas.

Fontes renováveis como a biomassa, considerada uma fonte primária de energia, pode-se citar os resíduos florestais, animais, humanos, agrícolas e industriais podem ser utilizadas para produzir energia térmica, elétrica e mecânica através de centrais hidrelétricas e termelétricas ou outros processos de conversão energética.

Atualmente, a inserção de resíduos lignocelulósicos provenientes da agroindústria tem sido objeto de estudo de diversos pesquisadores. Já foram desenvolvidos trabalhos utilizando casca de amendoim (BARBIRATO et al., 2014); casca do coco verde (CRAVO et al., 2015); pseudocaule de bananeira (GUIMARÃES et al., 2014); resíduo de café (ARAÚJO et al, 2014); sabugo de milho (SCATOLINO et al., 2013); resíduo de sorgo (GUIMARÃES JUNIOR et al., 2016) para fins energéticos e novos materiais.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) instituída pela Lei nº 12.305 no ano de 2010 contém instrumentos que permitem o avanço para o enfrentamento dos principais problemas ambientais, sociais e econômicos decorrentes do manejo inadequado dos resíduos sólidos (MMA, 2010). Mundialmente há a necessidade imprescindível de formas de tratamento e disposição adequadas de resíduos e efluentes provenientes das demandas antrópicas e industriais, objetivos do PNRS, a fim possível de agregar benefícios socioeconômicos e ambientais utilizando tecnologias sustentáveis (BREULMANN et al., 2017).

Diversas rotas de valorização de biomassa têm sido empregadas nas últimas décadas, incluindo a aplicação desta matéria orgânica em processos tecnológicos térmicos, considerada promissora a fim de recuperar a energia potencial por meio dos produtos obtidos a partir de resíduos diversos, bem como resíduos agroindustriais, incrementando a matriz energética (PEDROZA et al., 2014). A Resolução CONAMA nº 316 de 29 de outubro de 2002 - dispõe sobre procedimentos e critérios para funcionamento de sistemas de tratamento térmico de resíduos. Desta forma, a produção de novos materiais de alto desempenho é uma aplicação

comercial promissora e o aproveitamento do resíduo da soja na produção de novos produtos industriais proporciona ao país benefícios tecnológicos, econômicos e ambientais.

O aproveitamento da biomassa residual de vegetais (resíduos lignocelulósicos) para fins energéticos ou bioproductos, gerados a partir de atividades diversas contidas em toda a cadeia produtiva da agricultura, pode ser uma forma de reduzir a pressão sobre os recursos naturais intensamente explorados, se tornando uma matéria-prima na produção de novos materiais de alto desempenho e uma aplicação comercial/industrial promissora (PURKAIT et al., 2011).

O presente trabalho tem por objetivo apresentar o potencial de aproveitamento de resíduos proveniente da agroindústria da soja por meio de rotas tecnológicas, buscando assim a redução da disposição dos resíduos sólidos industriais e agregando valor a essa importante cadeia produtiva econômica.

Materiais e Métodos

Pesquisa em Base de Dados Científica

A pesquisa constituiu-se de um levantamento qualitativo e quantitativo sobre o aproveitamento de agroresíduos de soja por meio de rotas tecnológicas investigadas por meio de base de dados científicos disponíveis em sites eletrônicos, bem como em observações realizadas *in loco* em complexos industriais com perfis e processo semelhantes.

Para isso foram consultados trabalhos publicados como artigos científicos, teses, dissertações e dossiês técnicos. Os principais termos utilizados para a pesquisa foram: “biomassa”, “produção de soja”, “Matobipa”, “processo industrial”, “obtenção de resíduos agroindustriais”, “aproveitamento de agroresíduos” e “rotas tecnológicas”. A discussão dos resultados se deu por meio da análise crítica dos autores fundamentada nos dados reportados na literatura.

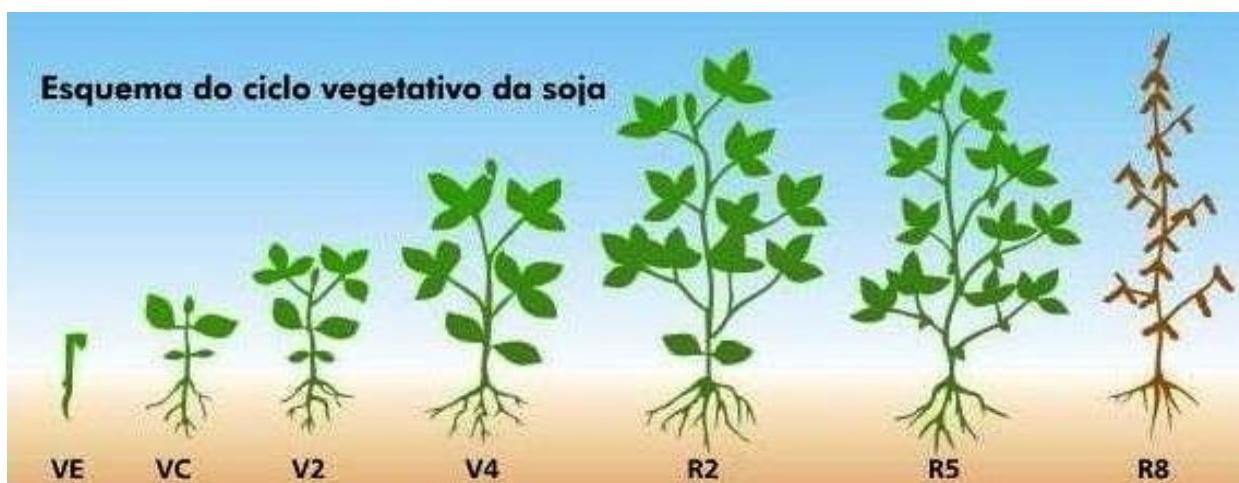
Resultados e Discussão

Os resultados foram discutidos na forma a partir do levantamento dos dados investigados, apresentando o potencial técnico dos resíduos provenientes da agroindústria da

soja, levando em consideração as tecnologias de conversão da biomassa pesquisadas, a potencialidade e a disponibilidade da biomassa em estudo.

Soja (*Glycinemax*) – Características fitofisionômicas, agrícolas e químicas

A soja cultivada é uma planta herbácea (oleaginosa) incluída na classe Magnoliopsida (Dicotiledônea), ordem Fabales, família Fabaceae, subfamília Faboideae, gênero GlycineL. Possui grande variabilidade genética, tanto no ciclo vegetativo (período compreendido da emergência da plântula até a abertura das primeiras flores), como no reprodutivo (período do início da floração até o fim do ciclo da cultura), sendo também influenciada pelo meio ambiente. A altura da planta depende da interação da região (condições ambientais) e do cultivar (genótipo). Como acontece com outras Fabáceas (Leguminosas), por exemplo, o feijão-comum, a soja pode apresentar três tipos de crescimento, diretamente correlacionados com o porte da planta: indeterminado, semideterminado e determinado (AGROLINK, 2017). A Figura 1 apresenta um esquema do ciclo vegetativo da soja.



Legenda: **VE:** Emergência - **VC:** Cotilédone - **V2:** Formação de Nós - **V4:** Formação de Nós
R2: Plano Florecimento – **R5:** Enchimentos das sementes - **R8:** Maturação das vagens



Figura 1. Desenho Esquemático do Ciclo Vegetativo da Soja
Fonte: Fotos Agrolink (2017).

Quanto à composição da biomassa lignocelulósica (Figura 2) é uma mistura complexa de polímeros naturais de carboidratos conhecidos como celulose, hemicelulose, além de lignina e pequenas quantidades de extrativos (lipídeos, proteínas, açúcares simples, amido, cinzas, dentre outros). A celulose é geralmente encontrada na natureza como lignocelulose, um compósito de fibras de celulose, de matriz de hemicelulose e lignina (BROWN, 2011).

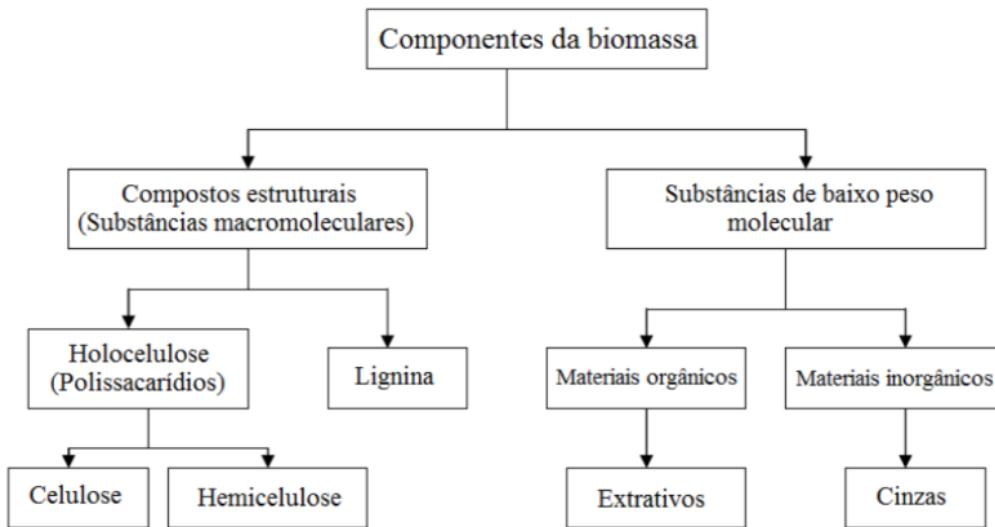


Figura 2. Composição Química da Biomassa Lignocelulósica (Soja).
Fonte: DERMIBAS (2009).

A soja é um grão rico em proteínas, podendo ser consumido tanto por homens como por animais. Contém de 18% a 20% de óleo e o farelo representa 79% (tem teor de proteína de 45%). Sua vagem pode ter até quatro sementes e sua estabilidade é limitada pelo ácido linolênico. Nos últimos 20 anos, a agricultura de soja duplicou sua área de cultivo devido à alta demanda do setor produtivo e ao crescimento mundial no consumo deste grão por humanos e animais. A cultura também tem tido aplicabilidade na produção de biocombustíveis (AGEITEC, 2017).

A casca da soja apresenta um alto teor de holocelulose e um baixo teor de extrativos e lignina, comparado a outras biomassas como resíduos de tabaco (CARDOSO e ATAÍDE, 2013) e teores similares comparados a casca de arroz (YANG et. al., 2014) e bagaço de cana (MONTOYA at al., 2015).

Potencialidade da Produção de Soja

As dinâmicas internacionais têm implicações diretas no funcionamento dos mercados globais e para as exportações agropecuárias brasileiras e precisam ser consideradas pela política nacional na construção da estratégia de desenvolvimento do setor agropecuário (JOSLING et al., 2015).

A demanda mundial tanto por grão, como por farelo de soja possui constância e equilíbrio. O período é de entressafra no Brasil quando é de desenvolvimento vegetativo nos

Estados Unidos, sendo a produção mundial de 351,311 milhões de toneladas (com área plantada de 120,958 milhões de hectares) (USDA, 2017). Estes dois países dão sustentação às cotações nos mercados brasileiro e internacional com objetivo de priorizar a produção sustentável de soja, facilitando sua entrada nos concorridos mercados chinês e europeu. Os EUA lideram o primeiro lugar em produção e exportação (EMBRAPA-SOJA, 2017), contudo o comércio mundial da soja foi mantido unicamente pela China até o inicio da Segunda Guerra Mundial (FERREIRA, et.al., 2014).

Estimativas do *United States Department of Agriculture* (USDA) indicaram avanços na produção mundial. A Tabela 1 destaca os países líderes à esta produção e dessa forma pode-se verificar que a produção brasileira de grãos de soja atingiu 94 milhões de toneladas (Safra 2014/2015) registrando um crescimento de 8,7% referente à safra de 2013/2014.

Tabela 1. Produção Mundial de Soja (milhões de toneladas)

Países	2012/2013	2013/2014	2014/2015
Estados Unidos	82,56	89,51	106,50
Brasil	82,00	86,70	94,00
Argentina	49,30	54,00	55,00
China	13,05	12,20	12,00
Total	267,83	283,13	311,13

Fonte: USDA (2014).

Para 2016/17, além das recentes altas de preços registradas e das oportunidades de negócios, as expectativas iniciais apontam para aumento da produtividade média para o ano citado. Primeiramente, os custos de produção devem ser ligeiramente menores em relação aos da safra anterior, devido aos recuos do dólar em relação a moeda brasileira lembrando que a moeda norte-americana possui grande impacto nos custos de fertilizantes e defensivos. Outra questão é o clima, que, a princípio, deve ser mais favorável no ciclo que se inicia no País em 2016/17 (AGROANALYSIS, 2016).

A safra de grãos 2016/17 apresentou recorde e pode chegar a 234,3 milhões de toneladas, com um aumento de 25,6% ou 47,7 milhões de toneladas frente as 186,6 milhões de toneladas da safra passada. Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento a produção da soja deve crescer 19,4% e chegar a 113,9 milhões de toneladas, com ampliação de 1,9% na área plantada estimada em 33,9 milhões de hectares (CONAB, 2017).

A EMBRAPA-SOJA (2017) corrobora com os dados apresentados acima pois os anos de 2016/2017 os EUA apresentam uma produção de 117,208 milhões de toneladas (com

área plantada de 33,482 milhões de hectares) e com produtividade de 3.501 kg/ha USDA (2017) e o Brasil com produção de grãos de soja com 113,923 milhões de toneladas (com área plantada de 33,890 milhões de hectares) e com produtividade de 3.362 kg/ha.

Dentre os resíduos lignocelulósicos mais abundantes da agroindústria brasileira, destaca-se a casca de soja, uma vez que o Brasil é o segundo maior produtor mundial de soja, perdendo apenas para os Estados Unidos. De acordo com as pesquisas realizadas por Oliveira (2015), a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB) apresenta a produção brasileira de soja na safra de 2013/2014 foi de 86,12 milhões de toneladas e até setembro/2015 a produção atingiu o valor de 96,324 milhões de toneladas, registrando um crescimento de 11,75% referente à safra 2013/2014.

O Brasil é membro do Mercosul e tem investido esforços na sua expansão. Mas, pelo perfil de exportações agropecuárias brasileiras, com *commodities* produzidas em larga escala, o país tem concentrado suas exportações para fora da região, particularmente para a China que compra *commodities* em grande escala (JOSLING et al., 2015). Hoje a China é o principal destino da produção agropecuária brasileira respondendo por 23% do total de exportações (JOSLING et al., 2015). Produtos exportados como matéria-prima representam 44% das exportações, com destaque para a soja que representa 26% das receitas as exportações de produtos agropecuários (AGUIAR; MATSUOKA, 2016; OECD-FAO, 2015). O esforço brasileiro recente também inclui a negociação de um acordo de livre comércio com a União Europeia.

A Tabela 2 apresenta valores significativos em relação à produção de soja e exportação. Observa-se que quase um quarto da safra foi negociado para entrega futura até o final do semestre, acima do ano passado, que apresentou aproximadamente 17%. Para o produtor de soja, a expectativa é de que o resultado da safra 2016/17 seja positivo, com números superiores aos de 2015/16.

Tabela 2. Mercado de Produção e Exportação Brasileira de Produtos Agropecuários

Produtos Agropecuários	(%) de Posição do Brasil: produtor em relação ao mercado mundial em 2015/2016	Posição Rannking Mundial de Produção	(%) de Posição do Brasil: exportador em relação ao mercado mundial em 2015/2016	Posição Rannking Mundial de Exportação
Suco de laranja	61,4	1º	75,3	1º
Café	32,9	1º	26,6	1º
Laranja	34,9	1º	-	-
Açúcar	20,3	1º	43,4	1º
Óleo de soja	14,8	4º	11,4	2º
Carne Bovina	16,3	2º	19,2	2º
Carne de Frango	15,1	2º	38,0	2º
Milho	8,6	3º	22,9	2º
Soja	31,2	2º	45,0	1º
Carne Suína	3,3	4º	8,8	4º
Algodão	6,6	5º	12,3	3º

Fonte: AGROANALYSIS (2016) e USDA (2016).

A industrialização da soja no Brasil se transferiu para a região centro-oeste. Em 1982 havia apenas uma indústria na região, hoje são mais de vinte e cinco o que tem minimizado o deslocamento da matéria-prima para o seu processamento. Como consequência, a diferença de preço entre o produtor de soja de Rondonópolis (Mn) e Maringá (PR) que atingiu até US\$ 3,00 por saca em 1988, é hoje de no máximo US\$ 1,00 por saca. O Brasil possui excelente potencial para consumo de óleos e farelos vegetais, tornando em 1993 o segundo maior consumidor de farelo de soja do mundo, posição esta ocupada a muito tempo no óleo, sendo em ambos superados pelos Estados Unidos. As perspectivas para o complexo soja são boas dada a excelente competitividade da indústria da avicultura e também ao ainda baixo consumo per-capita de óleos no país.

A Carta Mundial da Natureza da ONU, datada de 28/10/1982, estabeleceu em seu art. 18: "Todo o planejamento compreenderá, entre seus elementos essenciais, a elaboração de

estratégias de conservação da natureza, o estabelecimento de inventários dos ecossistemas e a avaliação dos efeitos das políticas e atividades projetadas...” O território do MATOPIBA apresenta uma expansão da fronteira agrícola baseada em tecnologias modernas de alta produtividade. Essa mudança na ocupação territorial ocorreu pela intensificação no uso das terras, sem desmatamentos significativos (GITE/EMBRAPA, 2015).

Os principais gargalos tecnológicos na agricultura e as inovações que poderiam aumentar o controle sobre a produção permitindo que a Revolução Verde possa prosseguir. Hoje, o potencial do Centro-Oeste brasileiro ou da região denominada MAPITOBA, não segue o modelo de fazenda à moda antiga, pois muitas propriedades já são verdadeiras “unidades industriais”, com utilização de satélites, brigadas mecanizadas e evoluídos sistemas computacionais e de irrigação, com tecnologia genética avançada (AGROANALYSIS, 2016).

Os ajustes na política agrícola brasileira devem partir de uma estratégia de longo prazo a ser construída para agronegócio nacional. Investimentos em produtos com maior valor agregado (como carnes) produzidos a partir de commodities agrícolas plantadas no país (como soja e milho) são importantes para reverter a primarização da pauta de exportações do Brasil (AGUIAR; MATSUOKA, 2016). Em 1991, cerca de 70% da distribuição estava no extremo esquerdo (milho e arroz); em 2011, esses dois tipos de grãos reuniam apenas uns 31% da distribuição, enquanto que, no período, a soja passou de 24,05% para 56,19% (WANDER et al., 2013).

O apoio a grupos nacionais estabelecidos ao longo das cadeias produtivas do agronegócio (dos produtores às *tradings*) é importante para aumentar a participação do capital brasileiro no agronegócio feito no Brasil, como é o caso de 60% do Matopiba.

A Tabela 3 mostra a evolução da sua produção de grãos. No mercado brasileiro de soja disponível, diante do estoque pequeno, houve uma forte valorização e, principalmente, grande comercialização antecipada da produção de 2016/17, para entrega futura.

Tabela 3. Panorama de Produção de Soja (1993 a 2011) na região do Matopiba

Estado	Produção de soja (t)		Produção de grãos (t)	
	1993	2011	1993	2011
Maranhão	84.012	1.511.321	734.209	2.508.849
Tocantins	31.782	1.153.902	476.243	1.987.421
Piauí	4.745	1.081.643	114.569	1.736.335
Bahia	648.551	3.279.429	1.179.531	6.271.497
Total	769.090	7.026.296	2.504.522	12.504.101

Fonte: GITE/EMBRAPA (2015).

O Decreto Nº 8.447 datado de 06/05/2015 dispõe sobre o Plano de Desenvolvimento Agropecuário do MATOPIBA. A Região do Matopiba engloba a totalidade das áreas do estado de Tocantins (TO) e parte das outras três unidades federativas Maranhão (MA), Piauí (PI) e Bahia (BA). É constituída por 31 microrregiões geográficas do IBGE e abrange uma área de mais de 73 milhões de hectares com características particulares de expansão da fronteira agrícola brasileira (MIRANDA et al., 2014), baseada em tecnologias modernas de alta produtividade. Os biomas constituintes são cerrado, amazônia e caatinga. Dos 204 milhões de hectares dos cerrados, cerca de 25 milhões já são áreas protegidas. No restante dos cerrados cabe à agricultura assegurar o futuro desse bioma e de sua biodiversidade (MIRANDA et. al., 2015). Os cerrados representam 91% do Matopiba (67 milhões de hectares) (GITE/EMBRAPA, 2015).

A rede hidrográfica do MATOPIBA, segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, 2017) está distribuída em três bacias hidrográficas: Bacia do Tocantins/Araguaia, Bacia do Rio São Francisco e Bacia do Atlântico - trecho Norte/Nordeste. A organização das bacias hidrográficas (e sub-bacias) de acordo com suas características naturais, sociais e econômicas permitiu a compartimentação do território nacional em 12 Regiões Hidrográficas com o objetivo de auxiliar a gestão dos seus recursos hídricos (ANA, 2017 apud CNRH, 2003).

O MATOPIBA se estende sobre quatro Regiões Hidrográficas: Região Hidrográfica do Tocantins-Araguaia, com 42% de abrangência, seguido pelas Regiões Hidrográficas do Parnaíba, Atlântico Nordeste Ocidental e São Francisco, cada uma, ocupando aproximadamente 20% do seu território (Figura 3).

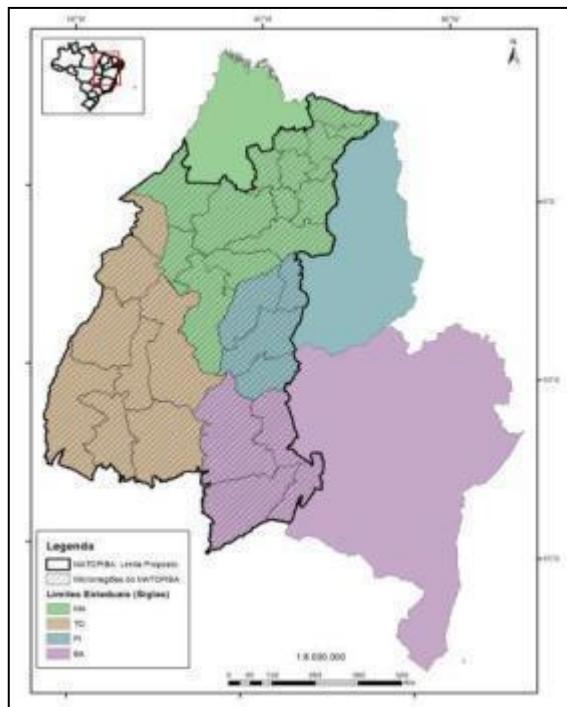


Figura 3. Mapa da região do MATOPIBA

Fonte: GITE/EMBRAPA (2015).

O Estado do Tocantins, incluso na região supramencionada, apresentou significativa evolução na produção de soja e grãos, e desta forma no PIB (Produto Interno Bruto) da Agropecuária subiu para 74 % no ano de 2010 (GITE/EMBRAPA, 2015). O Produto Interno Bruto da região do MATOPIBA foi estimado, com base nos dados do IBGE em R\$ 53.406.473.507,00 o que define um PIB per capita de R\$ 9.049,00 (IBGE, 2010).

O Tocantins apresenta um grande desenvolvimento no setor agrícola, juntamente com isso ocorre à disponibilidade de resíduos de biomassa (cascas de cereais, resíduos resultantes da colheita mecanizada de trigo, milho, soja, dentre outros bem como em agroindústrias (SOUZA et al., 2013). Em 2011 o município de Porto Nacional apresentou uma área colhida de 125.468 hectares com produtividade de 2.734 kg/ha (GITE/EMBRAPA, 2015).

Conforme pesquisa de Miranda et al., (2015), legalmente, cerca de 59% dos cerrados do Matopiba são passíveis de ocupação. Dos 41% restantes, 17% já são áreas protegidas e a exigência da manutenção da vegetação nas áreas de reserva legal e de preservação permanente, potencialmente representam mais 24% do total. Estudos de sensoriamento remoto sobre o desmatamento da região, entre 2002 até os dias atuais, mostraram que “grande parte da expansão da agricultura ocorreu em locais previamente desmatados, indicando a utilização de áreas já antropizadas na produção de alimentos”. Nas áreas novas de expansão da agricultura, o Código Florestal determina a existência reserva legal de vegetação nativa com respectivas porcentagens conforme legislação pertinente e base de dados geográfica do SEPLAN (2015) (atualizada). Contudo, há atividade de agricultura, pecuária, reflorestamento, e este último principalmente na região nordeste e sudoeste da área em questão que respeitam as normativas e capacidade de uso e cobertura do solo.

Processo Produtivo da Agroindústria da Soja

A partir dos anos 60, a soja começou a crescer em importância econômica, porém se concentrando na região Centro Sul do Brasil. Mas nos dias atuais a soja é cultivada em todas as regiões do país, desde a década de 80, em que a cultura teve uma expressiva expansão com o seu uso, para a abertura de terras no cerrado brasileiro. Isto se deve ao desenvolvimento de novos cultivares adaptados aos diversos ambientes obtidos de vários programas de melhoramento vegetal e fatores sócio-políticos, ao que diz respeito a ecofisiologia da cultura para seu estabelecimento (FREITAS, 2011).

A soja foi inserida em todo Brasil porque assumiu uma importância muito grande para a economia e alimentação, conquistando todo o território, uma vez que o clima, terra e fertilidade promovem a sua ascensão nos estados que possui a agricultura como fator econômico. A oleaginosa teve uma ótima adaptação no território brasileiro, sendo hoje um dos principais produtos de exportação (EMBRAPA-SOJA, 2015). De acordo com a Revista Plantar (2011, p.42), o setor da soja no Brasil, até os dias atuais, é um dos mais estruturados e desenvolvidos da agricultura, apresentando alta suficiência no país.

No cenário brasileiro, a sojinocultura representa 57,2% da área total cultivada com grãos, sendo o segundo maior produtor mundial em grãos, que atingiu a produção de 95,4 milhões de toneladas na safra 2015/2016, contribuindo com aproximadamente US\$ 3,8

bilhões em exportações sob a forma de soja triturada, farelo de soja, óleo de soja bruto e óleo refinado (CONAB, 2016).

O estado do Mato Grosso lidera a produção nacional com 30,514 milhões de toneladas de soja, com área plantada de 9,323 milhões de hectares e produtividade de 3.273 kg/ha. O Paraná, segundo produtor brasileiro, possui produção de 19,534 milhões de toneladas com área plantada de 5,250 milhões de hectares (produtividade: 3.721 kg/ha). O Rio Grande do Sul ocupa o terceiro lugar como produtor de soja com produção de 18,714 milhões de toneladas, área plantada de 5,570 milhões de hectares e produtividade de 3.360 kg/ha (CONAB, 2017).

O Tocantins, por sua vez, é responsável pela produção de aproximadamente 3,5 milhões de toneladas de grãos, sendo a soja a principal cultura com 2,22 milhões de toneladas produzidas em 2013/2014 (CONAB, 2014). Entre os estados da região norte, o Tocantins é o que mais produz e o que mais planta o grão, com produção que corresponde a cerca de 70% da área cultivada no estado. Segundo dados da Companhia Nacional de Abastecimento (Conab), nesta safra 2014/2015, a área plantada de soja chegou a 797 mil hectares. Conforme informações da Secretaria Estadual da Agricultura em 2000 a soja começou de fato a se desenvolver no estado, foram registrados 105 mil hectares de área plantada. Isso significa que em 14 anos, o crescimento foi de 759%. A produção seguiu o mesmo caminho. A Tabela 4 mostra o desenvolvimento da soja no Tocantins. Em 2000, o estado produziu 262,5 mil toneladas e no ano de 2015, a produção aumentou para 2.245,9 mil toneladas. Um crescimento de 855% (G1, 2015).

Tabela 4. Cenário de Desenvolvimento de Produção de Soja no Tocantins

Área plantada (mil ha)		Produção (mil t)	
Safra 2000/2001	Safra 2014/2015	Safra 2000/2001	Safra 2014/2015
105	797	262,5	2.245,9
Crescimento: 759%		Crescimento: 855%	

Fonte: G1 (2015).

De acordo com os estudos de Santos et al., (2015) a projeção desta cultura proporciona aumento para insumos para algumas agroindústrias que utilizam os produtos e subprodutos no seu processo produtivo, garantindo assim uma cadeia de suprimento para a cadeia produtiva. Na lavoura de soja, da produção total obtida, cerca de 39% são grãos. Da

secagem dos grãos de soja, resulta o resíduo de limpeza, que pode ser utilizado na alimentação de bovinos, como uma fonte proteica de baixo custo (GUIMARÃES, 2017).

É importante destacar que a característica de comercialização da soja tem referência a Instrução Normativa Nº 11 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento de 15/05/2007, complementada com a Instrução Normativa Nº 37 de 07/07/2007, que tem por objetivo estabelecer as regras de comercialização entre produtores e beneficiadores de grãos.

O conhecimento das transformações agroindustriais da soja se faz necessário para o entendimento das técnicas de processamento e os equipamentos envolvidos em cada uma delas, bem como os riscos operacionais de cada uma das operações até a extração do óleo. É importante também considerar as operações que resultarão nos possíveis subprodutos que poderão ser obtidos nesse processamento (SANTOS, 2015). Os produtos da agroindústria da soja podem ser óleo bruto, óleo refinado, farelo, dentre outros, dependendo grau de verticalização do processamento como pode ser observado na Figura 4.

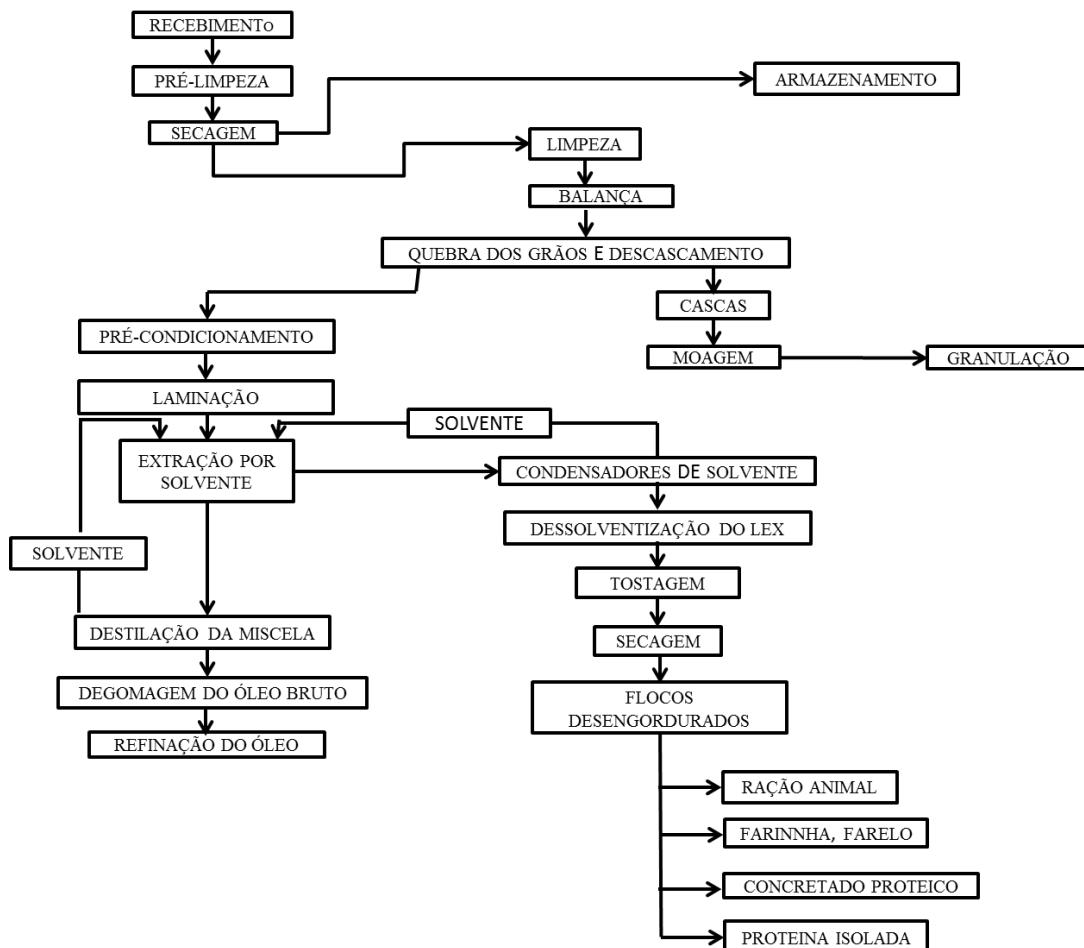


Figura 4. Fluxograma Esquemático do Processo Produtivo da Indústria da Soja
Fonte: OLIVEIRA (1995) adaptado pelo Autor (2017)

No momento da colheita e limpeza de grãos são gerados diversos resíduos, dentre os quais se destaca a vagem ou casca de soja. Estima-se em média que para cada hectare de soja produzido são gerados cerca de 3,0 a 4,0 toneladas de resíduos. Portanto o aproveitamento do resíduo da soja na produção de novos produtos industriais proporciona ao país benefícios tecnológicos, econômicos e ambientais (GUIMARÃES, 2017). As Figuras de 5 a 9 apresentam as etapas representativas do processo produtivo da indústria da soja.

Recepção - Limpeza dos grãos - Secagem

Os grãos colhidos nos campos de produção ou armazenados nos centros de distribuição são transportados por via rodoviária, ferroviária ou hidroviária até as indústrias de esmagamento.

A Figura 5 apresenta de forma representativa a matéria-prima recebida, são avaliados por amostragem os seguintes parâmetros: teor de umidade, quantidade de material estranho e incidência de grãos quebrados, avariados e ardidos. Muitas impurezas, frequentemente, se misturam aos grãos. A eliminação da sujidade mais grossa antes do armazenamento na indústria é denominada pré-limpeza. É realizada por máquinas especiais, dotadas de peneiras vibratórias ou de outro dispositivo, que separam os grãos dos contaminantes maiores. A pré-limpeza, antes do armazenamento, diminui os riscos de deterioração e reduz o uso indevido de espaço útil do silo (EMBRAPA, 2001).

O resíduo da pré-limpeza de soja é encontrado em grande quantidade no pátio das indústrias de beneficiamento e dos secadores das fazendas, acarretando sérios transtornos caso não seja removido para locais mais afastados antes que o processo de fermentação se inicie (GOES et al., 2011).

A massa de fragmentos e pó de matérias estranhas tendem a ocupar o espaço intergranular, que pode representar entre 40 e 45% do volume ocupado pelos grãos, o que acelera a deterioração do produto como um todo, assim obtenção de cascas e vagem. Além disso, um eficiente processo de limpeza reduz a carga do secador e otimiza o processo de secagem dos grãos em si (EMBRAPA, 2001).

Os grãos cujo teor de umidade ultrapassa 12% devem sofrer uma secagem antes de serem armazenados. A temperatura máxima de secagem recomendada pela literatura não deve ultrapassar 80°C (D'ARCE, 1982). Este cenário corrobora com a importância e agregação de valor sobre o aproveitamento dos resíduos agroindustriais em estudo.

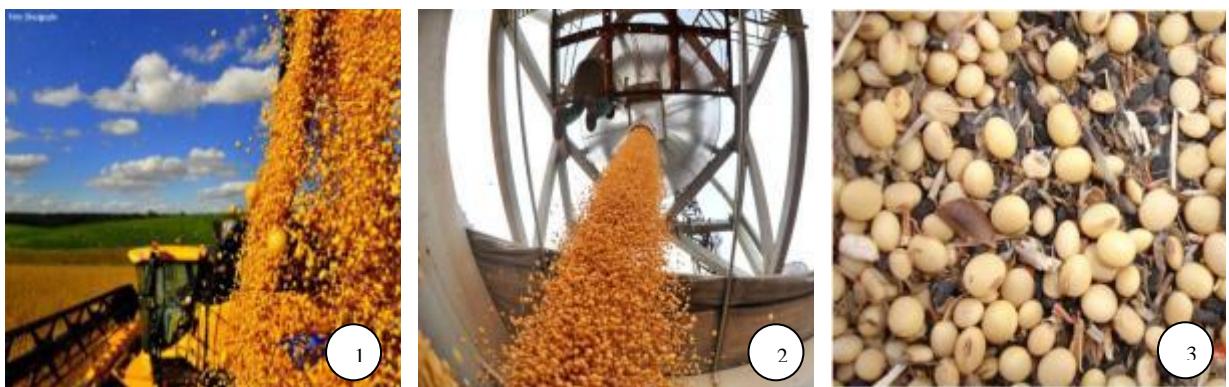


Figura 5. Representatividade de Limpeza de Grãos de Soja

Fonte: 1- Sermasa (2017); 2 – Aprosoja Brasil (2016); 3- 3RLab/UFLA(2016)

Descascamento

Os grãos limpos, dos quais se deseja separar os cotilédones (polpas) dos tegumentos (cascas), não devem sofrer compressão durante o descascamento, pois nesse caso, parte do óleo passaria para a casca e se perderia, uma vez que as cascas, normalmente, são queimadas nas caldeiras destinadas à geração de calor ou vapor nas indústrias. Os descascadores (Figura 6) são máquinas relativamente simples, onde as cascas são quebradas por batedores ou facas giratórias e são separadas dos cotilédones por peneiras vibratórias e insuflação de ar (EMBRAPA, 2001).

As cascas podem ser utilizadas para alimentar as caldeiras ou servir de material de enchimento para o ajuste do teor de proteína do farelo ou ainda ser moídas ou granuladas e comercializadas.



Figura 6. Representatividade de Descascamento de Grãos

Fonte: 1- SojaMac (2017); 2 – Negociol (2017); 3- SojaMac (2017).

Armazenamento de grãos

A viabilidade econômica de uma unidade de processamento de soja é necessariamente dependente da capacidade de armazenagem e das condições de

beneficiamento de sua matéria-prima. A partir deste processo os resíduos começam a se separar em vagem e cascas D'arce (2014) e Silva (2013). Antes de ser processada na indústria, a soja pode ser armazenada por até 10 meses Nessa etapa crítica, a matéria-prima pode sofrer deteriorações irreversíveis para a produção de óleo, dependendo dos cuidados a qual foi submetida no processo de produção inicial, que consiste na condução da lavoura e colheita de forma adequada.

Os grãos são, normalmente, armazenados em silos verticais, semi-esféricos, cilíndricos de folhas laminadas, ou em armazéns e galpões de alvenaria, desde que supram certos requisitos tais como: permitir ventilação controlada; vedar a entrada de insetos e roedores; evitar umidade e luz; assegurar cargas e descargas fáceis; permitir o revolvimento periódico do material; e garantir o controle da temperatura interna (ALMEIDA, 1950). A Figura 7 mostra sub-etapas de armazenamento da biomassa em estudo.



Figura 7. Representatividade de Armazenamento de Grãos de Soja

Fonte: 1 - Univermaq (2017); 2 – Folha Agrícola (2017); 3 - OhojeEconomia (2017).

Trituração e laminação (Moagem)

A trituração e a laminação são realizadas por meio de rolos de aço inoxidáveis horizontais ou oblíquos. Os flocos ou lâminas obtidas possuem uma espessura de dois a quatro décimos de milímetro, com um a dois centímetros de superfície. A desintegração dos grãos ativa as enzimas celulares, especialmente a lipase e a peroxidase, o que tem um efeito negativo sobre a qualidade do óleo e da torta ou farelo. Portanto, a trituração dos cotilédones e a laminação das pequenas partículas obtidas devem ser efetuadas o mais rápido possível. A extração de óleo dos grãos é facilitada pelo rompimento dos tecidos e das paredes das células. A trituração e laminação diminuem a distância entre o centro do grão e sua superfície, aumentando, assim, a área de saída do óleo (EMBRAPA, 2001) (Figura 8).

O farelo de soja é obtido a partir da moagem dos grãos de soja, para extração do óleo, que é destinado para consumo humano, e representa um dos ingredientes de maior importância utilizado em rações animais. A polpa de soja ao sair do extrator é denominada na linguagem industrial de farelo de soja tostado, de alto valor alimentício e de grande potencial econômico e de industrialização (EMBRAPA, 2001).



Figura 8. Representatividade Moagem de Grãos de Soja

Fonte: 1- GranjaTec (2017); 2 – Pecuária.com.br (2017); 3- Aprosoja (2017)

Outros subprodutos como farinha de soja, o concentrado protéico e a proteína isolada de soja também são obtidos no processamento da oleaginosa. O farelo pode ser comercializado na forma de flocos, moído ou granulado, conforme a exigência dos consumidores ou conveniência de transporte. As gomas, por sua vez, podem ser adicionadas aos flocos desengordurados e contribuir para o aumento do teor de gordura do farelo, podendo também ser purificada e comercializada como lecitina pura no estado sólido ou diluída em óleo de soja.

Extração do Óleo Bruto

Nas plantas de indústrias esmagadoras mais convencionais, o óleo é parcialmente extraído por meio mecânico de pressão em prensas contínuas ou “expellers”, seguido de uma extração com solvente orgânico, por exemplo, hexano ou etanol. A torta que deixa a prensa é submetida à ação do solvente orgânico, que dissolve o óleo residual da torta, deixando-a praticamente sem óleo. O solvente é recuperado e o óleo separado do solvente é misturado ao óleo bruto que foi retirado na prensagem. Essa mistura dos dois óleos é submetida a uma filtração para eliminar suas impurezas mecânicas, que são partículas arrastadas dos cotilédones dos grãos. A torta ou farelo extraído, contendo menos de 1% de óleo, é submetido a uma moagem e é em seguida armazenado em silos ou ensacado (EMBRAPA, 2001), sendo

o óleo e a proteína os principais focos desta cultura para as indústrias. A Figura 9 mostra o processo simplificado da obtenção de óleo de soja bruto.

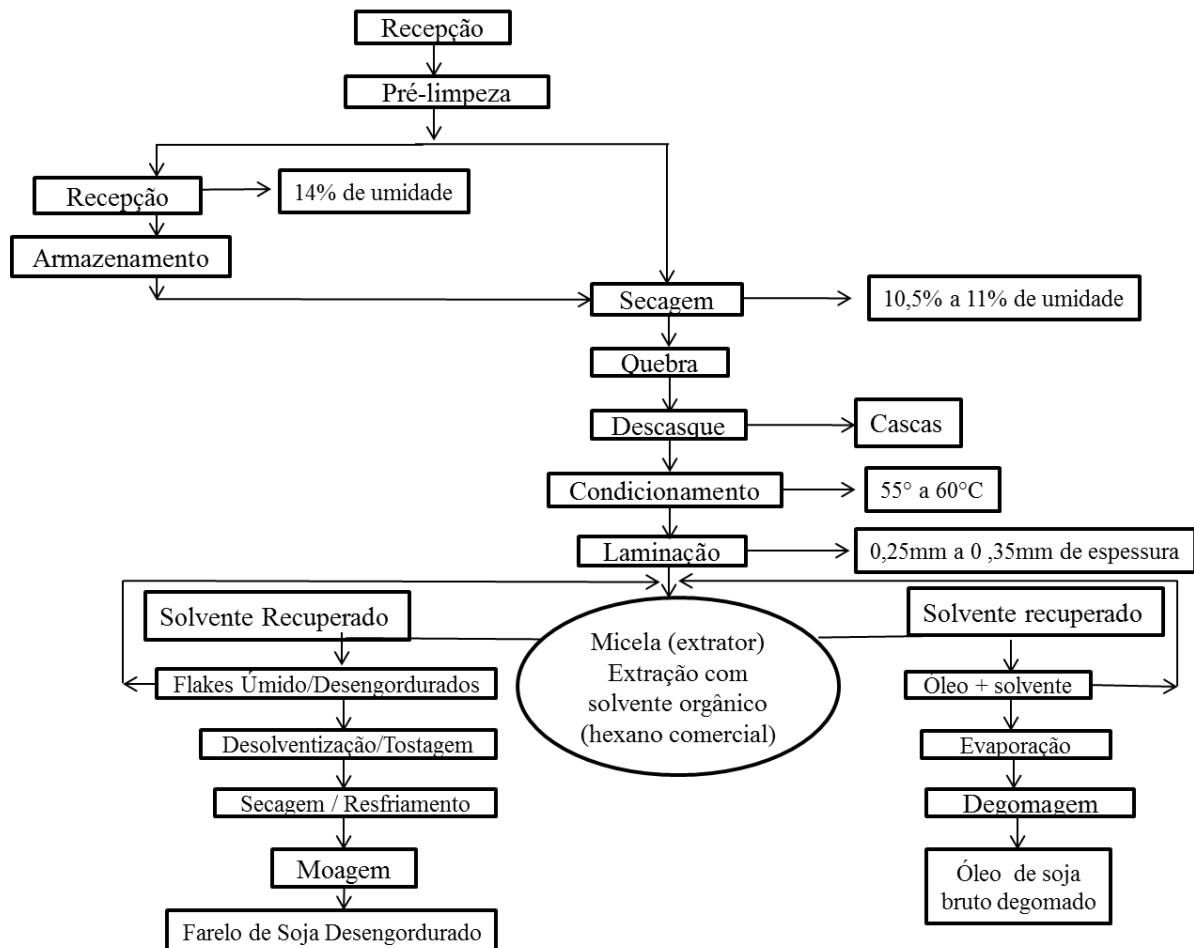


Figura 9. Representatividade de Extração de Óleo de Soja.
Fonte: (EMBRAPA, 2001).

Subprodutos do processo de extração de óleo

A extração do óleo conduz à obtenção de subprodutos de valor comercial. Uma tonelada de grãos fornece aproximadamente 190 litros de óleo, 730 quilogramas de farelo, 50 quilogramas de casca e 6 quilogramas de gomas.

Farelo - a polpa de soja ao sair do extrator com posterior tratamento nos dessolvantizadores, tostadores e secadores, denomina-se farelo de soja tostado, de alto valor alimentício e de grande potencial econômico e de industrialização. A farinha de soja, o concentrado protéico e a proteína isolada de soja também são obtidos no processamento. O farelo pode ser comercializado na forma de flocos, moído ou granulado, conforme a exigência dos consumidores ou conveniência de transporte.

Cascas - podem alimentar as caldeiras ou servir de material de enchimento para o ajuste do teor de proteína do farelo ou ainda ser moídas ou granuladas e comercializadas como tal.

Gomas - pode ser adicionada aos flocos desengordurados e contribuir para o aumento do teor de gordura do farelo, podendo também ser purificada e comercializada como lecitina pura no estado sólido ou diluída em óleo de soja.

A refinação do óleo bruto pode ser definida como um conjunto de operações unitárias que visam transformar os óleos brutos em óleos comestíveis. Embora existam casos de consumo de óleos brutos, como o azeite de oliva, e o azeite de dendê. A finalidade da refinação é melhorar a aparência bem como o odor e sabor do óleo bruto, por meio da remoção de diversos componentes como substâncias coloidais, voláteis, ácidos, polímeros, substâncias inorgânicas dentre outras (EMBRAPA, 2001).

As principais etapas do processo de refinação do óleo bruto de soja são: degomagem ou hidratação; neutralização ou desacidificação; branqueamento ou clarificação e desodorização. A refinação, como é realizada geralmente no Brasil e no exterior, é uma mistura de processos químicos e físicos. Das três operações principais da refinação, a neutralização com álcalis é um processo químico, enquanto o branqueamento e a desodorização são processos físicos de adsorção e destilação, respectivamente (EMBRAPA, 2001).

A casca e o farelo de soja são os principais subprodutos no processo de extração do óleo vegetal. A casca é composta basicamente por fibras, possui alta qualidade e baixo custo, e pode ser uma alternativa de reduzir custos para a cadeia produtiva de proteínas animais (OLIVEIRA et al., 2015).

A industrialização da soja é dividida em duas etapas principais, a primeira é a obtenção do óleo bruto e da torta ou farelo, e a outra é a refino do óleo bruto e a utilização do óleo refinado na produção de derivados e sub-produtos (óleo comestível, gordura vegetal hidrogenada, margarina, maionese, lecitina, sabões, farelo tostado, farinha, isolado e concentrados proteicos) (OLIVEIRA, 1995).

Aproveitamento da Casca da Soja – Rotas Tecnológicas

A biomassa é uma das fontes de energia renováveis mais importantes. A conversão de biomassa em energia abrange uma ampla gama de materiais, tecnologias de conversão e

aplicações de uso final dos produtos, tais como a geração de energia / calor, transporte de combustíveis e matérias-primas químicas (N.GIL-LALAGUNA et al., 2014).

A utilização da biomassa (lignocelulósica) para a produção de biocombustíveis de segunda geração ou produtos químicos de valor agregado é realizada por meio de tecnologias de conversão termoquímica, principalmente processos térmicos como a pirólise e gaseificação, além de processos fermentativos para a produção de etanol, são consideradas fontes economicamente sustentáveis para a produção de combustíveis renováveis e/ ou produtos químicos (OLIVEIRA et al., 2015).

Os resíduos gerados nas mais variadas atividades industriais vêm se tornando um problema com a crescente produção de produtos e serviços. Cada vez mais o setor industrial é pressionado a adotar técnicas de manejo dos resíduos, buscando benefícios energéticos e ambientais (CORREA, 2013). A casca de soja (tegumento) é um co-produto obtido previamente por separação durante o processo de extração de grãos do óleo (SCHERAIBER, 2014).

A casca de soja representa uma fração substancial de 7 a 8% da massa total de soja, é a maior quantidade de subprodutos na indústria de processos de soja (FERRER et. al., 2014). Prevê-se que a produção mundial total de soja seja 371,3 milhões de toneladas até 2030 e haverá 29,7-37,1 milhões de toneladas de cascas de soja disponíveis (MASUDA, 2009).

O baixo teor de lignina na casca de soja faz com que os resíduos tenham uma ampla variedade de aplicações (Figura 10). Devido a esta composição de biomassa, a casca de soja é amplamente utilizada para alimentação animal (CHEE et. al., 2005) e tem um bom potencial de sacarificação, porque a lignina é um obstáculo importante para a hidrólise enzimática da biomassa. Também contém uma grande quantidade de fibras dietéticas, e tem sido usado como ingrediente de massa para diminuir o teor de gordura em bolos e biscoitos (KU et. al., 1996). Além disso, a casca de soja também foi identificada como uma rica fonte de peroxidases, resultando numa alternativa viável para a produção de biocatalisadores (SILVA et.al., 2013).

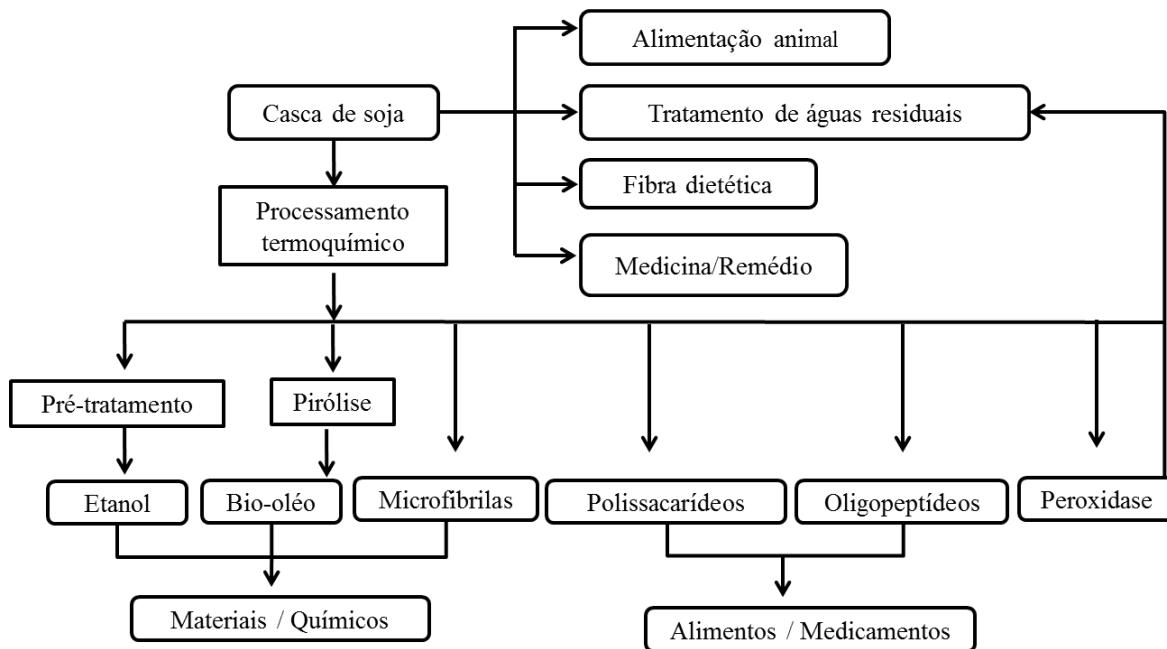


Figura 10. Aplicabilidade do Agroresíduo Casca de Soja

Fonte: Hua-Min Liu e Hao-Yang Li (2017)

Processo de Pirólise

O uso do de biomassa residual como matéria-prima na obtenção de biocombustíveis a partir da aplicação de processo térmico, apresenta-se como uma alternativa ambientalmente viável, que tem como vantagens o fato de prevenir impactos ambientais futuros, advindos da disposição incorreta desse resíduo no meio ambiente, e por possibilitar a obtenção de um produto de valor econômico, como o bio-óleo e gases combustíveis, transformando assim um resíduo a ser descartado em matéria-prima (PEDROZA et al., 2010).

Dentre as tecnologias utilizadas para aproveitamento de biomassas, a pirólise apresenta muitas vantagens comparadas às demais. A pirólise é um tratamento térmico na ausência de oxigênio. Quando isso o procedimento é aplicado a polímeros ou moléculas grandes, geralmente produz a degradação das moléculas resultando na geração de compostos de menor peso molecular (GERMÁN et. al., 2017). A pirólise é um processo endotérmico que consiste em aquecer a biomassa (normalmente entre 300°C e 600°C), na “quase-ausência” de ar, com a formação de vapores, que ao serem resfriados produzem um líquido que é normalmente indicado como bio-óleo, finos de carvão e gases pirolíticos não condensáveis, que podem ser usados para gerar calor e energia para o processo em si, ou para o mercado local.

Os principais produtos obtidos durante este tratamento térmico são o bio-óleo (líquido), o carvão (sólido) e a fração gasosa, produtos com densidade energética mais alta e

melhores propriedades do que àquelas da biomassa inicial. Devido a seus poderes energéticos, esses materiais obtidos possuem utilizações potenciais diversas, podendo ser utilizado no seu próprio processo e para o setor industrial, além de contribuir para a diversificação do plano energético brasileiro (PEDROZA et al., 2011).

A degradação da celulose se dá a 250 °C e da lignina inicia a 180 °C. A temperaturas elevadas a lignina é mais resistente ao calor devido à sua baixa taxa de degradação. A perda de massa entre 200 e 300 °C é devido à decomposição da hemicelulose e a decomposição lenta da lignina, enquanto que a 250 e 500 °C é atribuída à degradação da celulose e lignina.

O bio-óleo de biomassa lignocelulósica uma mistura complexa de alcoóis, aldeídos, cetonas e ácidos carboxílicos entre outros, apresenta como característica a baixa estabilidade, causada pela reatividade dos compostos presentes no óleo. É um líquido de característica polar e odor característico (DIEBOLD, 2000) sendo constituído por uma mistura complexa de moléculas de diferentes tamanhos derivadas da despolimerização e fragmentação da celulose, hemicelulose e lignina. Consequentemente, a composição elementar do bio-óleo é semelhante à biomassa.

O bio-óleo é um líquido que apresenta alto poder calorífico e ausência de compostos sulfurados, o que aponta para a possibilidade de aplicação deste produto como biocombustível. O bio-óleo pode ser utilizado em substituição do óleo diesel em caldeiras, ligantes na fabricação de briquetes siderúrgicos, emulsões para asfalto, aditivos de gasolina e óleo – diesel. A fração gasosa obtida tem alto poder calorífico e é composta por hidrocarbonetos de até 6 carbonos, hidrogênio, CO e CO₂. O gás de síntese (CO e H₂) é representativo na mistura e pode ser empregado em processos químicos (síntese do metanol, da amônia e reações do Tipo Fischer-Tropsch para obtenção de gasolina ou mesmo diesel). O carvão também pode ser empregado na remoção de metais pesados e substâncias orgânicas tóxicas de efluentes, substituindo o carvão ativado comercial. Além disso, podem ser utilizados em caldeiras e fornos tubulares, fornos comerciais (pizzaria, padaria, etc) e uso doméstico (lareiras e churrasqueiras) (PEDROZA et al., 2014).

Os produtos da pirólise de biomassa são uma mistura complexa de substâncias obtidas através de reações de degradação térmicas individuais dos compostos orgânicos do material e cada uma delas têm sua própria cinética (CARDOSO e ATAÍDE, 2013) e a degradação da lignina é uma das principais fontes de fenóis presente na fase líquida (bio-óleo). A hemicelulose decompõe-se em ácidos acético, ácido fórmico, aldeídos, furanos e

cetonas, mistura complexa de compostos polares e apolares com aparência oleosa. (KANAUJIA et al., 2014).

Produção de Etanol

A casca de soja é uma fonte atraente de açúcares fermentáveis para o etanol celulósico. Hickert et al. (2014) investigaram a conversão de pentoses e hexoses liberadas de hidrolisado de casca de soja de alta pressão osmótica em etanol por vários cultivos microbiológicos com *Saccharomyces Cerevisiae*. A casca de soja foi hidrolisada em um pré-tratamento com ácido sulfúrico em duas etapas, resultando em mais de 72% de sacarificação. Os rendimentos da bioconversão da casca de soja para etanol foram de 38 a 47%. Segundo os pesquisadores, o pré-tratamento físico-químico da casca de soja para a remoção de hemicelulose foi essencial para melhorar a digestibilidade do material durante o estágio de hidrólise enzimática.

Cassales et al. (2011) investigaram várias concentrações de ácido para obter alta liberação de açúcar e baixa geração de compostos tóxicos. Yoo et al. (2011) estudaram o pré-tratamento da casca de soja por extrusão termomecânica. Mielenz et al., (2009) relatam alto rendimento de etanol por sacarificação simultânea e fermentação de cascas de soja sem pré-tratamento, devido ao baixo teor de lignina. Rojas et al. (2014) relataram um processo para a recuperação de proteínas da casca de soja, principalmente como oligopeptídos, e a produção de etanol a partir do restante fração lignocelulósica. Além da produção de etanol a partir de casca de soja, Zhang e Hu (2012) estudaram uma nova aplicação deste agroresíduo para converter em lipídios fúngico sem biodiesel com produção através da fermentação de estado sólido. Os resultados mostraram que o teor de lípido total final atingiu 47,9 mg de lípido proveniente de 1 g de casca de soja após a conversão, que é 3,3 vezes maior em comparação com a reserva inicial de lipídios presente no resíduo. A fermentação em estado sólido é um processo mais econômico devido ao baixo gasto de energia, seu baixo custo de capital, alta produtividade volumétrica, baixa produção de efluentes, e menor necessidade de espaço para a fermentação (HÖLKE et al., 2004).

Produção de Microfibrilas

Microfibrilas são estruturas medindo cerca de 10 a 25 nanômetros de diâmetro, formadas pelo conjunto de micelas que estão dispostas ordenadamente e conferem propriedades cristalinas à parede celular. As micelas são formadas por moléculas de celulose.

A celulose microfibrilada foi desenvolvida pela primeira vez no início da década de 1980 por Turbak e co-autores podendo ser obtida através de tratamentos mecânicos, tais como refinação e homogeneização a alta pressão(TURBAK et. al., 1983). A celulose microfibrilar é um material biológico com propriedades interessantes que o tornam atraente em muitas aplicações. Caracteriza-se por um alto nível específico de área superficial, flexibilidade e cristalinidade, e contém uma grande quantidade de grupos hidroxila, os quais influenciam suas interações em dispersões líquidas ou em filmes sólidos.

Merci et al., (2015) produziram celulose microfibrilar a partir de casca de soja usando um método simples baseado na extrusão reativa. A celulose microfibrilar relatada produzida a partir de cascas de soja foi composta de fibras curtas e em forma de haste, e tinha um teor de celulose de 83,79% e índice de cristalinidade de 70%. Miranda et al., (2013) estudaram a cinética do processo de degradação da celulose extraído de cascas de soja e compararam o seu comportamento com celulose microcristalina comercial em ambiente inerte. Os resultados indicaram que o comportamento de degradação cinética de celulose de casca de soja foi mais parecida com o da celulose microcristalina comercial.

Ferrer et al., (2014) trabalharam com microfibrilas celulósicas isoladas (SMF) e micropartículas do tipo tijolo (SMP) de cascas de soja combinando pré-tratamentos mecânico e químico. As composições químicas de SMF e SMP incluíam polissacarídeos residuais e lignina com propriedades típicas das partículas nanocelulósicas. Em comparação com os de celulose micro e nanofibrilada obtidos de fibras de madeira branqueadas, SMF e SMP apresentaram maior cristalinidade e estabilidade térmica. Além disso, observou-se um forte comportamento de desbaste de cisalhamento para dispersões aquosas de SMF e SMP, revelando que as microestruturas de celulose são de interesse para a modificação da reologia, revestimentos e filmes. Estes SMF e SMP extraídos de cascas de soja foram utilizado sem filmes e também combinados com celulose micro e nanofibrilar à base de madeira em híbridos sistemas (FERRER et. al., 2015). Os filmes híbridos apresentaram resistências semelhantes às daquelas de filmes de celulose nanofibrilares perfeitos, oferecendo assim uma opção de custo reduzido, mantendo um desempenho de contribuições sinérgicas dos componentes. Além disso, filmes densos com baixa porosidade, uma característica essencial

para propriedades de barreira, pode ser facilmente produzida substituindo até 75% de celulose micro e nanofibrilar com SMF ou SMP.

Produção de Peroxidases

A extração de enzimas a partir de resíduos agroindustriais é uma alternativa para redução de custos na produção de biocatalisadores. Peroxidase de casca de soja (SHP, E.C. 1.11.1.7) é uma glicoproteína que pertence à superfamília de peroxidase vegetal que também inclui rabano (HRP), amendoim e peroxidases de cevada (KAMAL et.al., 2002). Devido à alta estabilidade térmica, ampla estabilidade ao pH e custo baixo conforme Liu et al., (2007), a SHP é um biocatalisador mais promissor para a indústria em comparação com o HRP amplamente utilizado. O SHP foi anteriormente utilizado para a remoção de fenóis aquosos de águas residuais em reator de membrana agitada, como catalisador de bromação, para oxidação do luminol, para a síntese de polianilina e outros solventes orgânicos (PROKOPIJEVIC et. al., 2013).

A peroxidase da casca de soja possui um grupo prostético de ferriprotoporfirina IX localizado no sítio ativo. O mecanismo catalítico segue um mecanismo do tipo "vai e volta" envolvendo a transferência de dois elétrons do peróxido de hidrogênio, criando uma forma oxidada da enzima, "composto I." As reduções sucessivas de um elétron retornam a enzima ao seu estado nativo ou reduzido através de uma forma oxidada intermediária da enzima, "composto II" (STEEVENSZ et. al., 2013).

Tais enzimas oferecem mais vantagens, como a melhoria da estabilidade contra as condições de desnaturação, recuperação de produtos, maior atividade catalítica, operação contínua de processos enzimáticos, reutilização e susceptibilidade reduzida à contaminação microbiana (ASHRAF, 2010). Chagas et al., (2015) extraíram peroxidase de cascas de soja com imobilização do material em pérolas de quitosana reticuladas com glutaraldeído. A enzima imobilizada mostrou um potencial de 50% na oxidação do ácido cafeico após quatro ciclos consecutivos.

Produção de Oligopeptídeo

Os peptídios, peptídeos ou péptidos são biomoléculas formadas pela ligação de dois ou mais aminoácidos através de ligações peptídicas, estabelecidas entre um grupo amina de um aminoácido, e um grupo carboxila do outro aminoácido. Os peptídeos são resultantes do processamento de proteínas e podem possuir na sua constituição 2 ou mais aminoácidos. Os oligopeptídeos são constituídos de 3 a 50 aminoácidos. Os oligopeptídeos obtidos da casca de soja através de proteólise ou técnicas de fermentação microbiana e processo de purificação são amplamente utilizados na indústria de alimentos. As cascas de soja podem conter 11-15% de proteínas e podem ser transferidas para oligopeptídeos por várias técnicas. A maioria das produções comerciais de oligopeptídeos usa o processo de hidrólise em batelada, que depende de vários fatores, como desnaturação de proteínas, temperatura de hidrólise e especificidade da protease (KENJI, 1995). O hidrolisado de proteína é uma mistura complexa de peptídeos de vários comprimentos. A massa molar dos peptídeos tem um efeito importante nas propriedades funcionais.

Em geral, os peptídeos menores com menos de seis aminoácidos têm o maior impacto no crescimento e produção da célula (FRANEK, 2005). Rojas et al., (2014) publicaram resultados relativos à recuperação de proteínas de cascas de soja por hidrólise, principalmente como oligopeptídeos e subsequente produção de etanol da fração lignocelulósica restante. Os resultados indicaram que as cascas de soja podem ser uma matéria-prima promissora para a produção de um hidrolisado de proteínas de alto valor composto principalmente de oligopeptídeos de baixo peso molecular.

Conclusões

A soja é considerada em termos de produção e comércio internacional com maior expressividade pela sua liquidez e utilização em diversas áreas. É de extrema importância a exploração e pesquisa de recursos energéticos em um país, pois com isso ele torna-se menos vulnerável a problemas futuros com suprimento de energia e suas respectivas cadeias de produção.

As tecnologias de conversão utilizando biomassas oriundas de agroindústrias são fundamentalmente importantes para o incremento na matriz energética renovável, e consequentemente nas indústrias tanto para fins energéticos para desenvolvimento de inovações tecnológicas que podem ser aplicadas nestes campos.

A disponibilidade de resíduos da agroindústria da soja como em destaque a casca de soja podem ser utilizados em processos de conversão termoquímica para obter combustíveis mais verdes, mais limpos gerando em formando novos materiais com composição química mais leve de caráter sustentável.

As cascas de soja são fontes comerciais potencialmente de produção de etanol, fibra dietética, microfibrilas, polissacarídeos e pectina, e, podem ser convertidos em forma útil de energia, como o bio-óleo por processo termoquímico. A extração de peroxidase de cascas de soja é uma alternativa para reduzir custos.

Referências

AGEITEC - Agência Embrapa de Informação Tecnológica (2017). Disponível em: <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/agroenergia/arvore/CONT000fb123vmz02wx5eo0sawqe3vtld7vi.html>>. Acessado em: 04 ago. 2017.

AGROANALYSIS – Revista de Agronegócio do FGV. **Tocantins Transformando Potencial em Realidade.** 8v. 36, n. 7 ISSN: 0100-429 (2016). Disponível em: <http://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/agroanalysis/issue/viewIssue/3835/1784>.

AGROLINK. Características da Soja (*Glycine max*) (2017). Disponível em <https://www.agrolink.com.br/culturas/soja/informacoes/caracteristicas_361509.html>. Acessado em: 01 set. 2017.

AGUIAR, D; MATSUOKA, B. Mudanças na pauta de exportações e a primarização do complexo soja. **Revista de Política Agrícola**, 1(1): 20-34, 2016.

ALMEIDA, J.R. Elaiotecnia - Parte Teórica, Piracicaba, **Tipografia do Jornal de Piracicaba**. 1950, p.453

ANA – Agência Nacional das Águas. Bacias Hidrográficas. Disponível em: <<http://www2.ana.gov.br/Paginas/portais/bacias/default.aspx>>. Acessado em: 19 jun. 2017.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. **Rede Hidrográfica do Matopiba**. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/area.cfm?id_area=104>. Acessado em: 19 jun. 2017.

APROSOJA BRASIL. **Produtores Rurais e Indústrias não chegam a Consenso sobre Tributação de Grãos em Goiás**. Disponível em: <<https://aprosojago.com.br/produtores-rurais-e-industrias-nao-chegam-a-consenso-sobre-tributacao-de-graos-em-goias/>> Acessado em: 10 JUN.2017.

ARAÚJO, I. I.; et al. Aproveitamento do resíduo do processamento do café na composição de painéis MDP. Proceedings of the III Workshop do PGR em Gestão de Resíduos da Unesp: **Annual Meeting**, 2014.

ASHRAF, H.; HUSAIN, Q. Stabilization of DEAE cellulose adsorbed and glutaraldehyde crosslinked white radish (*Raphanus sativus*) peroxidase. **Journal Of Scientific & Industrial Research.** 2010;69(8):613–620.

BARBIRATO, G.; et al. Painel aglomerado híbrido de casca de amendoim reforçado com partículas de madeira itaúba. **Ciência Florestal**, v. 24, n. 3, 2014.

BREULMANN, M. et al., Hydrochars derived from sewage sludge: effects of pre-treatment with water on char properties, phytotoxicity and chemical structure. **Journal Archives of Agronomy and Soil Science.** p. 1-13, 2017.

BROWN, R. C. Introduction to Thermochemical Processing of Biomass into Fuels, Chemicals, and Power. In: **Thermochemical Processing of Biomass**. John Wiley & Sons, Ltd, 2011.

CARDOSO, C.R; ATAÍDE, C.H. Analytical pyrolysis of tobacco residue: Effect of temperature and inorganic additives. **Journal of Analytical and Applied Pyrolysis.** V. 99, p. 49-57, 2013.

CASSALES A., SOUZA-CRUZ P. B. D., RECH R., AYUB M.A.Z. Optimization of soybean hull acid hydrolysis and its characterization as a potential substrate for bioprocessing. **Biomass & Bioenergy.** 2011; 35(11):4675–4683. DOI:10.1016/j.biombioe.2011.09.021.

CHAGAS, P. M. B; TORRES, J. A.; SILVA, M. C.; CORRÊA, A. D. Immobilized soybean hull peroxidase for the oxidation of phenolic compounds in coffee processing wastewater. **International Journal of Biological Macromolecules.** 2015; 81:568–575. DOI:10.1016/j.ijbiomac.2015.08.061.

CHEE, K. M.; CHUN, K. S.; HUH, B.D.; CHOI, J. H.; CHUNG, M. K.; LEE, H. S. et al. Comparative feeding values of soybean hulls and wheat bran for growing and finishing swine. **Asian Australasian Journal of Animal Sciences.** 2005;18(6):861–867. DOI:10.1128/AEM.70.12.7413-7417.2004.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Conab: Safra de grãos supera recorde e pode chegar a 234 milhões de toneladas** (2017). Disponível em: <<https://www.noticiasagricolas.com.br/noticias/graos/193177-safra-de-graos-supera-recorde-e-pode-chegar-a-234-milhoes-de-toneladas.html#.WTlpOOVyu0o>>. Acessado em: 30 jun. 2017.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira de grãos. Brasília: Conab, 2014. Disponível em: <www.conab.gov.br>. Acesso em: 02 jun. 2014. In: **Resumos Expandidos da XXXIV Reunião de Pesquisa de Soja**. Agosto de 2014 - Londrina/PR. Produção de Soja no Estado do Tocantins: percepções iniciais sobre o sistema produtivo.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos. V2. Safra 2014/2015. Nº9. **Nono Levantamento**, 2015.

CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 316, de 29 de outubro de 2002.** Dispõe sobre procedimentos e critérios para o funcionamento de sistemas de tratamento térmico de resíduos.

CORREIA L. A. R. **Estudo do processo de pirólise para aproveitamento sustentável do lodo digerido doméstico.** 2013. Dissertação de Mestrado em Agroenergia. 2013. 159 f. Universidade Federal do Tocantins, Palmas, 2013.

CRAVO, J. C. M.; et al. Painel aglomerado de resíduos agroindustriais. **Ciência Florestal**, v. 25, n. 3, 2015.

D'ARCE, Marisa A. B. R., Gil M. S. Câmara, Oswaldo P. Godoy, Júlio Marcos Filho, "Soja - Produção, Pré-Processamento e Transformação Agroindustrial", Série Extensão Agroindustrial, Governo do Estado de São Paulo, 1982.

D'ARCE, M. A. B. R. **Pós colheita e armazenamento de grãos.** Disponível em: <<http://www.esalq.usp.br/departamentos/lan/pdf/Armazenamentodegraos.pdf>>. Acesso em: 16/06/2014.

DECRETO Nº 8.447 - 06/05/2015 - Plano de Desenvolvimento Agropecuário do Matopiba - PDA-Matopiba.

DERMIBAS, A. Biorefineries: For Biomass Upgrading Facilities. **Springer Science & Business Media.** 2009.

DIEBOLD, J. P. A review of the chemical and physical mechanisms of the storage stability of fast pyrolysis bio-oils. **National Renewable Energy Laboratory.** 2000. 51p.

EMBRAPA SOJA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa da Soja. **Tecnologia para produção do óleo de soja: descrição das etapas, equipamentos, produtos e subprodutos.** (2001). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. ISSN 1516-781X. Londrina, Paraná.

EMBRAPA SOJA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Centro Nacional de Pesquisa Soja. **A Soja no Brasil.** Disponível em: www.cnpso.embrapa.br/producaosoja/SojanoBrasil.htm. Acesso em: 12 mai. 2015.

EMBRAPA SOJA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Soja em Números** (safra 2016/2017) (2017). Disponível em: <https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>. Acessado em 10 out. 2017.

FERREIRA, M.; SANTOS, C. M.; FERNANDES, R. A. S. **Resumos Expandidos da XXXIV Reunião de Pesquisa de Soja - agosto de 2014 - Londrina/PR.** Fontes de crescimento das exportações brasileiras de soja em grão: Uma Análise de Constant Market Share.

FERRER A, SALAS C, ROJAS OJ. Physical, thermal, chemical and rheological characterization of cellulosic microfibrils and microparticles produced from soybean hulls. **Industrial Crops and Products.** 2016; 84:337–343. DOI:10.1016/j.indcrop.2016.02.014.

FERRER, A.; SALAS, C.; ROJAS, O. J. Dewatering of MNFC containing microfibrils and microparticles from soybean hulls: Mechanical and transport properties of hybrid films. **Cellulose**. 2015; 22(6):3919–3928. DOI: 10.1007/s10570-015-0768-y.

FRANĚK, F., FUSSENEGGER, M. Survival factor-like activity of small peptides in hybridoma and CHO cells cultures. **Biotechnology Progress**. 2005; 21(21):96–98. DOI:10.1021/bp0400184.

FREITAS, M. de C. M. A cultura da soja no Brasil: O crescimento da produção brasileira e o surgimento de uma nova fronteira agrícola. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, vol.7, N.12; 2011.

FOLHA AGRÍCOLA – O Jornal do Agronegócio do Paraná. **Sistema permite recuperar a umidade dos grãos à 14% após armazenamento em silos**. Disponível em: <<http://folhaagricola.com.br/noticia/sistema-permite-recuperar-a-umidade-dos-graos-a-14-apos-armazenamento-em-silos>>. Acessado em: 11 dez. 2017.

G1 – Tocantins – Anhanguera. **Produção de soja aumenta no Tocatins, mas faltam indústrias de beneficiamento**. Disponível em: <<http://g1.globo.com/to/tocantins/noticia/2015/02/producao-de-soja-aumenta-no-mas-faltam-industrias-de-beneficiamento.html>>. Acessado em: 28 fev. 2015.

GERMÁN F. G. et. al.,. Soybean hulls, an alternative source of bioactive compounds: Combining pyrolysis with bioguided fractionation. **Industrial Crops & Products** 105 (2017) 113–123.

GITE/EMBRAPA. **Grupo de Inteligência Territorial Estratégica** – Embrapa 2015. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/gite/projetos/matopiba/>>. Acessado em: 01 jun. 2017).

GOES, R. H. T. B.; et al. Composição bromatológica de degradabilidade ruminal de resíduos da pré-limpeza de soja utilizados na alimentação de ovinos. **PUBVET**, v.5, n. 30, 2011.

GRANJATEC – Extruder-oil press system. **Extractor Tec Slim**. Disponível em: <<http://granjatec.com.br/extratora-tec-slim/>>. Acessado em: 11 nov. 2017.

GUIMARÃES, I. L. **Aproveitamento de Resíduo de Soja para Produção de Painéis MDP (Medium Density Particleboard)** (2017). Universidade federal de Goiás Regional Jataí. Programa de Pós-Graduação em Agronomia.

GUIMARÃES JUNIOR, J. B.; et al. Inclusão de resíduo da cultura de sorgo empainéis aglomerados de eucalipto. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 36, n. 88, 2016.

GUIMARÃES, B. M. R.; et al. Chemical treatment of banana tree pseudo particles aiming the production of particleboards. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 38, n. 1, 2014.

HICKERT L. R.; CRUZ M. M, DILLON A. Fermentation kinetics of acid-enzymatic soybean hull hydrolysate in immobilized-cell bioreactors of *Saccharomyces cerevisiae*, *Candida shehatae*, *Spathaspora arboriae*, and their co-cultivations. **Biochemical Engineering Journal**. 2014; 88(28):61–67. DOI:10.1016/j.bej.2014.04.004

HÖLKER, U.; HÖFER, M.; LENZ, J. Biotechnological advantages of laboratory-scale solid-state fermentation with fungi. **Applied Microbiology & Biotechnology**. 2004;64(2):175–186. DOI:10.1007/s00253-003-1504-3.

HUA-MIN L. and HAO-YANG L. Application and Conversion of Soybean Hulls. **Intec Open Sciense**. Chapter from the book Soybean - The Basis of Yield, Biomass and Productivity. Downloaded from: <http://www.intechopen.com/books/soybean-the-basis-of-yieldbiomass-and-productivity>.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produto Interno Bruto dos Municípios 2010** Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/pibmunicipios/2010/>> Acessado e: 19 jun. 2017.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **IBGE prevê safra de grãos 6,8% menor em 2018**. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/2013_agencia-de-noticias/releases/19474-ibge-preve-safra-de-graos-6-8-menor-em2018.html> Acessado e: 11 jan. 2018.

JOSLING, T.; PAGGI, M.; WAINIO, J.; YAMAZAKI, F. Latin American Agriculture in a World of Trade Agreements. **American Journal of Agricultural Economics**, 97(2):546–67, 2015.

KAMAL, J. K. A.; BEHERE, D. V. Thermal and conformational stability of seed coat soybean peroxidase. **Biochemistry**. 2002; 41(41):9034–9042. DOI: 10.1021/bi025621e.

KANAUJIA, P.K.; SHARMA, Y. K.; GARG, M.O.; TRIPATHIL, D.; SINGH, R. Review of analytical strategies in the production and upgrading os bio-oils derived from lignocellulosic biomass. **Journal of Analytical and Applied Pyrolysis**, v. 105, p. 55-74, 2014.

KENJI, S.; YASUNORI, O. An integrated bioreactor system for biologically active peptides from isolated soybean protein. **Annals of the New York Academy of Sciences**. 1995; 750 (1 Enzyme Engine):435–440. DOI:10.1111/j.1749-6632. 1995.tb19992.x.

KU K-H, PARK D-J, KIM S-H. Characteristics and application of soybean hull fractions obtained by microparticulation/air-classification. **Korean Journal of Food Science and Technology**. 1996;28(3):506–513.

LIU, J.; LIU, H.; ZHANG, Y.; QIU, L.; SU, F.; LI, F. et al. A simple preparation method of crystals of soybean hull peroxidase. **Applied Microbiology & Biotechnology**. 2007;74(1):249–255. DOI: 10.1007/s00253-006-0639-4.

MASUDA T, Goldsmith PD. World soybean production: Area harvested, yield, and long-term projections. **International Food and Agribusiness Management Review**. 2009; 12(4):143–162.

MEDINA, G.; RIBEIRO, G.; BRASIL, E. Participação brasileira na cadeia da soja: lições para o futuro do agronegócio nacional. **Revista de Economia e Agronegócio**. 13: no prelo, 2016.

MERCI, A.; URBANO A.; GROSSMANN, M. V. E.; TISCHER, C. A.; MALI, S. Properties of microcrystalline cellulose extracted from soybean hulls by reactive extrusion. **Food Research International.** 2015;73:38–43. DOI:10.1016/j.foodres.2015.03.020.

MIELENZ J.R.; BARDSLEY J.S.; WYMAN C.E. Fermentation of soybean hulls to ethanol while preserving protein value. **Bioresource Technology.** 2009; 100(14):3532–3539. DOI:10.1016/j.biortech.2009.02.044.

MIRANDA, E. E. de.; MAGALHÃES, L. A.; CARVALHO, C. A. de. **Proposta de delimitação territorial do MATOPIBA.** Campinas, SP: Embrapa GITE, 2014. Disponível em: MATOPIBA: evolução recente da produção de grãos 69. Acesso em: 4 nov. 2014.

MIRANDA, E. E. De.; CARVALHO, C. A. **Revista AgroDBO Outubro de 2015.** Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/sbsr2015/files/p0697.pdf>. Na Agricultura, A Preservação dos Cerrados. **Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, João Pessoa-PB, Brasil, 25 a 29 de abril de 2015, INPE.

MIRANDA, M. I. G.; BICA, C. I. D; NACHTIGALL, S. M. B; REHMAN, N.; ROSA S. M. L. Kinetic thermal degradation study of maize straw and soybean hull celluloses by simultaneous dsc– tga and mdsc techniques. **Thermochimica Acta.** 2013;565(6):65–71. DOI:10.1016/j.tca.2013.04.012.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. **Política Nacional de Resíduos Sólidos.** PNRS, (2010).

MONTOYA, J. L; VALDÉS, C.; CHEJNE, F.; GÓMEZ C. A.; BLANCO, A.; MARRUGO, G.; OSORIO, J.; CASTILHO, E.; ARISTÓBULO, J.; ACERO, J. Bio-oil production from Colombian bagasse by fast pyrolysis in a fluidized bed: N experimental study. **Journal of Analytical and Applied Pyrolysis.** V. 112, p. 379-875, 2015.

NEGOCIAL. **Descascador para Soja e Feijão Fradinho.** Disponível em: <<http://negociol.com/p199284-descascador-para-soja.html>>. Acessado em: 11 dez. 2017.

OECD-FAO - Food and Agriculture – Organization on The Unide States. **OECD-FAO Agricultural Outlook, 2015-2024.** OECD/FAO (2015).

OHOJE-ECONOMIA - **Capacidade de estoque de grãos do país é de 168 milhões de toneladas.** Disponível em: <<http://negociol.com/p199284-descascador-para-soja.html>>. Acessado em: 09 nov. 2017.

OLIVEIRA, J. O. A. de. **A Agroindústria da Soja: Um estudo da transformação agroindustrial da soja, numa empresa com capacidade de esmagamento de 50 toneladas por dia.** São Paulo: EAESP/FGV, 1995. 100p. Dissertação de Mestrado. Mestrado em Administração de Empresas, opção MBA, da EAESP/FGV.

OLIVEIRA T.J.P, CARDOSO C.R., ATAÍDE C.H. Fast pyrolysis of soybean hulls: Analysis of bio-oil produced in a fluidized bed reactor and of vapor obtained in analytical pyrolysis. **Journal of Thermal Analysis & Calorimetry.** 2015;120(1):427–438. DOI: 10.1007/s10973-015-4600-6

PECUARIA.COM.BR. **Prensa para Farelo de Soja.** Disponível em: <<http://www.pecuaria.com.br/divulgado/detalhes.php?it=1616>>. Acessado em: 11 dez. 2017.

PEDROZA, M. M. et al. Produção e tratamento de lodo de esgoto – uma revisão. **Revista Liberato.** Novo Hamburgo, 11, jul/dez 2010. p.147-157.

PEDROZA, M. M. **Bio-óleo e Biogás da degradação termoquímica de lodo de esgoto doméstico em cilindro rotativo.** 2011. 192 f. Tese (Doutorado em Engenharia Química). Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2011.

PEDROZA, M. M.; SOUSA, J. F.; VIEIRA, G. E. G.; BEZERRA, M. B. D. Characterization of the products from the pyrolysis of sewage sludge in 1 kg/h rotating cylinder reactor. **Journal of Analytical and Applied Pyrolysis.** v. 105, p. 108-115, 2014.

PROKOPIJEVIC, M.; PRODANOVIC, O.; SPASOJEVIC, D.; STOJANOVIC Z.; RADOTIC K.; PRODANOVIC R. Soybean hull peroxidase immobilization on macroporous glycidyl methacrylates with different surface characteristics. **Bioprocess & Biosystems Engineering.** 2013; 37(5):799– 804. DOI:10.1007/s00449-013-1050-z.

PURKAIT, B. S.; et al. Isolation of Cellulose Nanoparticles from Sesame Husk. **Industrial Engineering Chemistry Research.** 2011.

REVISTA PLANTAR. **O Futuro Do Agronegócio Brasileiro.** Editora Monterio. Ano VII. Ed.48.2011.

ROJAS, M. J.; SIQUEIRA P. F.; MIRANDA, L. C.; TARDIOLI, P.W.; GIORDANO R. L. C. Sequential proteolysis and cellulolytic hydrolysis of soybean hulls for oligopeptides and ethanol production. **Industrial Crops and Products.** 2014; 61:202–210. DOI:10.1016/j.indcrop. 2014.07.002.

SANTOS, et al. 2015. **Processamento da Soja (*Glycine max (L.) Merrill*): Um enfoque na qualidade de fabricação do óleo comestível.** Monografia. Faculdade de Engenharia de Produção, Universidade de Rio Verde, 2015.

SERMASA - Inovações e Soluções para O Mercado. **Soja bate recorde e exportações do agronegócio somam US\$ 7 bilhões em novembro.** Disponível em: <<http://www.sermasa.com.br/pt/noticias>>. Acessado em: 11 dez. 2017.

SCATOLINO, M. V.; et al. Use of maize cob for production of particleboard. **Ciência e Agrotecnologia,** v. 37, n. 4, 2013.

SCATOLINO, M. V.; et al. Eucalyptus wood and coffee parchment for particleboard production: Physical and mechanical properties. **Ciência e Agrotecnologia,** v. 41, n.2, 2017.

SCHERAIBER, M. Perfiis Bioquímicos Sanguíneos e Parâmetros de Avaliação Corporal em Cães Alimentados com Dieta Fibrosa. 2014.

SILVA MC, TORRES JA, CHAGAS PMB, CORRÊA AD. The use of soybean peroxidase in the decolorization of remazol brilliant blue r and toxicological evaluation of its degradation products. **Journal of Molecular Catalysis.** 2013;89(3):122–129. DOI:10.1016/j.molcatb.2013.01.004

SOJAMAC - Tecnologia para produção do óleo de soja. **Descascadeira de Grãos de Soja.** Disponível em: <http://www.sojamac.com.br/descascadeira.htm> Acesso em: 11 dez. 2017.

SOJAMAC - Tecnologia para produção do óleo de soja. **Soja sem Casca.** Disponível em: <http://www.sojamac.com.br/descascadeira.htm> Acesso em: 11 dez. 2017.

SOUZA et al., Potencial de Energia Primária de Resíduos Vegetais No Paraná – **4º Encontro de Energia no Meio Rural (2013).** Samuel N. M. de Souza, Alexandre Sordi, Carlos A. Oliva. Universidade Estadual do Oeste do Paraná-UNIOESTE/CCET Rua Universitária, 2069, Cascavel/PR.

STEEVENSZ, A.; MADUR, S.; ALANSARI, M. M.; TAYLOR, K. E.; BEWTRA, J. K.; BISWAS, N. A simple labscale extraction of soybean hull peroxidase shows wide variation among cultivars. **Industrial Crops and Products.** 2013;48(3):13-18. DOI:10.1016/j.indcrop.2013.03.030.

3RLab/UFLA. Universidade Federal de Lavras. **Mofo Branco na Cultura da Soja.** Disponível em: <<https://3rlab.wordpress.com/2016/08/02/mofo-branco-na-cultura-da-soja/>>. Acessado em: 2 de ago. 2016.

UNIVERMAQ – Máquinas e Peças Agrícolas. **Armazenagem da safra preocupa agricultores em várias regiões do país.** Disponível em: <<http://univermaq.com.br/armazenagem-da-safra-preocupa-agricultores-em-varias-regioes-do-pais/>>. Acessado em: 11 de dez. 2017.

USDA – United States Department os Agriculture. **Foreing Agriculture Service (2017).** Disponível em <http://usdabrazil.org.br/pt-br/dados-e-analises/>. Acessado em 04/09/2017.

USDA- United States Department os Agriculture. Foreing Agriculture Service (2014). CONAB. Acompanhamento da safra brasileira de grãos. Brasília: **Conab**, 2014. Disponível em: <<http://usdabrazil.org.br/pt-br/dados-e-analises/>>. Acesso em: 02 jun. 2014.

TURBAK, A. F.; SNYDER, F.; SANDBERG, K. R. Microfibrillated cellulose, a new cellulose product: Properties, uses, and commercial potential. **Journal of Applied Polymer Science:** Applied Polymer Symposium (United States); 1983.

WANDER, A. E.; GARAGORRY, F. L.; SOUSA, M. O. de; CHAIB FILHO, H.; FERREIRA, C. M. **Concentração espacial e dinâmica da produção de arroz no Brasil, de 1975 a 2005.** Santo Antônio de Goiás, GO: Embrapa Arroz e Feijão, 2013. (Documentos / ISSN 1678-9644; 283).

YANG, S. I.; WU, M. S.; C. Y. Application of biomass fast pyrolysis part I: Pyrolysis characteristics and products. Energy, v. 66p. 162-171, 2014.

YOO J.; ALAVI S.; VADLANI P.; AMANOR-BOADU V. Thermo-mechanical extrusion pretreatment for conversion of soybean hulls to fermentable sugars. **Bioresouce Technology.** 2011;102(16):7583–7590. DOI:10.1016/j.biortech.2011.04.092.

ZHANG J.; HU B. Solid-state fermentation of *Mortierella isabellina* for lipid production from soybean hull. **Applied Biochemistry & Biotechnology.** 2012;166(4):1034–1046. DOI:10.1007/s12010-011-9491-9.