

Capítulo 3

Biomassa e sua participação na matriz energética brasileira

Antonio Francisco Jurado Bellote

Guilherme de Castro Andrade

Hugo Bruno Correa Molinari

José Dilcio Rocha

Márcio Luís Busi da Silva

Ricardo Luis Radiz Steinmetz

Simone Palma Favaro

Introdução

O presente capítulo está ligado à meta 7.2 do ODS 7: Até 2030, aumentar substancialmente a participação de energias renováveis na matriz energética global. Nessa meta busca-se, por meio das energias renováveis, o fornecimento de uma energia mais limpa e, ao mesmo tempo, a permissão de que mais pessoas tenham acesso à energia.

Aqui serão apresentadas as contribuições da Embrapa ligadas à pesquisa e ao fomento de novas biomassas para uso na agricultura do País, além de trabalhos focados em resíduos produzidos nas diversas cadeias do agronegócio brasileiro como fontes de energias renováveis.

Culturas energéticas

As culturas, ou cultivos, energéticos são aqueles nos quais a biomassa pode ser direcionada para produção de energia, sendo exemplos desses cultivos florestas, cana-de-açúcar e forrageiras, oleaginosas (como soja, dendê e macaúba) e microalgas.

As culturas com potencial energético têm sido estimuladas como alternativas ambientalmente mais sustentáveis. Destacam-se diversas pesquisas realizadas pela Embrapa de modo a compreender e minimizar o impacto das atividades agroindustriais sobre o ambiente e, por sua vez, o impacto deste sobre essas culturas, frente a uma possibilidade de mudanças climáticas e dos processos biológicos a elas relacionados. São exemplos dessas tecnologias desenvolvidas pela Embrapa:

sistemas de produção integrados – Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF); variedades de eucalipto (BRS 9402, BRS 9801, BRS 8801, SCSBRS 0201), capim-elefante (Cameroon, CNPGL F 06-3, BAG 02) e mamona (BRS Energia e Gabriela).

Florestas energéticas

No Brasil, a biomassa florestal, representada principalmente pela lenha, foi a principal fonte de energia primária, por mais de 450 anos. Na década de 1950, a madeira respondia por 75% do total da energia consumida no País. Atualmente, em razão da disponibilidade tecnológica e do baixo custo dos derivados de petróleo somado à produção em grande escala de energia elétrica, a biomassa florestal contribui apenas com 8% na matriz energética nacional.

O País tem demonstrado características importantes para se tornar referência em produção de energia a partir de biomassa florestal. Localiza-se em uma região tropical e dispõe de condições climáticas e edáficas adequadas ao estabelecimento de plantios florestais, e extensas áreas com potencial para produção de biomassa em abundância.

Existem, atualmente no Brasil, cerca de 8 milhões de hectares de florestas plantadas, das quais 64% são florestas de eucalipto presentes em pouco mais de 500 municípios brasileiros (Indústria Brasileira de Árvores, 2015). A demanda atual brasileira situa-se ao redor de 350 milhões de metros cúbicos de madeira, sendo que as florestas de eucalipto suprem apenas um terço do total dessa demanda anual. A participação das florestas plantadas no Brasil tem crescido sensivelmente nos últimos anos, principalmente no segmento de celulose e papel e para a indústria do carvão vegetal. O País possui um amplo domínio tecnológico sobre a silvicultura de florestas plantadas, com reconhecimento nacional e internacional.

A Embrapa desenvolve pesquisas visando diversificar as espécies potenciais para produção de biomassa, aumentar a produtividade e diminuir os impactos advindos dessa atividade. Isso coloca o Brasil com vantagem competitiva no cenário mundial de produção de energias renováveis. Entretanto, ainda há que se promover um maior incremento de ações para o desenvolvimento da sua cadeia produtiva, em bases sustentáveis. Isso, necessariamente, passa pela prospecção, análise e desenvolvimento de tecnologias destinadas ao aumento da produção e da qualidade da biomassa, concomitante com a melhoria no processamento, transformação e aplicações de seus produtos energéticos. Porém, há uma carência de políticas públicas de longo prazo consolidadas para alavancar o uso da bioenergia

no agronegócio brasileiro. Atualmente, há uma boa perspectiva nesse campo com a implementação da Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio – Lei nº 13.576/2017), sendo anunciada como um novo marco legal dos biocombustíveis no Brasil. Conforme indica o Ministério de Minas e Energia (Brasil, 2017), o programa RenovaBio é uma política de Estado que objetiva traçar uma estratégia conjunta para reconhecer o papel de todos os tipos de biocombustíveis na matriz energética brasileira, tanto para a segurança energética quanto para mitigação e redução de emissões de gases causadores de efeito estufa.

Embora a Embrapa tenha participado, nos últimos anos, dos avanços no desenvolvimento de tecnologias, há ainda importantes desafios a serem enfrentados, como: a) oferta de germoplasma para implantação de florestas que sejam adaptadas às diferentes realidades do território brasileiro; b) aumento nos conhecimentos silviculturais para elevar a produtividade dos plantios, tanto em sistemas não integrados quanto integrados; c) melhoria do nível tecnológico usualmente adotado nas formas tradicionais de conversão de madeira em energia como lenha e carvão vegetal; d) avanço no conhecimento e desenvolvimento de tecnologias de alto valor agregado, como álcool da madeira, bio-óleo e outros. Tudo isso visando à geração de produtos energéticos mais elaborados destinados a aplicações mais específicas a partir da madeira.

Cana-de-açúcar e forrageiras

A cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) e algumas outras forrageiras podem ser utilizadas como biomassa para produção de energias renováveis, principalmente o etanol. O Brasil já domina a tecnologia da produção de etanol de primeira geração (etanol 1G) e possui a infraestrutura e o conhecimento industriais necessários à implantação da geração de etanol de segunda geração (etanol 2G) a partir da biomassa de cana-de-açúcar. O grande desafio nesse sentido refere-se à recalcitrância da biomassa, isto é, a rigidez proporcionada pela estrutura química dos componentes da biomassa, que impede a liberação de açúcares fermentescíveis. Assim, fazem-se necessários a busca e o desenvolvimento de novas variedades de plantas que possuam menor recalcitrância em sua biomassa.

Nesse contexto, a [Embrapa Agroenergia](#) tem sido pioneira no desenvolvimento de novas ferramentas biotecnológicas para o desenvolvimento de novas variedades de cana com maior acúmulo de biomassa e menor recalcitrância. A utilização da tecnologia de edição gênica, que não envolve a geração de organismos geneticamente modificados (OGMs), vem sendo desenvolvida e empregada para

a engenharia genética da cana-de-açúcar com as características anteriormente mencionadas (Waltz, 2016). Além disso, o desenvolvimento de novas variedades que possuam maior eficiência no uso da água também vem sendo realizado na Unidade da Embrapa. Esse é um fator imprescindível para que se possa cultivar cana-de-açúcar em áreas marginais, pouco irrigadas e que não se destinem à cultura de alimentos. Além da cana, outras espécies de forrageiras também vêm sendo estudadas para a produção de biocombustíveis.

A variabilidade genética de forrageiras tropicais encontradas no Brasil permite o estudo de diversos genótipos que possam ser usados para a produção de etanol, aliado a processos industriais integrados que se enquadrem na realidade da indústria sucroenergética. A integração desses processos passa também pela cogeração de energia, como a energia elétrica gerada nas usinas pelo bagaço da cana-de-açúcar. O desenvolvimento desses processos na Embrapa se dá por meio de parcerias público-privadas com o setor sucroenergético, e isso possibilitará a viabilização do etanol celulósico em escala comercial. Além disso, eventos com a participação de atores políticos também estão nos planos estratégicos da Embrapa, para uma ampliação do conhecimento científico aliado a políticas públicas que possam levar ao aumento substancial da participação do Brasil no desenvolvimento de energias renováveis na matriz energética global.

Oleaginosas

A implementação do Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB), no Brasil em 2005, levou à substituição parcial e progressiva de combustível fóssil para veículos pesados no Brasil (Brasil, 2005). Óleos e gorduras são as matérias-primas renováveis, base para a produção de biodiesel (Othman et al., 2017). A disponibilidade imediata de matéria graxa renovável no Brasil recaiu sobre a soja, principal cultura agrícola brasileira. No entanto, a dependência de uma única fonte, cujo rendimento em óleo por área plantada é baixo (aproximadamente 500 kg/ha), levou à necessidade de fontes alternativas com maior densidade energética. Projetos multidisciplinares e multi-institucionais foram e estão sendo conduzidos pela Embrapa, com o objetivo de disponibilizar tecnologias para outras espécies oleaginosas com potencial de alto rendimento. As pesquisas envolvem a domesticação de espécies nativas como a [palmeira macaúba](#) (*Acrocomia* spp.), que apresenta potencial de produção de óleo superior a 4.000 kg/ha (Cardoso et al., 2017) e pode ser cultivada em sistemas de integração com lavoura e/ou pecuária em biomas diversos, como o Semiárido e Cerrado. As domesticações de espécies exóticas, como [pinhão-manso](#) (*Jatropha curcas*) e [tungue](#) (*Ver-*

nicia fordii) também estão sendo estudadas. Projetos para incrementar a cultura da palma (*Elaeis guineensis*, de origem africana; *Elaeis oleifera*, de origem americana) – que, apesar do cultivo tradicional e alto rendimento em óleo (média brasileira de 3.500 kg/ha), está restrita a áreas de elevada pluviometria encontradas em regiões amazônicas e Recôncavo Baiano – estão em andamento e envolvem desde melhoramento genético até o aproveitamento dos resíduos. Bancos de germoplasma de macaúba, pinhão-manso e dendê compõem importantes ativos da Embrapa para subsidiar os estudos com essas espécies.

Além da Embrapa Agroenergia, diversas outras Unidades da Empresa estão envolvidas nesses trabalhos, buscando fortalecer essa linha de pesquisa, desenvolvimento e inovação. Como resultado desse esforço, houve o fomento à cadeia produtiva da macaúba no Mato Grosso do Sul, Minas Gerais e no Semiárido do estado do Ceará (Macaúba em Sistemas Agroflorestais, 2017). Plantios de macaúba em escala comercial estão sendo implantados em Minas Gerais (Cipriani, 2017), e políticas públicas para sua exploração extrativista foram estabelecidas e já beneficiam agricultores familiares (Brasil, 2014). Lavouras anuais também estão em estudo. Um exemplo é a frente de trabalho para a tropicalização da canola (*Brassica napus*), permitindo seu cultivo no Brasil Central (Laviola, 2017).

Microalgas

A Embrapa também tem atuado em pesquisas com a produção de algas. Por exemplo, o Projeto Nextbio tem como alvo, além de espécies vegetais oleaginosas, também o melhoramento e sistemas de cultivo de algas para a produção de lipídeos (Laviola, 2017).

Existe um grande interesse mundial em explorar o potencial biotecnológico das [microalgas](#). Contudo, uma das principais limitações na produção desse tipo de biomassa em larga escala consiste no custo elevado dos nutrientes necessários para formulação do meio de cultivo.

O uso de efluentes da pecuária como fonte alternativa de meio para cultivo mostra-se adequado para o crescimento de microalgas, podendo ser aplicado de forma promissora para produção de [biomassa](#) em larga escala. Concomitantemente ao processo produtivo de microalgas, os nutrientes presentes e potencialmente causadores de eutrofização dos corpos hídricos são parcialmente removidos, reduzindo ou eliminando os impactos ambientais oriundos da atividade pecuária.

As microalgas produzidas durante o tratamento dos efluentes são coletadas e podem servir como matéria-prima para produção de etanol (possuem 0,5 g/g de açúcar por microalga), de ração animal (contém 56% de proteínas), e/ou de metano quando as algas são usadas como substrato para digestão anaeróbia gerando 0,6 L/g de metano por microalga.

Portanto, sistemas de tratamento de efluentes com base da produção de microalgas podem tornar-se uma opção sustentável e atrativa economicamente, apresentando-se como interessante oportunidade na carteira de negócios para o agronegócio.

Resíduos

Os resíduos das cadeias produtivas do agronegócio, incluindo a industrialização e mesmo o consumidor final, representam uma grande ameaça para o meio ambiente, para a saúde e qualidade de vida das pessoas. No entanto, com o emprego de tecnologias adequadas, podem ser aproveitados na geração distribuída de energia, dessa forma, gerando energia limpa, renovável e de qualidade em locais normalmente afastados dos grandes centros de produção.

Aproveitamento de resíduos agrícolas, florestais e agroindustriais

Resíduos são matérias-primas que ainda não têm usos viáveis, tanto do ponto de vista técnico como econômico. O desafio é transformar o subproduto de um determinado processo em matéria-prima de outro, proporcionando o aproveitamento integral dos recursos, gerando renda e trabalho, diminuindo a pressão sobre o meio ambiente e aumentando a lucratividade do empreendimento. Os profissionais da Embrapa ligados à Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) e à Transferência de Tecnologia sempre estiveram envolvidos na busca de soluções tecnológicas aplicadas à conversão dos resíduos em produtos com maior valor agregado.

A geração de energia com resíduos orgânicos pode se dá via processos térmicos ou biológicos, conhecido universalmente como bioenergia e biocombustível. Os resíduos agrícolas são relacionados com as culturas para a produção de alimentos, fibras ou biocombustíveis, como a palha de cana-de-açúcar, palha de arroz, soqueira de algodão, etc. Os resíduos de pecuária são principalmente o esterco dos animais, a cama de frangos, etc. Os resíduos florestais são os restos da silvicultura, como galhos finos, folhas, cascas, etc. Os resíduos industriais são bagaço de cana, vinhoto, casca de arroz, sebo, serragem, maravalha, licor negro (indústria de

celulose), torta da extração de óleos vegetais, casca de coco, sabugo e palha de milho, casca de amendoim, etc. Os resíduos sólidos urbanos são a fração orgânica, o lodo das estações de tratamento de esgoto, o óleo de fritura usado, as podas das árvores urbanas, etc.

Para a quantificação dos resíduos agrícolas, existem índices que relacionam a produção agrícola de cada produto com a quantidade de resíduo gerada. Por exemplo, para o arroz é 30% de casca, considerando a produção de arroz em casca (IBGE, 2015). De acordo com Balanço... (2016) têm-se as seguintes informações: para o coco é considerado um peso médio de 500 g por unidade, sendo 60% de resíduo; para os resíduos de pecuária, também existem quantidades de esterco por cabeça de animal; para o resíduo sólido urbano existem vários estudos, e o valor médio no Brasil é cerca de 1 kg/habitante/dia. No caso do bagaço de cana, que é largamente usado na cogeração (calor e energia elétrica), o País produziu 121 milhões de toneladas no ano de 2016 e consumiu toda essa quantidade para gerar energia; outro resíduo é a lixívia ou licor negro, com 16 milhões de toneladas produzidas naquele ano e consumidas para energia (Balanço..., 2016). Na Figura 1 são apresentados vários produtos agrícolas característicos do Brasil com sua respectiva produção e resíduos gerados.

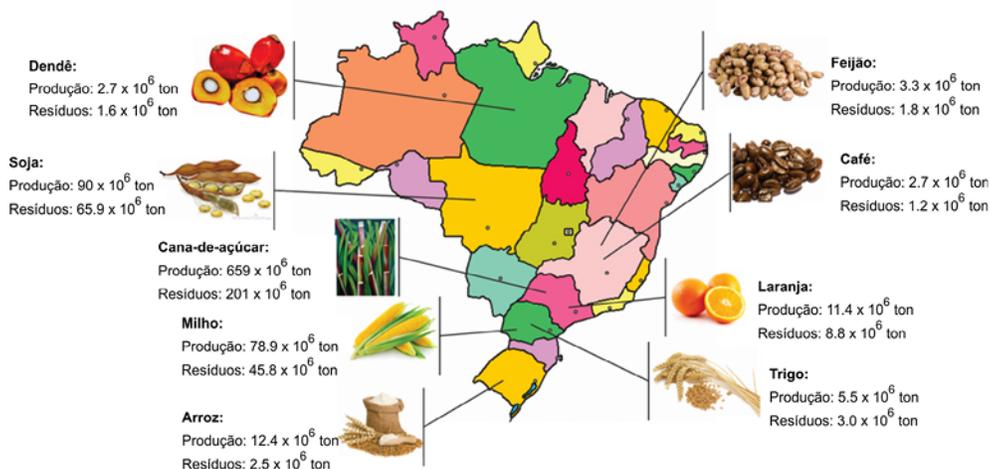


Figura 1. Estimativa de produção agrícola no Brasil e sua respectiva produção de resíduos.

Fonte: Conab (2017).

As tecnologias de cogeração são bem conhecidas e usam caldeiras com ciclo a vapor, turbinas de vapor e turbinas a gás. A compactação por enfardamento, briquetagem ou peletização pode ser usada como solução de logística. Os resíduos com altos teores de umidade, como o esterco, a vinhaça e os resíduos sólidos urbanos, podem ser usados como substrato para fermentação anaeróbia em um biodigestor para produzir biogás, com alto teor de metano, visando à conversão em energia (elétrica ou térmica), além de produzir biofertilizantes.

Resíduos da pecuária

A produção animal no Brasil sofreu diversas mudanças nas últimas três décadas, migrando de sistemas de subsistência para sistemas industriais baseados no confinamento dos animais (Kunz et al., 2009). Essa tendência colocou o País como segundo maior produtor e líder mundial como exportador de carne de frango, com 13 milhões de toneladas produzidas e destas, 4,3 milhões exportadas em 2016 (Associação Brasileira de Proteína Animal, 2017). Com relação à produção de ovos, superou-se a produção de 39 bilhões de unidades e, com relação à carne de perus, foram mais de 367 mil toneladas em 2016, em que 38% foram exportadas (Associação Brasileira de Proteína Animal, 2017). De acordo com a Central de Inteligência em Aves e Suínos, o Brasil se destaca como quarto maior produtor e exportador mundial de suínos, superando 3,7 mil toneladas de proteína produzidas anualmente (Embrapa Suínos e Aves, 2017). Além disso, a criação intensiva de gado de leite está em pleno desenvolvimento (Mao et al., 2015). Entre os anos de 1996 e 2013 houve aumento de aproximadamente 40% na produção de leite no Brasil (Cavicchioli et al., 2015). A produção brasileira deste produto em 2014 foi de 35,2 bilhões de litros (IBGE, 2015).

Assim, baseado nos grandes volumes de produção como importante fonte econômica, a produção animal intensiva tem grande representatividade quanto à geração de resíduos. Os dejetos dos animais e demais resíduos relacionados à produção destes necessitam de alternativas para tratamento e destinação para que sejam mitigados os impactos ambientais. A título de comparação, via de regra, um suíno tem um potencial poluidor equiparável a dez pessoas (considerando-se o nitrogênio). Dentre as rotas de tratamento, destaca-se a oportunidade de uso como fonte de energia em consórcio com o aproveitamento de nutrientes na fertilização do solo (Kunz et al., 2009).

A rota biológica se destaca nesse contexto, especialmente pela oportunidade de poder converter a matéria orgânica dos dejetos de bovinos e suínos em bio-

gás, mas também há oportunidade de uso energético por processos térmicos (ex., cama de aves e/ou de perus, cama sobreposta de suínos ou mesmo subprodutos de sistemas *compost barn* para bovinos). Apesar de atualmente representar apenas 0,9% da matriz elétrica renovável brasileira, estima-se que o potencial de geração de biogás a partir de dejetos de animais seja maior que a capacidade de geração da hidrelétrica de Itaipu. O desafio consiste na logística para uso desta matéria-prima, que vem sendo instigadas por meio de políticas públicas como o Plano de Agricultura de Baixo Carbono – ABC (Brasil, 2016) e o Programa Renova-Bio (Brasil, 2017), com contribuições diretas da Embrapa por meio de aporte de informações técnico-científicas.

A Embrapa tem desenvolvido pesquisas para aprimorar o uso energético desses resíduos por intermédio da estruturação laboratorial e coordenação de redes, a exemplo da Rede [BiogásFert](#). Essa, por exemplo, vem estudando e organizando informações referentes a tecnologias para produção e uso de biogás e fertilizantes a partir do tratamento de dejetos animais no âmbito do plano de [Agricultura de Baixa Emissão de Carbono](#) (ABC) e, portanto, diretamente vinculado ao ODS 7.

Considerações finais

A Embrapa tem atuado em diversas frentes, visando obter e otimizar as fontes de energia a partir da biomassa vegetal, que podem ser denominadas culturas energéticas. Novas variedades desenvolvidas e adaptadas aos diferentes biomas brasileiros têm sido estudadas com resultados bastante promissores.

Sob a ótica dos resíduos agropecuários, por sua condição tropical, nosso país apresenta uma competitividade imensa quando comparado a outras nações (ex., comunidade europeia) e tem se atentado a este potencial, adaptando e desenvolvendo alternativas às condições brasileiras.

Por conseguinte, o aumento da participação de energias renováveis na matriz energética tem como impactos diretos reduzir as emissões e, por ter natureza distribuída, levar energia para regiões mais carentes em energia.

A Embrapa tem como desafio futuro dar continuidade às pesquisas em andamento e ofertar outros tipos de cultivos com os quais os agricultores possam gerar mais renda no campo, possibilitando o uso dessa biomassa como fonte de energia.

Referências

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL. **Relatório anual 2017**. São Paulo, 2017. Disponível em: <http://abpa-br.com.br/storage/files/3678c_final_abpa_relatorio_anual_2016_portugues_web_reduzido.pdf>. Acesso em: 20 dez. 2017.
- BALANÇO energético nacional – 2016. Brasília, DF: Empresa de Pesquisa Energética, 2016. Disponível em: <<https://ben.epe.gov.br/default.aspx?anoColeta=2016>>. Acesso em: 7 fev. 2018.
- BRASIL. Lei nº 11.097, de 13 de janeiro de 2005. Dispõe sobre a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira; altera as Leis nos 9.478, de 6 de agosto de 1997, 9.847, de 26 de outubro de 1999 e 10.636, de 30 de dezembro de 2002; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, 14 jan. 2005. Seção 1, p. 8.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria nº 747, de 25 de julho de 2014. **Diário Oficial da União**, 28 jul. 2014. Seção 1, p. 25. Disponível em: <<https://goo.gl/CwMBp5>>. Acesso em: 23 mar. 2017.
- BRASIL. Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Plano ABC**: agricultura de baixa emissão de carbono. 2016. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sustentabilidade/plano-abc/plano-abc-agricultura-de-baixa-emissao-de-carbono>>. Acesso em: 20 dez. 2017.
- BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **RenovaBio**. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/web/guest/secretarias/petroleo-gas-natural-e-combustiveis-renovaveis/programas/renovabio/principal>>. Acesso em: 23 nov. 2017.
- CARDOSO, A. N.; LAVIOLA, B. G.; SANTOS, G. S.; SOUSA, H. U. de; OLIVEIRA, H. B. de; VERAS, L. C.; CIANNELLA, R.; FAVARO, S. P. Opportunities and challenges for sustainable production of Acrocomia aculeata through agroforestry systems. **Industrial Crops and Products**, v. 107, p. 573-580, 2017. DOI: 10.1016/j.indcrop.2017.04.023.
- CAVICCHIOLI, A. Q.; SCATAMBURLO, T. M.; YAMAZI, F. A.; PIERI, F. A.; NERO, L. A. Occurrence of Salmonella, Listeria monocytogenes, and enterotoxigenic Staphylococcus in goat milk from small and medium-sized farms located in Minas Gerais State. **Brazilian Journal of Dairy Science**, v. 98, n. 12, p. 8386-8390, 2015. DOI: 10.3168/jds.2015-9733.
- CIPRIANI, J. **Produtores investem na versatilidade da macaúba em Minas Gerais**: palmeira rústica desperta interesse dos mineiros, que saem na frente com projetos de ampliação de cultivo para os mercados de alimentos. 2017. Disponível em: <<https://goo.gl/ZkVLQw>>. Acesso em: nov. 2017.
- CONAB. **Levantamentos de safra**. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1253&t=2&Pagina_objcmsconteudos=8#A_objcmsconteudos>. Acesso em: 20 dez. 2017.
- EMBRAPA SUÍNOS E AVES. **Central de inteligência em aves e suínos**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/suinos-e-aves/cias>>. Acesso em: 20 dez. 2017.
- IBGE. **Indicadores IBGE**: estatística da produção pecuária. 2015. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/2380/epp_2015_dez.pdf>. Acesso em: 20 dez. 2017.
- INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **Relatório IBÁ 2015**. Disponível em: <http://iba.org/images/shared/iba_2015.pdf>. Acesso em: 21 nov. 2017.

KUNZ, A.; MIELE, M.; STEINMETZ, R. L. R. Advanced swine manure treatment and utilization in Brazil. **Bioresource Technology**, v. 100, n. 22, p. 5485-5489, Nov. 2009. DOI: 10.1016/j.biortech.2008.10.039.

LAVIOLA, B. G. **Nextbio/FINEP**: núcleo de excelência em melhoramento genético e biotecnologia de matérias primas oleaginosas para produção de bioenergia. 2017. Disponível em: <<https://go.gl/3kr32g>>. Acesso em: 7 nov. 2017.

MAO, C.; FENG, Y.; WANG, X.; REN, G. Review on research achievements of biogas from anaerobic digestion. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 45, p. 540-555, May 2015. DOI: 10.1016/j.rser.2015.02.032.

OTHMAN, M. F.; ADAM, A.; NAJAFI, G.; MAMAT, R. Green fuel as alternative fuel for diesel engine: a review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 80, p. 694-709, Dec. 2017. DOI: 10.1016/j.rser.2017.05.140.

WALTZ, E. CRISPR-edited crops free to enter market, skip regulation. **Nature Biotechnology**, v. 34, n. 6, p. 582, June 2016. DOI: 10.1038/nbt0616-582.