

APROVEITAMENTO ENERGÉTICO DOS RESÍDUOS ORIUNDOS DA CANA-DE-AÇÚCAR PARA OBTENÇÃO DE ETANOL DE SEGUNDA GERAÇÃO COM APLICAÇÃO DE BIOSSÓLIDO

Cleiton de Souza Silva¹, Raphael Abrahão²

¹Universidade Federal da Paraíba – cleiton.souza@cear.ufpb.br

²Universidade Federal da Paraíba - raphael@cear.ufpb.br

Resumo

A cultura da cana-de-açúcar tem um grande potencial energético e mediante a iminente escassez de petróleo, muitos estudiosos apontam que a biomassa da cana-de-açúcar poderá ser uma grande fonte de energia capaz de gerar combustíveis renováveis e sustentáveis. O uso do bio sólido gerado nas estações de efluentes (ETE) das indústrias para a fertilização é uma alternativa interessante por possuir em suas características alta disponibilidade de nitrogênio e de outros nutrientes. O etanol obtido do caldo da cana-de-açúcar é, até o momento, o único combustível com capacidade de atender à crescente demanda por energia renovável de baixo custo com baixo poder poluente. É importante destacar que a maior parte das emissões do etanol pode ser reabsorvida pela própria cana-de-açúcar no próximo ciclo agrícola, reafirmando o conceito renovável do biocombustível. O etanol de segunda geração, o qual é produzido a partir da palha e bagaço da cana-de-açúcar, possui as mesmas vantagens do etanol de primeira, acrescido do fato de que com ele é possível aproveitar de maneira efetiva toda matéria da cana-de-açúcar. As análises do presente estudo foram realizadas pelo laboratório sucroalcooleiro do Centro de Tecnologia e Desenvolvimento Regional da UFPB. O material da pesquisa foi plantado na zona rural do município de Pedras de Fogo – PB, sendo a variedade escolhida a RB 92579, a qual se adapta melhor ao clima da região. Os resultados indicam que a cana-de-açúcar na qual foi utilizado o bio sólido como fertilizante obteve melhores resultados quando comparada ao fertilizante comercial.

Palavras-chave: Etanol de segunda geração; Bio sólido; Cana-de-açúcar.

Introdução

A sociedade contemporânea vem buscando maneiras de mitigar os problemas causados por décadas de descaso com o meio ambiente. Segundo Goldemberg e Lucon (2012), o desenvolvimento de tecnologias “limpas” vem ganhando espaço e reforçando o princípio das responsabilidades comuns com o planeta. O uso do bio sólido gerado nas estações de tratamento de efluentes (ETE) das indústrias é uma alternativa eficiente e capaz de revolucionar o agronegócio. Por possuir em suas características alta disponibilização de nitrogênio e de outros nutrientes, o bio sólido pode ser uma boa alternativa para a fertilização de solos na produção de alguns cultivos.

(83) 3322.3222

contato@conidis.com.br

www.conidis.com.br

De acordo com Chiba (2005), a utilização de biofóssido em área agrícolas parece ser uma alternativa bastante promissora, pois, resulta em duplo benefício: o ecológico referente à devolução ao solo do carbono orgânico e dos nutrientes utilizados para a produção de biomassa vegetal que são exportados para os centros urbanos e o beneficiamento social pela possibilidade de aumento da produtividade das culturas e menor impacto sobre o meio ambiente, esta última, em comparação às outras possibilidades de descarte do resíduo. No contexto atual, o biofóssido se torna uma grande alternativa de fertilização para inúmeras culturas agrícolas. Contudo, a disposição do biofóssido em áreas agrícolas deve estar regulamentada a regras que definam cuidados para desinfecção e estabilização que assegurem a qualidade do resíduo a ser utilizado (ANDREOLI, 1999).

A resolução CONAMA Nº 375/2006, define os critérios e procedimentos para a utilização do biofóssido no meio agrícola/florestal. A mesma resolução determina que o biofóssido seja submetido a processos de redução de patógenos e da atratividade de vetores, para que possa ser utilizado na agricultura (BRASIL, 2006).

O Brasil é destaque mundial no uso de energias renováveis, que representam mais de 44% da matriz energética do país. O setor sucroenergético possui papel chave nesta participação, uma vez que somente os produtos da cana-de-açúcar são responsáveis por 15,7% de toda a oferta de energia do país (ÚNICA, 2016).

A cultura da cana-de-açúcar tem um grande potencial energético e mediante a iminente escassez de petróleo, muitos estudiosos apontam que a biomassa da cana é uma grande fonte de energia capaz de gerar combustíveis renováveis e sustentáveis. Assim, a busca do etanol extraído de celulose está mobilizando um número crescente de pesquisadores ao redor do mundo, estimulados por políticas de pesquisa voltadas para ampliar a produção no setor bioenergético (MARQUES, 2009).

Segundo Santos (2016), uma possibilidade que se apresenta viável é o aproveitamento de resíduos vegetais provenientes dos processos agroindustriais, tais como bagaço e palha, obtendo-se o etanol de segunda geração. Dois terços da cana são constituídos de material lignocelulósico, indicando seu imenso potencial para uso energético. A estimativa é de que o aproveitamento do bagaço e da palha da cana-de-açúcar eleve a produção de álcool em 30 a 40 %, para uma mesma área plantada.

Um dos principais objetivos do uso dos biocombustíveis é a substituição de combustíveis fósseis, permitindo a diminuição da dependência por recursos não renováveis e a redução das

emissões de gases de efeito estufa na atmosfera. A queima de combustíveis fósseis representa aproximadamente 82% das emissões dos gases causadores do efeito estufa (SANTOS *et al.*, 2012).

O volume de produção do etanol tende a crescer não só no mercado interno, mas está em expansão no mundo, pois os mercados externos têm muito interesse neste biocombustível, e com isso o Brasil vem conquistando lugar de destaque. Um ponto importante a considerar é que toda a gasolina comercializada nos postos do Brasil tem 25% de etanol anidro em sua composição, este fator é importante para uma contribuição significativa na redução das emissões de dióxido de carbono na atmosfera. Atualmente, pesquisas comprovam que o biocombustível emite até 90% menos gases de efeito estufa, quando comparados à gasolina (BRASSOLATTI *et al.*, 2016).

Além disso, a maior parte das emissões emitidas com o etanol podem ser reabsorvidas pela própria cana-de-açúcar no próximo ciclo agrícola (SANTOS *et al.*, 2012).

Ao produzir açúcar e álcool são gerados, para cada tonelada de cana-de-açúcar, 280 kg de palha e 280 kg de bagaço (CRUZ, 2008). O bagaço de cana-de-açúcar obtido na saída da última extração de caldo do terno das moendas é aproveitado historicamente pelas usinas e outras unidades industriais como insumo energético para a produção de vapor e eletricidade, mediante a queima em caldeiras. A palha da cana-de-açúcar, queimada no campo, é outro resíduo agroindustrial que já é utilizada atualmente em vários lugares. Atualmente, para cada três toneladas de cana-de-açúcar é gerada uma tonelada de bagaço, quantidade mais que suficiente para que o bagaço possa ser utilizado como matéria prima na obtenção de outros produtos. Desse modo, além do bagaço da cana-de-açúcar, outros materiais lignocelulósicos podem ser utilizados como fonte de celulose para produção de etanol (etanol de segunda geração).

As tecnologias para obtenção de etanol celulósico envolvem o pré-tratamento, que visa alterar ou remover a lignina e a hemicelulose, aumentando a área superficial e diminuindo o grau de polimerização e cristalinidade da celulose. Outra etapa é a de hidrólise, para obtenção dos açúcares a partir da celulose e hemicelulose. Em seguida há a etapa de conversão desses açúcares em etanol via fermentação e destilação (SANTOS *et al.*, 2012). No Brasil, as matérias primas mais apropriadas para obtenção de etanol celulósico são o bagaço e a palha da cana-de-açúcar, já que não requerem preparo e estão disponíveis em grande volume (CRUZ, 2008).

Neste trabalho, o objetivo foi avaliar o ganho energético através de análise em laboratório dos resíduos oriundos da cana-de-açúcar (da palha e bagaço) na obtenção de etanol de segunda geração com o uso do biossólido como fertilizante em diferentes dosagens, comparando com o uso de fertilizantes comerciais.

Metodologia

O presente trabalho foi desenvolvido na fazenda experimental da PB Ambiental e as análises foram realizadas no laboratório sucroalcooleiro no CTDR – Centro de Tecnologia e Desenvolvimento Regional da Universidade Federal da Paraíba (UFPB). A fazenda experimental da PB Ambiental se encontra na zona rural do município de Pedras de Fogo (Paraíba), a 56 km da cidade de João Pessoa.

A variedade de cana-de-açúcar RB 92579, a qual foi utilizada na pesquisa, é a mais recomendada pelos produtores da região, pois, segundo eles, é a que melhor se adapta ao clima da região. O terreno utilizado no experimento foi dividido em 18 lotes de 2m x 2m cada, com delineamento de blocos casualizados com 6 tratamentos. Os lotes foram classificados em lotes testemunha, bio sólido (1x, 2x, 4x e 8x) e fertilizante comercial. Os lotes testemunha não receberam qualquer tipo de fertilização. Todos os lotes foram irrigados da mesma maneira, por gotejamento, de acordo com as necessidades hídricas do cultivo.

O bio sólido foi obtido em uma indústria têxtil do município de João Pessoa. O resíduo antes seria destinado aos aterros sanitários mas, de acordo com a Lei que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei 12.305/10), esse material atualmente deve ter uma outra destinação.

Para chegar aos valores da dosagem de bio sólido foi realizada uma análise do bio sólido em laboratório. Segundo a Resolução Conama 375/06, a taxa de aplicação é calculada a partir da quantidade de nitrogênio existente no bio sólido e pelo requerimento desse mesmo elemento para o desenvolvimento da cultura a ser cultivada. Assim, a taxa de aplicação do bio sólido foi calculado pelas seguintes equações:

$$\text{Taxa de aplicação (t/ha)} = \text{N recomendado (kg/ha)} / \text{N disponível (kg/t)}$$

Onde:

N recomendado = Quantidade de nitrogênio recomendada para a cultura, segundo a recomendação oficial do Estado;

N disponível = Calculado segundo anexo 3 da Resolução Conama 375/06 (BRASIL, 2006).

Sendo assim, para análise de estudo, foi calculado o bio sólido de 2x, 4x e 8x, dosagem essas superiores em 2, 4 e 8 vezes a calculada de acordo com a Resolução Conama 375/06. Dessa forma, podemos observar, os valores da quantidade de bio sólido aplicado no experimento, por tipologia.

As dosagens do biofóssido para a cultura da cana-de-açúcar utilizada no experimento, de acordo com a Resolução Conama 375/06 são as seguintes:

- Biofóssido 1x, tendo 2,4 kg/lote
- Biofóssido 2x tendo 4,8 kg/lote
- Biofóssido 4x tendo 9,6 kg/lote
- Biofóssido 8x tendo 19,2 kg/lote

A cana-de-açúcar foi cortada e coletada manualmente e armazenada em sacos plásticos, após 11 meses do plantio, período em que a cana-de-açúcar já se encontrava madura suficiente para a colheita. Cada amostra dos 18 lotes foi separada para ser analisada em laboratório. A produção de etanol pode ser observada por meio da figura 1, na qual é possível analisar as diferentes fases do processo.

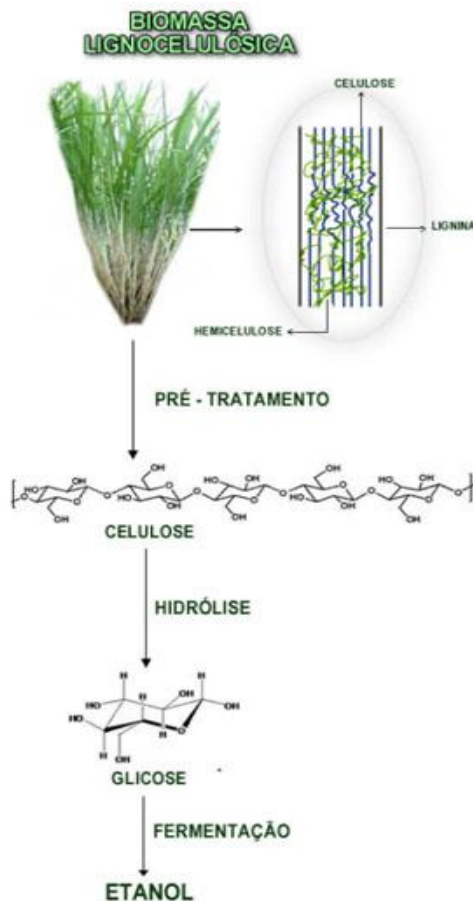


Figura 1: Representação esquemática da produção de etanol celulósico.

Fonte: Adaptado de Santos *et al.* (2012).

A metodologia utilizada para obtenção do etanol de segunda geração foi a de Galbe e Zacchi (2010). O processo para obtenção de etanol de segunda geração se deu por meio de etapas, as quais foram adaptadas da metodologia mediante as condições e necessidades da pesquisa, as quais estão descritas abaixo:

Etapa 1 – Abertura da amostra: trituração da palha e bagaço, separadamente;

Etapa 2 – Hidrólise ácida da biomassa: foi adicionado em um becker 10 g de biomassa (palha e bagaço, separadamente), 400 ml de água destilada e 40 ml de ácido clorídrico. Em seguida, colocou-se o material em um agitador mecânico de 360 RPM por duas horas;

Etapa 3 – Após agitado, o material foi filtrado em um filtro de vácuo, onde o pH foi corrigido, ficando entre 4,5 e 5,0, e foi adicionado 5 g de leveduras para fermentação durante 36 horas;

Etapa 4 – Após a fermentação, utilizou-se o destilador para medir a concentração alcoólica.

Resultados e discussão

A tabela 1 contém os resultados obtidos com a palha da cana-de-açúcar para obtenção do etanol de segunda geração, usando diferentes fertilizantes no experimento. Os resultados mudam de acordo com o tipo de fertilizante usado e quantidades, no caso do bio sólido. Notadamente os resultados obtidos com o uso do bio sólido de 8x foram melhores que os demais e, principalmente, do que o fertilizante comercial. Esse fato se deu por haver maior quantidade de nutrientes, principalmente nitrogênio, no bio sólido de 8x, fazendo com que a cana-de-açúcar possa se desenvolver sem prejuízos.

Tabela 1: Resultados da obtenção de etanol de segunda geração da palha da cana-de-açúcar em °GL.

	Lote 1	Lote 2	Lote 3	Média
Lote testemunha	4,3	4,7	5,3	4,8
Fertilizante Comercial	4,9	5,6	5,7	5,4
Bio sólido 1x	9,7	10,1	10,8	10,2
Bio sólido 2x	12,3	11,7	12,1	12,0
Bio sólido 4x	15,8	16,7	17,1	16,5
Bio sólido 8x	18,9	19,6	19,2	19,2

A palha da cana-de-açúcar é um subproduto que possui potencial energético a ser desenvolvido, no entanto, grande parte desse resíduo não é aproveitado, sendo normalmente destinado à queima na colheita manual ou deixado no campo na colheita mecanizada, servindo de cobertura vegetal para o solo. Podemos comparar os resultados do biofósforo com o fertilizante comercial e constatar que o biofósforo é capaz de agregar valores significativos a essa biomassa (tabela 1).

Notadamente, o biofósforo obteve resultados superiores, mesmo quando usado biofósforo de 1x. Expondo em porcentagem, o biofósforo de 1x foi superior 4,8 °GL em comparação com o fertilizante comercial. Analisando as dosagens e os resultados das palhas dos tratamentos com biofósforo de 2x, 4x e 8x, constatou-se que os valores apresentaram resultados ainda maiores que o fertilizante comercial. No processo para produção de etanol é necessário que se passe o líquido fermentado mais de uma vez no destilador para extrair água da composição, concentrando e aumentando a quantidade de etanol. No entanto, no experimento, o líquido fermentado foi passado apenas uma vez no destilador. Sendo assim, os valores obtidos neste experimento ainda são considerados baixos se comparados com outros experimentos que tiveram esse procedimento mais de uma vez. Contudo, é possível perceber o grande potencial do biofósforo no melhoramento do cultivo da cana-de-açúcar.

Na tabela 2, observam-se os resultados da concentração de etanol obtida com o bagaço da cana-de-açúcar a partir do tipo de fertilizante usado. Mais uma vez os resultados com valores mais elevados foram aqueles em que a cana-de-açúcar recebeu aplicação do biofósforo 8x.

Tabela 2: Resultados da obtenção de etanol de segunda geração do bagaço da cana-de-açúcar em °GL.

	Lote 1	Lote 2	Lote 3	Média
Lote testemunha	8,4	9,6	9,2	9,1
Fertilizante comercial	9,6	10,2	10,8	10,2
Biofósforo 1x	13,4	14,2	14,4	14,0
Biofósforo 2x	17,8	16,6	19,6	18,0
Biofósforo 4x	22,6	23,5	27,7	24,6
Biofósforo 8x	33,9	31,8	36,5	34,1

De acordo com os dados da tabela 2, é possível perceber que o biofóssido 1x obteve resultado superior ao fertilizante comercial, chegando a ter 3,8 °GL a mais. Consequentemente, as dosagens de 2x, 4x e 8x tiveram um aumento importante no teor de etanol. Percebe-se que, com essas dosagens superiores de biofóssido, a planta teve um ganho maior quando comparada ao fertilizante comercial e ao lote testemunha.

Assim, foi possível perceber que o uso do biofóssido agregou celulose à planta. O bagaço da cana-de-açúcar é uma fonte de celulose, matéria-prima para o etanol de segunda geração, que não depende da produção de alimentos para a industrialização e nem da expansão da área plantada com cana-de-açúcar, e sim do reaproveitamento dos resíduos da produção já existente de etanol e açúcar. Este resíduo de grande potencial energético também pode ser utilizado para a alimentação de rebanhos bovinos.

Para suprir a crescente demanda por energia renovável sem comprometer a segurança no fornecimento de alimentos, está em curso uma corrida internacional entre empresas de energia, laboratórios de pesquisa e universidades para a obtenção de etanol de segunda geração (ARAÚJO *et al.*, 2013). Os resultados encontrados neste trabalho demonstram que o uso de biofóssido pode agregar valor energético ao cultivo da cana-de-açúcar, viabilizando um etanol de segunda geração de melhor qualidade.

Em regiões semiáridas a água é um recurso de fundamental relevância para a produção de várias culturas. Segundo Silva *et al.* (2011), a cana-de-açúcar tem apresentado desempenho relevante no semiárido em relação a outras áreas de cultivo no país, em decorrência da utilização de tecnologias de irrigação no sistema de produção. Na região do semiárido baiano existem em torno de 18 mil hectares de cana-de-açúcar irrigada com produtividade média igual a (91,2 t/ha) superior à do rendimento médio estadual (58,7 t/ha) e nacional (76,6 t/ha) (IBGE, 2009).

Sendo assim, a região do semiárido paraibano poderia contribuir com a capacidade elétrica do estado. Segundo dados da Seplag (2014), a energia produzida na Paraíba corresponde a: 10,8% vinda da biomassa, 8,6% da energia eólica, 0,7% vinda de hidrelétrica e 79,9 % de termo fóssil. Desta forma, o uso do biofóssido, além de garantir nutrientes em espécies cultivadas no semiárido, como o algodão herbáceo, o girassol, o pinhão manso e o caju, com o uso da irrigação pode fortalecer a economia e a produção de biocombustível, diminuindo a dependência de termo fóssil, além de contribuir com a destinação final adequada aos resíduos oriundos de estações de tratamento de efluentes, que não podem ser depositados em aterros sanitários (PEDROZA *et al.*, 2003; TRAJANO *et al.*, 2010; LIMA *et al.*, 2015; SOARES *et al.*, 2015). O biofóssido poderá contribuir

na produção de cana-de-açúcar irrigada no semiárido, favorecendo a produção de combustível renovável através do etanol de primeira geração e do etanol de segunda geração proveniente da palha e do bagaço da mesma.

Galbe e Zacchi (2010) consideram a produção de etanol de segunda geração um caminho sustentável e rentável, visto que os materiais lignocelulosicos (palha e bagaço da cana-de-açúcar) são abundantes no mundo e ainda geram baixas emissões de gases de efeito estufa, reduzindo dessa forma os impactos ambientais gerados.

Conclusão

Diante dos resultados obtidos, conclui-se que a palha e o bagaço da cana-de-açúcar, produzidos com biossólido como fertilizante, têm potencial energético para produção de etanol de segunda geração. Esses resíduos que outrora não eram vistos como possíveis matérias-primas podem ser transformados em biocombustível que atende às necessidade de mercado e coopera com a sustentabilidade do meio ambiente.

Verificou-se que a cana-de-açúcar que recebeu aplicação de biossólido de 1x, 2x, 4x e, sobretudo 8x, obteve um ganho de celulose, capaz de gerar um etanol de segunda geração com maior potencial energético.

O resíduo da palha e do bagaço da cana-de-açúcar pode ser totalmente aproveitado para a produção do etanol de segunda geração, contribuindo para a diminuição de resíduos no meio ambiente e também para a produção de um combustível mais limpo. Considerando-se a abundância e disponibilidade do bagaço e da palha da cana-de-açúcar, é possível inferir que, uma vez consolidada a tecnologia de hidrólise, o Brasil consiga aumentar ainda mais a produtividade do etanol produzido no país. Assim, o etanol de segunda geração poderá contribuir com o aumento da disponibilidade energética na região do semiárido brasileiro, diminuindo o uso de combustível termo fóssil, sendo substituído por processos de menores impactos ambientais negativos.

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (Projetos 305419/2015-3 e 401687/2016-3) e da PB Ambiental Gestão de Resíduos.

Referências bibliográficas

ANDREOLI, C. V. Uso e manejo do lodo de esgoto na agricultura e sua influência em características ambientais no agrossistema. 1999. Tese (Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1999.

ARAÚJO, G.J.F; NAVARRO, L.F.S; SANTOS,B.S. O etanol de segunda geração e sua importância estratégica ante o cenário energético internacional contemporâneo. IX Fórum Ambiental da Alta Paulista, v.9, n.5, 2013, p. 01-11.

BRASIL. Resolução CONAMA n 375, de 29 de agosto de 2006. Resoluções vigentes publicadas entre julho de 1984 e novembro de 2008 – 2. Ed./ Conselho Nacional do Meio Ambiente. – Brasília: Conama, 2008. Define critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dá outras providências.

BRASSOLATTI, F.Z; HESPANHOL, P.A; COSTA, M.A.B; BRASSOLATTI,M. Etanol de Primeira e Segunda Geração. Revista Interdisciplinar de Tecnologias e Educação , 2016.

CHIBA, M.K. Uso de lodo de esgoto em cana-de-açúcar como fonte de nitrogênio e fósforo: parâmetros de fertilidade do solo, nutrição da planta e rendimentos da cultura. Tese - Escola Superior de Agricultura Luiz Queros. Piracicaba, 2005.

CRUZ, S.H. Bagaço e palha da cana de açúcar são fontes de celulose para gerar álcool. Visão Agrícola, nº 8, 2008. Disponível em: WWW.esalq.usp.br/visaoagricola/sites/default/files/va08-materias-primas03.pdf Acesso em 17 de dezembro de 2016.

GALBE, M; ZACCHI, G. Produção de etanol a partir de materiais lignocelulósico. In: Bioetanol de cana-de-açúcar: P&D para produtividade e sustentabilidade. Ed. Blucher, São Paulo, 2010.

GOLDEMBERG, J; LUCON, O. Energia, Meio Ambiente e Desenvolvimento. Ed 3. ren. e amp., 2.reimpr. – São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2012. 400p.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção agrícola 2007: Culturas perenes. <http://www.ibge.gov.br>. 18 Abr. 2009.

LIMA, E.E; SILVA, F.L.H; OLIVEIRA,L.S.C; NETO, J.M.S.PRODUÇÃO DE ETANOL DE SEGUNDA GERAÇÃO PROVENIENTE DO BAGAÇO DE PENDÚCULOS DO CAJU. Revista Caatinga, Mossoró, v. 28, n. 2, p. 26 – 35, abr. – jun., 2015.

MARQUES, Fabrício. O alvo é o Bagaço. Revista Pesquisa FAPESP nº 163, set de 2009. Disponível em: <http://revistapesquisa.fapesp.br/2009/09/01/o-alvo-e-o-bagaco/>. Acesso em: 20 de dezembro de 2016.

PEDROZA, J.P. HAANDEL, A.C.V; BELTRÃO, N.E.M; DIONÍSIO, J.A. Produção e componentes do algodoeiro herbáceo em função da aplicação de biossólido. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.7, n.3, p.483-488, Campina Grande, PB, DEAg/UFCG, 2003.

SANTOS, F.A; QUEIRÓZ, J.H; COLODETTE, J.L; FERNANDES, S.A; GUIMARÃES, V.M; REZENDE, S.T. Potencial da palha de cana-de-açúcar para produção de etanol. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG, 2012. Revista Química Nova, vol.35, n 5. 2012.

SANTOS, F; COLODETTE, J; QUEIROZ, J.H. Produção de Etanol Celulósico a partir da cana de açúcar. In: Bioenergia e Biorrefinaria: Cana- de -açúcar e espécies florestais. Viçosa, MG: Os Editores, 2012.

SANTOS, G.R.O, Quarenta anos de etanol em larga escala no Brasil: desafios, crises e perspectivas. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Brasília, 2016.

SEPLAG . Eixos integrados de desenvolvimento da Paraíba: uma visão estratégica para o Estado/Gustavo Maurício Filgueiras Nogueira...[et.al]. João Pessoa: Seplag, 2014.

SILVA, T.G.F; MOURA, M.S.B; ZOLNIERE, S; SOARES, J.M; VINICIUS, L.V; JÚNIOR, W.F.G. Demanda hídrica e eficiência do uso de água da cana-de-açúcar irrigada no semiárido brasileiro. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. V.15, n.12, p 1257 -1265, 2011.

SOARES, L.A; LIMA, G.S; CHAVES, L.H.G; XAVIER, D.A; FERNANDES, P.D; GHEYI, R.H. Fitomassa e produção do girassol cultivado sob diferentes níveis de reposição hídrica e adubação potássica. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental Campina Grande, PB, UAEA/UFCG –v.19, n.4, p.336–342, 2015.

TRAJANO, E.V.A; SANTOS, R.V; BAKKE, O.A; VITAL, A.F.M; SANTOS, Y.M; QUARESMA, J.M; SALVINO, V.M. CRESCIMENTO DO PINHÃO MANSO EM SUBSTRATOS COM REJEITOS DE MINERAÇÃO DO SEMI-ÁRIDO-PB. IV Congresso Brasileiro de Mamona e I Simpósio Internacional de Oleaginosas Energéticas, João Pessoa, PB – 2010.

ÚNICA, A sustentabilidade do setor sucroenergético brasileiro, Disponível em: <http://www.unica.com.br/sustentabilidade/>, Acesso em 27 de novembro de 2016.