

VINHAÇA: CONCEITO, DESAFIOS E OPORTUNIDADES: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Geraldo J. F. de Araujo¹, Sonia Valle Walter Borges de Oliveira²

¹Bacharel e mestre em administração pela Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo –USP; geraldoferraresi@gmail.com

² Profa. Dra. do Dpto. de Administração da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo; soniavw@terra.com.br

RESUMO

Vinhaça é um dos resíduos da produção de etanol, sendo considerada altamente poluidora, decorrente da sua riqueza em matéria orgânica, baixo pH, elevada corrosividade e altos índices de DBO e DQO. Estima-se que para cada litro de etanol produzido, produz-se entre 10 até 15 litros de vinhaça. Porém, este mesmo resíduo pode ser utilizado para produção de energia via biodigestão anaeróbia, fertirrigação, anaerose, construção civil, biodiesel, ração animal e levedura. Logo, a reutilização da vinhaça pode vir a contribuir para geração de renda como também resolver o grave problema ambiental no que se refere ao seu descarte. Ante o exposto, justifica-se um estudo sobre vinhaça, seu impacto no meio ambiente, legislação referente ao seu descarte e suas potenciais utilizações. Para tanto o método utilizado foi a revisão bibliográfica, com base nos principais pesquisadores do tema, nas bases *scientific electronic library online*, *web of science* e teses e dissertações do sistema integrado de bibliotecas da Unesp, Unicamp e USP. Também foram levantadas as principais leis nacionais referentes ao seu descarte. Embora haja substantivo arcabouço legal, o mesmo não oferece incentivos para reutilização da vinhaça para produção de potenciais subprodutos, sendo, portanto, necessária sinergia entre setor público e privado para resolução do problema de descarte desse resíduo.

Palavras-chave: Vinhaça. Capacidade poluidora. Legislação. Potenciais subprodutos.

ABSTRACT

Vinasse is a waste of ethanol production, where is considered highly polluting, due to its richness in organic matter, low pH, high corrosivity and high levels of BOD and COD. It is estimated that for each liter of ethanol produced, it is produced between 10 to 15 liters of vinasse. However, this same waste can be used for anaerobic digestion production, fertigation, anaerose, construction, biodiesel, animal food and yeast. Therefore, the use of vinasse may contribute to generate income as also solve the serious environmental problem concerning disposal of vinasse. Thus, justified a study on stillage, its impact on the environment, regulations regarding its disposal and its potential uses. Therefore the method used was a literature review, based on the main researchers of vinasse, scientific electronic library online, web of science and thesis and dissertations of the library system integrated of the Unesp, Unicamp and USP. Also, it was researched the main national laws in database of the as well as the main national laws concerning the disposal of vinasse. Although there are substantive regulations, it does not offer incentives for use of vinasse for production potential sub products. Thus, it is necessary between public and private sector to solve the disposal problem of this waste.

Keywords: *Vinasse. Polluting capacity. Legislation. Potential sub products.*

1 INTRODUÇÃO

De acordo com o a Agencia Internacional de Energia (2020) estima-se que a biomassa represente cerca de 9,3 % de todo o consumo mundial de energia primária mundial. No Brasil,

de acordo com a Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2014), em 2014 a biomassa da cana representou 15,7% da oferta de energia. A maior parte da energia proveniente de biomassa é utilizada na produção do etanol. De acordo com a UNICA (2021) a safra 2019/2020 houve um incremento de 2,41 bilhões de litros na produção de etanol, com o total atingindo 35,59 bilhões de litros contra 33,11 bilhões de litros na safra 2018/2019.

Segundo Fernandes et al. (2010) a substituição da gasolina pelo etanol mais a substituição do óleo diesel pelo bagaço na indústria da cana evitaram a emissão de 33,2 milhões de toneladas de CO₂. Enquanto um veículo, movido exclusivamente com gasolina, chega a emitir cerca de 2,2 kg CO₂/litro, um veículo equivalente movido exclusivamente com etanol emite cerca de 1,3 kg CO₂/litro, ou seja, 59% da emissão do veículo a gasolina.

Porém, com o aumento da produção de etanol, proporcionalmente aumenta-se a produção de resíduos como a palha, torta de filtro, bagaço, água residuária e a vinhaça.

Especificamente no que se refere à vinhaça, a mesma é caracterizada como efluente de destilarias com alto poder poluente, cerca de cem vezes maior que o do esgoto doméstico, decorrente da sua riqueza em matéria orgânica, baixo pH, elevada corrosividade e altos índices de demanda química de oxigênio (DQO) e demanda bioquímica de oxigênio (DBO), elevada temperatura na saída dos destiladores e alta nocividade à fauna e à flora (FREIRE; CORTEZ, 2000).

A produção de vinhaça varia em função dos diferentes processos empregados na produção de etanol. Para Freire e Cortez (2000), para cada litro de etanol são produzidos entre 10 a 15 litros de vinhaça. De acordo com Szymanski, Balbinot e Nagel (2010, p. 902), “para cada 1.000 t de cana processada, são gerados em média 360 m³ de vinhaça”. Considerando a produção de etanol no Brasil, na safra 2013/2014, em cerca de 25,04 bilhões de litros, a produção de vinhaça foi de, no mínimo, 250 bilhões de litros.

A bibliografia sobre a vinhaça tem sido contemplada, sobretudo, pelos seguintes pesquisadores: Sheehan e Greenfield (1980), Willington e Marten (1982), Wilkie, Riedesel e Owens (2000), Salomon (2007), Oliveira (2011) e Moraes, Zaiat e Bonomi (2015). A linha de pensamentos desses autores é convergente na importância da utilização do resíduo, ante sua carga de matéria orgânica, como também capacidade poluidora.

Portanto, considerando o elevado volume de produção de vinhaça e seu grave impacto ambiental, justifica-se uma revisão da literatura sobre a vinhaça, objetivo deste estudo.

2 METODOLOGIA

A presente pesquisa pode ser considerada exploratória, pois se caracteriza por ter foco na compreensão dos fatos (LAZZARINI, 1997). A pesquisa exploratória tem como objetivo proporcionar maior compreensão do problema, no intuito de torná-lo mais explícito ou a construir hipóteses e/ ou proposições. A grande maioria das pesquisas exploratórias envolve levantamento bibliográfico e análise de exemplos que estimulem a compreensão (GIL, 2007).

A coleta de dados deu-se por meio de levantamento bibliográfico, na busca de informações disponíveis em publicações nacionais e internacionais. A pesquisa bibliográfica é realizada a partir do levantamento de referências teóricas já analisadas e publicadas por meios escritos e eletrônicos tais como livros, artigos científicos, teses, dissertações e *web sites*. Isso permite ao pesquisador conhecer o que já foi estudado sobre o assunto (FONSECA, 2002).

Para a edificação do referencial teórico, foi realizado levantamento bibliográfico de artigos nas bases dados da *Scientific Electronic Library Online*; *Web of Science*; teses e dissertações do Sistema integrado de Bibliotecas da UNESP, UNICAMP e USP, por meio das palavras chave: vinhaça, aplicações e legislação sobre o assunto.

3 VINHAÇA: CONCEITO, DESAFIO E OPORTUNIDADES

A vinhaça, de acordo com Moraes, Zaiat e Bonomi (2015), é subproduto da destilação de biomassa para a produção de etanol, a partir de culturas de açúcar (beterraba e cana), culturas de amido (milho, trigo, arroz e mandioca) e material celulósico (resíduos de colheita, bagaço e madeira) e o que mais se destaca em quantidade e capacidade poluidora, sendo também conhecida como vinhoto, restilo, calda ou garapão. Este resíduo aumenta proporcionalmente com o aumento da produção de etanol no mundo.

De acordo com Rodrigues et al. (2012), a composição quantitativa da vinhaça varia em função do tempo, índice de maturação, tipo de solo e da matéria prima utilizada para produção de etanol. Para Freire e Cortez (2000), a vinhaça é caracterizada como efluente de destilarias com alto poder poluente e valor fertilizante; o poder poluente, cerca de cem vezes maior que o do esgoto doméstico, decorre da sua riqueza em matéria orgânica. É definida como líquido de cor parda clara, que escurece em razão da oxidação, resultante do processo de fermentação, pH variando de 3,7 a 5, elevada corrosividade e índices de DBO e DQO, com alta temperatura na saída dos destiladores. Para Rafaldini et al. (2006) devido à sua elevada carga de matéria orgânica, auxilia na proliferação de vetores de doenças e gera forte odor na sua decomposição.

Ludovice (1997) define a vinhaça como efluente composto de 93% de água e 7% de sólidos; desses sólidos, cerca de 75% são matéria orgânica, formada de ácidos orgânicos e, em menor quantidade, por cátions como o K^+ , Ca^{+2} e Mg^{+2} e sua graduação alcoólica não é superior a 0,03°GL. Silva, Griebeler e Borges (2007) e Rossetto (1987) relatam que dos efluentes líquidos da indústria sucroenergética, a vinhaça é a que possui maior carga poluidora, apresentando DBO variando de 20.000 a 35.000 mg/L, onde a quantidade despejada pelas usinas varia de 10 a 16 litros de vinhaça por litro de etanol, dependendo das condições de produção e sai dos aparelhos de destilação em média de 85 a 90 °C.

No que se refere à composição da vinhaça, de acordo com Diniz (2010), depende de fatores, como: natureza da composição dos vinhos, sistema de fermentação, tipo de levedura utilizada, tipo de tratamento das leveduras, aditivos utilizados na fermentação, aparelhos utilizados na destilação, qualidade da água usada, componentes utilizados para desinfecção e natureza e composição da matéria-prima.

A vinhaça de etanol de segunda geração apresenta um teor de matéria orgânica mais elevada do que a vinhaça de etanol de primeira geração. No entanto, a razão de DBO e DQO é comparável para os dois tipos de vinhaça. Em contraste, o teor de nutrientes e minerais, especialmente de potássio, é consideravelmente inferior para vinhaça de segunda geração. Assim, a aplicação deste fluxo de líquido no solo não pode ser justificada, como ocorre com a produção de etanol a partir de vinhaça de primeira geração (MORAES; ZAIAT; BONOMI, 2015). Em linha gerais, a composição química da vinhaça de diferentes origens é sintetizada na Tabela 1.

Tabela 1 – Características físico-químicas de vinhaça de diferentes matérias primas

Matéria Prima	Produção (L/L _{EtOH})	DBO (g/L)	DQO (g/L)	N _{total}	P _{total}	K	SO ₄ ²⁻	pH
Melaço (beterraba)	11,6	44,90	91,10	3.569,00	163,00	10.030,00	3.030,00	5,35
Caldo de cana	16,30	16,70	30,40	628,00	130,00	1.952,00	1.356,00	4,04
Melaço (cana)	14,00	39,00	84,90	1.229,00	187,00	5.124,00	3.478,00	4,46
Melaço (cana)	nd	25,8	48,00	820,00	480,00	nd	nd	nd
Material celulósico	11,10	27,60	61,30	2.787,00	28,00	39,00	651,00	5,35
Mandioca	16,00	31,40	81,10	650,00	124,00	nd	nd	3,5

Milho	nd	26,9	64,50	755,00	1.170,00	nd	nd	3,65
Milho	nd	43,10	59,40	546,00	228,00	nd	299,00	nd
Sorgo sacarino	nd	46,00	79,9	800,00	100,00	nd	nd	4,5

Fonte: WILKIE; RIEDESEL; OWENS (2000); MENEZES (1980).

Até o final dos anos 70, volumes crescentes de vinhaça eram lançados nos mananciais. Os lançamentos eram de caráter sazonal, de acordo com o ciclo da produção de etanol, afetando a auto regulação e auto reprodução dos ecossistemas (CORAZZA, 2006).

Os impactos da aplicação da vinhaça variam de acordo com a composição química da vinhaça, volume e da periodicidade de aplicação. Para Piacente (2005), a alta concentração de vinhaça no solo e no lençol freático pode acarretar alta concentração de metais como magnésio, alumínio, ferro, cloreto, como também de matéria orgânica. De acordo com Ludovice (1997), em canais de escoamento de vinhaça, a contaminação do lençol freático pode chegar a 91,7%, tornando, assim, poluída a manta freática. Uma vez contaminada, as possibilidades de reversão são pequenas. Para o autor, a vinhaça apresenta nocividade elevada para grandes animais aquáticos, afugenta a fauna marítima da costa brasileira para o fenômeno fisiológico da desova e destrói a microflora, microfauna, plantas aquáticas submersas e flutuantes.

De acordo com Moraes, Zaiat e Bonomi (2015), a aplicação indiscriminada da vinhaça no solo intensifica a salinização, a lixiviação de metais, emissões de gases de efeito estufa e contaminação de águas subterrâneas. A situação é mais complexa no caso da vinhaça de etanol de segunda geração e pentoses de bebidas alcoólicas, para os quais não existem normas ambientais e os mesmos não podem ser utilizados como fertilizantes em culturas de cana de açúcar, ao contrário da vinhaça de etanol de primeira geração.

A inadequada e indiscriminada disposição de vinhaça no solo, rios, lagos e aquíferos tem recebido a atenção desde a década de trinta no Brasil, devido aos problemas ambientais associados a essa prática. Logo, uma série de arcabouços legais tem sido construída com o objetivo de minimizar e mesmo eliminar o descarte indiscriminado da vinhaça no solo, rios, lagos e aquíferos, sendo os principais no Brasil e no mundo destacados a seguir. O Quadro 1 apresenta a legislação sobre descarte de efluentes e vinhaça no Brasil.

Quadro 1 – Legislação e normas sobre descarte de efluentes e vinhaça no Brasil

Legislação/Norma	Conteúdo
Decreto 8468/76:	Aprovou o regulamento da Lei 997/76 e seu regulamento que dispõe sobre a “Prevenção e o Controle da Poluição do Meio Ambiente”, referente ao lançamento nos cursos d’água foi restringido no Estado de São Paulo (SÃO PAULO, 1976).
Norma P4.331 – Resolução CONAMA 430/11:	Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente CONAMA (BRASIL, 2011).
Norma CETESB P.4321 Vinhaça	Critérios e Procedimentos para Aplicação no Solo Agrícola, estabelecer os critérios e procedimentos para o armazenamento, transporte e aplicação da vinhaça, gerada pela atividade sucroalcooleira no processamento de cana-de-açúcar, no solo do Estado de São Paulo, dispõe sobre os limites da aplicação de vinhaça, de acordo com os seguintes parâmetros (CETESB, 2006).

Fonte: Elaborado pelo autor.

Melissa et al. (2007) apontam, a partir de uma perspectiva história, os principais instrumentos legais referentes a proteção das águas e lançamento de vinhaça.

- Código das águas (Decreto 24.643 de 10 de Julho de 1934) que, entre outros, resguarda os corpos d’água contra a disposição de poluentes (BRASIL, 1934);
- Lei de crimes ambientais (Lei 9.605, de 12 de Fevereiro de 1998) em seus artigos

33 e 54, aponta as penas que serão impostas aos infratores quando da ocorrência da morte de animais por emissão de efluentes nas águas e na ocorrência de poluição hídrica, respectivamente, caso em que os infratores recebem as penas de reclusão de um a três anos ou multa, ou ambas, cumulativamente, para infração do artigo 33 e de um a cinco anos de reclusão na infração do artigo 54 (BRASIL, 1998);

- Portaria do Ministério do Interior n. 323 de 29/11/1978, que dita que, a partir da safra 1979/ 1980, fica proibido o lançamento direto ou indireto, do vinhoto, em qualquer coleção hídrica, pelas destilarias de álcool instaladas ou que venham a se instalar no País (BRASIL, 1978);
- Portaria do Ministério do Interior n. 158 de 03/11/1980, que dispõe sobre seu lançamento em coleções hídricas e sobre efluentes de destilarias de usinas de açúcar; a Resolução do CNRH n. 15 de 01/06/2001, que dá as diretrizes para a gestão integrada das águas superficiais, subterrâneas e meteóricas (BRASIL, 1980b);
- Lei n. 7.960, de 21/12/89, que dispõe sobre a prisão temporária para crime de envenenamento de água potável, dentre outros (BRASIL, 1989);
- Decreto-Lei n. 1.413, de 14/08/75, que dispõe sobre o controle da poluição do meio ambiente provocada por atividades industriais (BRASIL, 1975);
- Portaria do Ministério do Interior n. 124, de 20/08/80, que baixa normas no tocante à prevenção de poluição hídrica, para a localização de indústrias, construções ou estruturas potencialmente poluidoras e para dispositivos de proteção (BRASIL, 1980a).
- Resolução do CONAMA n. 430, de 13 maio 2011, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, e estabelece, ainda, as condições e padrões de lançamento de efluentes e dá outras providências. Conforme seu § 4º, estabelece as condições de lançamento de efluentes e, no § 5º, que regulamenta os padrões de lançamento de efluentes, que são:

I – pH entre 5 a 9

II– temperatura: inferior a 40 °C, sendo que a variação de temperatura do corpo receptor não deverá exceder a 3 °C na zona de mistura;

III– materiais sedimentáveis: até 1 mL L-1 em teste de 1 h em cone Imhoff. Para o lançamento em lagos e lagoas, cuja velocidade de circulação seja praticamente nula, os materiais sedimentáveis deverão estar virtualmente ausentes

IV– regime de lançamento com vazão máxima de até ½ vez a vazão média do período de atividade diária do agente poluidor, exceto nos casos permitidos pela autoridade competente:

I – óleos e graxas

II – óleos minerais: até 20 mg L-1

III – óleos vegetais e gorduras animais: até 50 mg L-1

VI – ausência de materiais flutuantes (BRASIL, 2011, p. 4).

A World Health Organization também criou recomendações para reutilização de águas residuárias, sendo a principal:

- *Guidelines for the Safe Use of Wastewater, Excreta and Greywater – Volume II – Wastewater Use in Agriculture*: que apresenta uma série de considerações a respeito da utilização de águas residuárias na agricultura, buscando a obtenção de benefícios à saúde humana e ao meio ambiente (WHO, 2006).

Nos Estados Unidos, a *Environment Protection Agency* criou normas para reutilização de águas residuais:

- *Guidelines for Water Reuse*: que também prevê o reuso de águas residuais visando à

obtenção de benefícios à saúde humana e ao meio ambiente (USEPA, 2004).

Embora com todo arcabouço legal no que se refere à destinação adequada da vinhaça no Brasil, para Moares, Zaiat e Bonomi (2015), no que refere à resolução CETESB (2006), a mesma pode ser considerada superficial, porque é prescrita somente de acordo com o seu teor de potássio. Porém seus potenciais impactos ambientais associados não são considerados.

Todavia, os instrumentos normativos e legislações publicados têm como objetivo não somente mitigar o descarte da vinhaça no solo e nas coleções de águas, mas também incentivar novas aplicações para esse resíduo, com o pressuposto de promover o desenvolvimento econômico e social na sua reutilização em consonância com a preservação ambiental. Simultaneamente com a construção desses instrumentos legais, pesquisadores têm focado em encontrar usos e tratamentos para a vinhaça.

Nesse sentido, segundo Sheehan e Greenfield (1980), Willington e Marten (1982), Cortez, Magalhães e Hapii (1992), Salomon (2007), Oliveira (2011), Moares, Zaiat e Bonomi (2015), baseando-se nas tecnologias disponíveis para o reaproveitamento da vinhaça, enumeram alternativas em consonância com o desenvolvimento sustentável, onde os principais produtos e processos oriundos da vinhaça, suas respectivas vantagens e desvantagens são sintetizados no Quadro 3.

Quadro 3 – Uso potencial da vinhaça: vantagens e desvantagens

Processo ou Produto final	Vantagens	Desvantagens	Aplicação científica ou industrial
Biodigestão Anaeróbia	Produção de energia elétrica; Redução de DBO; Efluente é fertilizante.	Custo elevado; Alta tecnologia.	A Usina Bonfim em Guariba esta gerando eletricidade a partir de vinhaça junto com a empresa Geo Energética.
Fertirrigação	Custo baixo; Fácil de ser adotado.	Efeito de longo prazo desconhecido; Custo logístico elevado.	Método amplamente utilizado pelas usinas sucroenergéticas em todo o país.
Construção civil	Avanços significativos quanto à resistência do material; Potencial de redução da descarga de vinhaça.	Restringe-se às construções próximas ao local de origem de vinhaça; Custo logístico elevado.	A Unoeste em parceria com empresa tupãense G10 Concreto e CAPES desenvolveram, em estágio de P&D, concreto a partir de vinhaça.
Biodiesel	Produzir lipídeos com maior valor agregado para produção de biodiesel.	Em fase de pesquisa.	Levedura desenvolvida pela empresa Fermentec esta sendo aplicada na Usina da Pedra na cidade de Serrana /SP para produção de biodiesel
Ração Animal	Método barato; Fácil de ser adotado.	Não foi pesquisado o suficiente.	No Dpto. de suinocultura da IFMG, cientistas estão utilizando vinhaça na ração de suínos em creche.
Leveduras	Redução da descarga de vinhaça.	Elevado custo no processo de produção.	Levedura desenvolvida pela empresa Fermentec esta sendo aplicada na Usina da Pedra na cidade de Serrana /SP para produção de biodiesel

Fonte: Adaptado de SHEEHAN; GREENFIELD (1980); WILLINGTON; MARTEN (1982); CORTEZ; MAGALHÃES; HAPII (1992); SALOMON (2007); OLIVEIRA (2011); MOARES; ZAIAT; BONOMI (2015); UNOESTE (2020); BIODIESELBR (2021).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme foi referendado na literatura citada no referencial teórico do presente artigo, a vinhaça é um dos resíduos mais impactantes da produção de etanol, seja pela sua capacidade poluidora como também pelo volume de sua produção, sendo o Brasil o segundo maior produtor de etanol do mundo, esse volume é ainda mais preocupante.

Embora a vinhaça seja utilizada para fertirrigação da lavoura de cana, sua carga orgânica, índices de demanda química e bioquímica de oxigênio são elevados, formando risco em potencial para poluição do solo e da coleção de águas: lençol freático, rios, riachos, lagos e aquíferos são substantivos.

Dada essa realidade, o governo, tanto em esfera federal quanto estaduais, tem elaborado uma série de arcabouços legais com o objetivo de restringir ou mesmo eliminar o descarte indiscriminado da vinhaça, seja no solo como também nas coleções de águas. Porém, o mesmo não é o suficiente se não houver real fiscalização, punição e, sobretudo, incentivo para a utilização da vinhaça para outros fins, com externalidades econômicas, sociais e ambientais positivas

Porém, é esse mesmo volume substancial de carga orgânica que confere à vinhaça o uso potencial para geração de energia elétrica a partir de biodigestores anaeróbios. A partir de estudos realizados por pesquisadores como Sheehan e Greenfield (1980), Willington e Marten (1982), Salomon (2007), Oliveira (2011), Moares, Zaiat e Bonomi (2015) tem-se mostrado a potencial utilização da vinhaça para biodigestão anaeróbia, fertirrigação, anaerose e construção civil, como também para produção de biodiesel, ração animal e levedura.

Porém, não há por parte da União e dos governos estaduais incentivos à produção de biogás e de bioeletricidade nos leilões de energia elétrica no ambiente de contratação regulado, financiamento a pesquisas e desenvolvimento em biodigestores em escala industrial para produção de energia elétrica e todos os outros subprodutos em potencial originados da vinhaça.

Portanto, faz-se necessária uma sinergia entre universidades, centros de pesquisa, agências de fomento, bancos de desenvolvimento, instituições multilaterais, empresas da cadeia produtiva do setor sucroenergético, organizações não governamentais, poderes executivos e legislativos, tanto da esfera federal quanto das esferas estaduais, trabalharem de maneira conjunta com o objetivo de coibir o descarte de vinhaça em dissonância com a lei e, ao mesmo tempo, incentivar sua reutilização em consonância às dimensões econômica, ambiental e social da sustentabilidade.

REFERÊNCIAS

AGENCIA INTERNACIONAL DE ENERGIA. **Explore energy data by category, indicator, country or region**. 2020. Disponível em: <https://www.iea.org/data-and-statistics?country=WORLD&fuel=Energy%20supply&indicator=TPESbySource>. Acesso em: 18 mar. 2021.

BIODIESELBR. **Projeto transforma vinhaça em biodiesel**. 2021. Disponível em: <https://www.biodieselbr.com/noticias/pesquisa/projeto-transforma-vinhaca-em-biodiesel-190121>. Acesso em: 18 mar. 2021.

BRASIL. **Lei nº 1.413, de 14 de agosto de 1975**. Dispõe sobre o controle da poluição do meio ambiente provocada por atividades industriais. Brasília, DF: Presidência da República, 1975. Disponível em: <http://legis.senado.gov.br/legislacao/ListaPublicacoes.action?id=122915>>. Acesso em: 8 abr. 2016.

BRASIL. **Lei n° 7.960 de 21 de dezembro de 1989.** Dispõe sobre prisão temporária. Brasília, DF: Presidência da República, 1989. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L7960.htm. Acesso em: 8 abr. 2016.

BRASIL. **Lei n° 9.605, de 12 de fevereiro de 1998.** Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 1998. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9605.htm. Acesso em: 8 abr. 2016.

BRASIL. **Lei n° 24.643, de 10 de julho de 1934.** Decreta o Código de Águas. Brasília, DF: Presidência da República, 1934. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d24643.htm. Acesso em: 8 abr. 2016.

BRASIL. **Portaria n°124, de 20 de agosto de 1980.** Estabelece normas para a localização de indústrias potencialmente poluidoras junto à coleções hídricas. Brasília, DF: Presidência da República, 1980a. Disponível em: <http://ima.al.gov.br/wp-content/uploads/2015/03/Portaria-nb0-124.80.pdf>. Acesso em: 8 abr. 2016.

BRASIL. **Portaria n° 158, de 03 de novembro de 1980.** Mantém proibição de lançamento direto ou indireto de vinhoto em qualquer coleção hídrica. Brasília, DF: Presidência da República, 1980b. Disponível em: https://www.imprensaoficial.com.br/DO/GatewayPDF.aspx?link=/2015/executivo%20secao%20i/fevereiro/13/pag_0051_D3NO1NGM18ME1e1HU52PBES99NK.pdf. Acesso em: 8 abr. 2016.

BRASIL. **Portaria n° 323, de 29 de novembro de 1978.** Proíbe o lançamento, direto ou indireto, do vinhoto em qualquer coleção hídrica, pelas destilarias do álcool. Brasília, DF: Presidência da República, 1978. Disponível em: <http://abiquim.org.br/restrito/esp/pminter-323-78-rh.pdf>. Acesso em: 8 abr. 2016.

BRASIL. **Resolução CONAMA N° 430/2011.** Dispõe sobre condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Brasília, DF: Presidência da República, 2011. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>. Acesso em: 27 mar. 2016.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO – CETESB. **Vinhaça:** critérios e procedimentos para aplicação no solo agrícola. São Paulo: CETESB, 2006. Disponível em: http://www.ambiente.sp.gov.br/camaras-ambientais/files/2013/12/P4_231.pdf. Acesso em: 24 abr. 2015.

CORAZZA, R. I. Impactos ambientais da vinhaça: controvérsias científicas e lock-in na fertirrigação. *In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL – SOBER*, 46., 2006, Fortaleza. **Anais eletrônicos** [...]. Fortaleza: Sober, 2006. Disponível em: <http://www.sober.org.br/palestra/5/453.pdf/>. Acesso em: 27 abr. 2015.

CORTEZ, L.; MAGALHAES, P.; HAPPI, J. Principais subprodutos da agroindústria canavieira e sua valorização. **Revista Brasileira de Energia**, v. 2, n. 2, 1992. Disponível em: <http://www.sbpe.org.br/socios/download.php?id=45>. Acesso em: 24 fev. 2016.

- DINIZ, K. M. **Subsídios para a gestão dos Planos de Aplicação de Vinhaça (PAV):** um estudo de caso da região de Piracicaba. 2010. Dissertação (Mestrado em Agro-energia) – Escola de Economia de São Paulo, Fundação Getúlio Vargas, São Paulo, 2010. Disponível em: <http://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/bitstream/handle/10438/8278/65080100012.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 17 ago. 2015.
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGETICA – EPE. **Balanco energético nacional.** Brasília: EPE, 2014. Disponível em: https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2014.pdf. Acesso em: 27 abr. 2015.
- FERNANDES, D. D. *et al.* Utilização do etanol em motores a combustão no Brasil. **Universo do Petróleo e do gás**, Nova Venécia, v. 1, n. 3, 2010. Disponível em: http://novavenecia.multivix.edu.br/wp-content/uploads/2013/03/universo_pet_03.pdf. Acesso em: 27 abr. 2015.
- FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica.** Fortaleza: UEC, 2002.
- FREIRE, W. J.; CORTEZ, L. A. B. **Vinhaça de cana-de-açúcar.** Guaíba: Agropecuária, 2000.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 4. ed. São Paulo: Atlas, 2007.
- LAZZARINI, S. G. Estudos de caso para fins de pesquisa: aplicabilidade e limitações do método. *In:* FARINA, E. (coord.). **Estudos de caso em agribusiness.** São Paulo: Pioneira, 1997. p. 9-23.
- LUDOVICE, M. T. F. **Estudo do efeito poluente da vinhaça infiltrada em canal condutor de terra sobre o lençol freático.** 1997. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1997. Disponível em: <http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/zeus/auth.php?back=http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/docume nt/?code=vtls000124559&go=x&code=x&unit=x>. Acesso em: 24 abr. 2015.
- MELISSA, A. S. S. *et al.* Uso de vinhaça e impactos nas propriedades do solo e lençol freático. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 11, n. 1, p. 108-114, 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v11n1/v11n1a14>. Acesso em: 27 mar. 2016.
- MENEZES, T. J. B. **Etanol:** o combustível do Brasil. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. Disponível em: <http://bases.bireme.br/cgi-bin/wxislind.exe/iah/online/?IsisScript=iah/iah.xis&src=google&base=REPIDISCA&lang=p&nextAction=lnk&exprSearch=147153&indexSearch=ID>. Acesso em: 17 ago. 2015.
- MORAES, B. S.; ZAIAT, M.; BONOMI, A. Anaerobic digestion of vinasse from sugarcane ethanol production in Brazil: Challenges and perspectives. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 44, p. 888–903, 2015. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032115000337>. Acesso em: 27 mar. 2016.

OLIVEIRA, M. Vinhaça alternativa: resíduo da produção de etanol pode ser usado para produzir biodiesel. **Pesquisa FAPESP**, São Paulo, n. 186, p. 70-73, 2011. Disponível em: <http://revistapesquisa.fapesp.br/wp-content/uploads/2011/08/070-073-186.pdf?180c5b>. Acesso em: 24 fev. 2016.

PIACENTE, F. J. **Agroindústria canavieira e o sistema de gestão ambiental**: o caso das usinas localizadas nas bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá. 2005. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Econômico) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005. Disponível em: <http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/zeus/auth.php?back=http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/docume nt/?code=vtls000386200&go=x&code=x&unit=x>. Acesso em: 24 abr. 2015.

RAFALDINI, M. E. *et al.* Controle biológico para sistema de vinhaça no solo. **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v. 3, n. 2, p. 41-57, 2006. Disponível em: <http://www.unipinhal.edu.br/ojs/engenhariaambiental/include/get>. Acesso em: 28 mar. 2016.

RODRIGUES, A. *et al.* Estimativa do potencial de geração de energia elétrica a partir da vinhaça. **Acta Iguazu**, Cascavel, v. 1, n. 2, p. 80-93, 2012. Disponível em: <http://e-revista.unioeste.br/index.php/actaiguazu/article/download/7040/5192>. Acesso em: 28 mar. 2016.

ROSSETTO, A. J. Utilização agronômica dos subprodutos e resíduos da indústria açucareira e alcooleira. In: PARANHOS, S. B. **Cana-de-açúcar**: cultivo e utilização. Campinas: Fundação Cargill, 1987. v. 2. p. 435-504. Disponível em: http://www.researchgate.net/publication/221899784_Utilizao_agronmica_dos_subprodutos_e_res_duos_da_industria_aucareira_e_alcooleira. Acesso em: 17 ago. 2015.

SALOMON, K. R. **Avaliação técnico-econômica e ambiental da utilização do biogás proveniente da biodigestão da vinhaça em tecnologias para geração de eletricidade**. 2007. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2007. Disponível em: <http://homologa.ambiente.sp.gov.br/biogas/publicacoes.asp>. Acesso em: 24 abr. 2015.

SÃO PAULO (Estado). **Decreto n.º 8.468, de 8 de setembro de 1976**. Aprova o Regulamento da Lei n.º 997, de 31 de maio de 1976, que dispõe sobre a prevenção e o controle da poluição do meio ambiente. São Paulo: Palácio dos Bandeirantes, 1976. Disponível em: <https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/decreto/1976/decreto-8468-08.09.1976.html>. Acesso em: 24 abr. 2015.

SHEEHAN, G. J.; GREENFIELD, P. F. Utilization, treatment and disposal of distillery wastewater. **Water Research**, v. 14, p. 257-277, 1980. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0043135480900974>. Acesso em: 24 fev. 2016.

SILVA, M. A. S.; GRIEBELER, N. P.; BORGES, L. C. Uso de vinhaça e impactos nas propriedades do solo e lençol freático. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiente**, Campina Grande, v. 11, n. 1, p. 108- 114, 2007. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662007000100014&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 17 ago. 2015.

SZYMANSKI, M. S. E.; BALBINOT, R.; NAGEL, W. Biodigestão anaeróbia da vinhaça: aproveitamento energético do biogás e obtenção de créditos de carbono - estudo de caso. **Revista Semina: Ciências agrárias**, v. 31, n. 4, p. 901-912. 2010. Disponível em: <http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/view/7596/6685>. Acesso em: 13 jan. 2015.

UNIÃO DAS INDÚSTRIAS DA CANA DE AÇUCAR – UNICA. **Produção de etanol safra 2019/2020**. 2021. Disponível em: <https://observatoriodacana.com.br/historico-de-producao-e-moagem.php?idMn=32&tipoHistorico=4&acao=visualizar&idTabela=2449&safr=2018%2F2019&estado=RS%2CSC%2CPR%2CSP%2CRJ%2CMG%2CES%2CMS%2CMT%2CGO%2CDF%2CBA%2CSE%2CAL%2CPE%2CPB%2CRN%2CCE%2CPI%2CMA%2CTO%2CPA%2CAP%2CRO%2CAM%2CAC%2CRR>. Acesso em: 21 mar. 2021.

UNOESTE. **Estudo viabiliza alternativa para construir moradia popular**. 2020. Disponível em: <https://www.unoeste.br/noticias/2018/4/estudo-viabiliza-alternativa-para-construir-moradia-popular>. Acesso em: 18 mar. 2020.

U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY – USEPA. **Guidelines for Water Reuse**. Washington DC, 2004. Disponível em: <http://water.epa.gov/aboutow/owm/upload/Water-Reuse-Guidelines-625r04108.pdf>. Acesso em: 17 ago. 2015.

WILKIE, A. C.; RIEDESEL, K. J.; OWENS, J. M. Stillage characterization and anaerobic treatment of ethanol stillage from conventional and cellulosic feedstocks. **Biomass and Bioenergy**, v. 19, p. 63-102. 2000. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0961953400000179>. Acesso em: 17 ago. 2015.

WILLINGTON, I. P.; MARTEN, G. G. Options for handling stillage waste from sugar-based fuel ethanol production. **Resources and Conservation**, v. 8, p. 111-29, 1982. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0166309782900360>. Acesso em: 17 ago. 2015.

WORLD HEALTH ORGANIZATION – WHO. **Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater**. Genebra, 2006. Disponível em: http://www.who.int/water_sanitation_health/wastewater/gsuweg2/en/. Acesso em: 24 abr. 2015.