

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E  
TECNOLOGIA DO SERTÃO PERNAMBUCANO  
CAMPUS PETROLINA ZONA RURAL**

**CURSO DE BACHARELADO EM AGRONOMIA**

**CULTIVO DE CANA DE AÇÚCAR FERTIRRIGADA COM VINHAÇA:  
UMA REVISÃO DE LITERATURA**

**ISRAEL SAMPAIO DE ARAÚJO**

**PETROLINA - PE**

**2021**

**ISRAEL SAMPAIO DE ARAÚJO**

**CULTIVO DE CANA DE AÇÚCAR FERTIRRIGADA COM VINHAÇA:  
UMA REVISÃO DE LITERATURA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao IF SERTÃO - PE, Campus Petrolina Zona Rural, para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. MSc. Eivaldo Alves Ferreira

**PETROLINA - PE**

**2021**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

---

A111 Araújo, Israel Sampaio de.

Cultivo de cana de açúcar fertirrigada com vinhaça: uma revisão de literatura / Israel Sampaio de Araújo. - Petrolina, 2021.  
33 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Agronomia) -Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, Campus Petrolina Zona Rural, 2021.  
Orientação: Prof. Msc. Erivaldo Alves Ferreira.

1. Ciências Agrárias. 2. Resíduos Líquidos. 3. Fertirrigação. 4. Sustentabilidade. 5. Vinhaça.. I. Título.

CDD 630



SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E  
TECNOLÓGICA INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA  
E TECNOLOGIA DO SERTÃO PERNAMBUCANO

ISRAEL SAMPAIO DE ARAÚJO

**CULTIVO DE CANA DE AÇÚCAR FERTIRRIGADA COM  
VINHAÇA: UMA REVISÃO DE LITERATURA**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado como requisito parcial para  
obtenção do título de Engenheiro  
Agrônomo, pelo Instituto Federal de  
Educação, Ciências e Tecnologia Sertão  
Pernambucano, Campus Petrolina Zona  
Rural.

Aprovada em: 16 de Dezembro de 2021

Orientador Prof. Msc. Eivaldo Alves Ferreira- IF Sertão-PE

Jose Sebastiao Costa  
de Sousa:05739906466

Assinado de forma digital por Jose Sebastiao  
Costa de Sousa:05739906466  
Dados: 2021.12.17 23:35:07 -03'00'  
Versão do Adobe Acrobat Reader: 2021.007.20099

Prof. Dr. José Sebastião Costa de Sousa - IF Sertão-PE

Fabio Freire  
de Oliveira:  
09613688706

Assinado digitalmente por Fabio Freire de Oliveira:  
09613688706  
D.N.: CN=Fabio Freire de Oliveira, O=9613688706, OU=IF  
SERTÃO-PE - Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia do Sertão Pernambuco, O=ICPEdu, C=BR  
Razão: Eu sou o autor deste documento  
Localização: CPZR  
Data: 2021.12.17 16:05:05  
Foxit Reader Versão: 9.0.1

Prof. Dr. Fabio Freire de Oliveira - IF Sertão-PE

## RESUMO

O Brasil é um dos maiores produtores de cana-de-açúcar do mundo e seus derivados. No processo de produção de etanol temos a geração de uma carga elevada de um resíduo conhecido como vinhaça. Esse resíduo pode gerar impactos ambientais severos, por isso têm despertado o interesse de diversos estudiosos sobre possíveis tratamentos e usos desse. Antigamente, a vinhaça era descartada em corpos hídricos gerando várias consequências ambientais; atualmente, a fertirrigação é uma alternativa adotada pela legislação vigente. A aplicação de fertilizantes garante maior produção e longevidade do canavial. A fertilidade do solo, a disponibilidade hídrica e variedades aptas, quando utilizados garantem aumentos na produção. A utilização da vinhaça através da fertirrigação, é uma prática bastante importante na agricultura, seu uso de forma racional possibilita a fertirrigação dos solos, e promove uma destinação adequada destes resíduos, evitando que sejam lançados nas águas superficiais, causando poluição destas, bem como, do lençol freático através da percolação. Inúmeras pesquisas têm sido desenvolvidas, em relação, a destinação correta desses resíduos, sendo observado, diversos benefícios. Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo, realizar um levantamento da aplicação dos resíduos líquidos da produção sucroalcooleira (vinhaça), na cultura da cana de açúcar. O uso agrícola da vinhaça e os seus benefícios nas propriedades dos solos, são importantes do ponto de vista agrônomo, econômico e social. O uso racional desse resíduo nas lavouras canavieiras se dá pelo aumento da produtividade, que ocorre com maior proporção em solos de baixa fertilidade e em regiões com baixa pluviosidade.

**Palavras-chave:** resíduos líquidos, sustentabilidade, fertirrigação, vinhaça.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus; pois sem Ele eu não teria capacidade para desenvolver este trabalho.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, Campus Petrolina Zona Rural pelo apoio para realização deste trabalho.

A minha família, especialmente aos meus pais por todo apoio, por acreditarem em mim, por todo amor e por terem sonhado comigo.

Agradeço a minha companheira Valdiana Araujo de Lima por todo incentivo, paciência e dedicação.

Ao Prof. Erivaldo Alves Ferreira, pela excelente orientação.

Aos colegas da Ag11, pelas reflexões, críticas e sugestões recebidas.

Aos professores do curso Bacharelado em Agronomia pelos ensinamentos prestados.

A todos que direta e indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	7
2. REVISÃO DE LITERATURA	10
2.1. Considerações sobre a Cultura da cana-de-açúcar	10
2.2. Características da vinhaça	11
2.3. Principais Usos e Tratamentos da Vinhaça	16
2.4. Efeitos da vinhaça nas propriedades do solo	18
2.5. Fertirrigação com vinhaça	20
2.6. Maneiras de aplicação da vinhaça	21
2.7. Uso legal da vinhaça na agricultura	22
3. OBJETIVO	25
4. MATERIAS E MÉTODOS	26
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	27
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	28

## 1. INTRODUÇÃO

O cultivo de cana-de-açúcar é uma grande oportunidade, para os países tropicais em desenvolvimento, de diminuir suas demandas por combustíveis de origem fóssil e aumentar suas receitas com exportação. A cadeia produtiva dos produtos de origem da cana-de-açúcar é realizada, na maioria das vezes, próxima aos locais de plantio, o que difere de outros produtos agrícolas, como a soja e milho, que são colhidos, e muitas vezes, exportados em grãos para posterior processamento em outros países. No Brasil a cana de açúcar é cultivada desde o século XVI e seu cultivo se expandiu pelo país, dominando a produção de açúcar e etanol, usado para consumo interno e exportação (RAMOS, 2006; FONTANETTI & BUENO, 2017).

Assim, sabe-se que o manejo da cana-de-açúcar, como a adubação e nutrição apresentam maiores incrementos a produtividade quando boas práticas agrícolas são adotadas no sistema que interfere no crescimento vegetal. A grande preocupação no uso de fertilizantes está no seu custo e nas dosagens. Entretanto, o modo e a época de aplicação, e a regulagem dos implementos determinam o sucesso das adubações (ROSSETO, 2008).

A vinhaça produzida pela indústria sucroalcooleira utilizada na agricultura, passou por várias mudanças ao longo tempo, pois o uso contínuo da vinhaça nos mesmos solos, mesmo que em baixas dosagens, pode levar a saturação de cátions, principalmente de K (potássio), ocorrendo problemas de lixiviação e posteriormente contaminação das águas subterrâneas. tendo como alternativa para a utilização racional desse resíduo a sua estabilização e desidratação deste, entretanto, o alto custo energético da concentração da vinhaça, é talvez a sua principal restrição independentemente do processo.

Portanto, desenvolvimento e meio ambiente precisam ser interdependentes para que possa ocorrer um processo sustentável harmônico, desse modo, a procura por uma melhor qualidade vida é a aspiração de todas as populações. A mitigação

dos gases do efeito estufa é realizada através da introdução de projetos que resultem na diminuição da emissão dos gases ou no aumento da neutralização de  $\text{CH}_4/\text{CO}_2$ , mediante o emprego de tecnologias mais eficientes ou ainda, substituir as fontes de energia fóssil por renováveis.

O maior produtor e exportador de cana de açúcar (*Sacharum officinarum* L.) do mundo é o Brasil, sua produção vem sendo muito incentivada nos últimos anos. A produção de cana de açúcar na safra 2019/20, foi de 642,47 milhões de toneladas, com aumento de 3,6% em relação à safra passada (CONAB, 2020).

A produtividade final da cana de açúcar é bastante afetada pelo manejo das práticas culturais na lavoura sendo um dos fatores que mais interfere no rendimento final são os teores de nutrientes presentes no solo e conseqüentemente, as doses de aplicação. Para Zambello Jr. et. al. (1981) a adubação através da irrigação assume papel de alta importância para o aumento de produtividade de cana de açúcar. O setor sucroalcooleiro faz do Brasil o maior produtor mundial de açúcar de cana e o único do país do mundo a implantar em larga escala um combustível alternativo ao petróleo.

Atualmente o álcool é reconhecido mundialmente pelas suas vantagens ambientais, sociais e econômicas, e os países do 1º mundo já estão interessados em nossa tecnologia. Na safra 2019/20 foram produzidas 34 bilhões de litros de álcool (CONAB, 2020) e estima-se que a indústria do álcool gera em torno de 12 a 15 vezes em volume de vinhaça (NETO, 2016). O parque sucroalcooleiro nacional possui 350 indústrias em atividade, sendo 91 destilarias autônomas e 259 usinas de açúcar/álcool e 1.000.000 empregos diretos e indiretos em todo o Brasil (PAULINO, 2010).

No Nordeste, a adubação da cana de açúcar atinge 20% do custo de produção da cultura. Em decorrência desta situação é preciso uma maior avaliação das necessidades de fertilizantes pela cultura (LIMA FILHO, 2009). Ganhos médios de 10 t cana/ha, com dosagens de 300 m<sup>3</sup> vinhaça (cerca de 10% de aumento de produtividade).

A agricultura tradicional da região Paraibana é feita geralmente sem a reposição de nutrientes e exploração até o completo exaurimento de sua fertilidade natural. A esse fator considerado, agravado pelas condições edafoclimáticas propiciando a baixa produtividade das culturas. A utilização da vinhaça melhora as

características físicas, químicas e biológicas do solo (FONTANETTI & BUENO, 2017), levando-o a maiores produtividades, com custos reduzidos e com sistema agrícola sustentável ecologicamente.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Considerações sobre a Cultura da cana-de-açúcar

A cana de açúcar (*Saccharum officinarum* L.) pertence à classe das monocotiledôneas, família Poacea (gramineae) e gênero Saccharum. É uma cultura originária da região do Sudeste Asiático e parte da Oceania, sendo que a espécie *Saccharum officinarum* é originária da Nova Guiné (FIGUEIREDO, 2008; CHEAVEGATTI-GIANOTTO et al., 2011).

No Brasil, seu cultivo se deu logo no início da colonização, onde os primeiros relatos dessa cultura datam de 1532 em São Vicente – SP, mas foi nos estados da região Nordeste que a cultura se fixou inicialmente. No final do século XVI, os estados de Pernambuco e Bahia já possuíam uma centena de engenhos (FIGUEIREDO, 2008) e em meados da década de 1970, com a crise do petróleo, o Brasil se tornou o maior produtor mundial de etanol (MOZAMBANI et al., 2006).

Com a criação do Plano Nacional de Produção de Álcool (Proálcool) em 1975, houve uma grande expansão do setor sucroalcooleiro, principalmente no interior paulista, colocando o Brasil como país de destaque na produção de energias renováveis (MOZAMBANI et al., 2006).

O Brasil tem uma área cultivada de cana-de-açúcar de aproximadamente 10.123 milhões de hectares, sendo assim o maior produtor da cultura no mundo, com produtividades superiores a 621 milhões de toneladas por ano, tendo o estado de São Paulo como maior produtor, com área de plantio correspondente a 51,7% desse total, a estimativa de produção de açúcar chega a 333 milhões de toneladas, inferior à safra anterior que chegou a 349 milhões de toneladas. A Paraíba teve uma área cultivada de 122,1 mil hectares plantados, quantificando uma produção de 5,6 milhões de toneladas (CONAB, 2020).

A cana de açúcar é uma planta ereta, de colmo cilíndrico, extremamente

glabro, de coloração variável, rizomatosa, forma touceiras, considerada semiperene é uma planta que perfilha (RIPOLI et al., 2006). Os perfilhos são rebentos formados após a brotação, ocorrem na parte subterrânea e, no caso da cana-de-açúcar, é limitado, salvo em algumas variedades da espécie *S. spontaneum*, cujo perfilhamento é ilimitado (CASAGRANDE e VASCONCELOS, 2008).

No cultivo de cana de açúcar, o número de perfilhos proporciona os números de colmos produtivos ao final do ciclo de cultivo (SEGATO et al., 2006a), por isso o conhecimento dos fatores que afetam a dinâmica de perfilhamento no campo, se faz necessário para o adequado manejo da cultura da cana de açúcar.

Para SMIT e SINGELS (2006), a dinâmica do perfilhamento apresenta três fases bem distintas, a primeira que se caracteriza pelo perfilhamento intenso, a segunda pelo patamar máximo de perfilhos e a terceira pela redução no número de perfilhos, devido a fatores ambientais e fisiológicos. O tempo de duração de cada fase varia com a variedade e as condições climáticas. O desenvolvimento vegetativo da cana de açúcar pode ser dividido em três fases: inicial (brotação, emergência e perfilhamento), mediana (alongamento do colmo, crescimento) e final (maturação).

A temperatura do ar variando de 24 a 38°C são tidas como ideais para a promoção da brotação na cana de açúcar, mas para que haja uma boa brotação dos toletes a cultura requer umidade no solo para promover o intumescimento da gema e dos primórdios radiculares localizados na região do nó (RIPOLI et al., 2006). Ainda conforme esses autores, é necessário que o solo encontra-se próximo da capacidade de campo.

## **2.2. Características da vinhaça**

Se caracteriza a vinhaça como efluente de destilarias com alto valor fertilizante e grande poder poluente (RESENDE et al. 2006). Segundo OLIVEIRA et al., (2013) e SILVA et al., (2013) se tem uma estimativa que são produzidos de dez a quinze litros de vinhaça para cada litro de etanol feito. Ele possui um poder poluente cem vezes maior que o do esgoto doméstico, decorrente da sua riqueza em matéria orgânica (M.O.), baixo pH, alta corrosividade e elevados índices de demanda bioquímica de oxigênio (DBO), além de elevada temperatura na saída dos destiladores. É considerada extremamente nociva à fauna, flora, microfauna e microflora das águas doces, além de afugentar a fauna marinha que vem às costas brasileiras para reprodução (FREIRE e CORTEZ, 2000).

Também chamada restilo e vinhoto é produzida em muitos países como subproduto da produção de álcool; tendo em vista ser a matéria-prima diferente dependendo lugar (cana-de-açúcar na América do Sul, beterraba na Europa etc.), a vinhaça possui distintas propriedades. A concentração de sódio na vinhaça de cana-de-açúcar é menor que na de beterraba, e altos valores desse íon não são desejáveis já que podem causar condições nocivas ao solo e às plantas (OLIVEIRA, 2010).

O principal componente da vinhaça é a matéria orgânica (M.O.) na forma de ácido orgânico, e por potássio, cálcio e magnésio (cátions), apesar de que sua composição tende a mudar a depender do material de origem. De acordo com Prado et al. (2014) o cátion que mais prevalece na vinhaça é o K. Para mosto de caldo de cana (destilaria autônomas) essas concentrações decaem consideravelmente segundo Rosseto (1987).

A vinhaça é a carga poluidora que mais se expressa dos resíduos da indústria sucroalcooleira, sendo a DBO de 20.000 - 35.000 Mg L<sup>-1</sup>. Na fabricação de álcool para cada 1 litro produzido despeja-se de 10 a 18 L de vinhaça pelas destilarias, com a temperatura 85 - 90 °C (ROSSETTO, 1987). Nos estudos feitos sobre os efeitos da vinhaça no solo, verifica-se principalmente a variação de pH do solo, as propriedades químicas e seu efeito na canicultura. Porém, é necessário avaliar os efeitos sobre o lençol freático, devido ser utilizado na fertirrigação por causa dos seus nutrientes e o aparato de matéria orgânica (CUNHA et al., 1981; LYRA et al., 2003).

Esse resíduo é obtido da fermentação do melaço da cana, ou seja, é o subproduto da destilação do álcool. Na atualidade, devido ao seu alto valor econômico, estudos mostram que o principal ingrediente é a matéria orgânica que expressa carbono livre; entre outros elementos minerais em pequena quantidade, como os cátions K, Ca, e Mg (CAIXETA et al., 2010; SOUZA et al., 2015). Assim, proporcionando seu uso na própria lavoura como fertilizante, ou seja, é diluído na água da irrigação do canavial (NASCIMENTO, 2003) (Tabela 01).

Atualmente, com o aumento do teor de etanol no mosto fermentado, a média de retirada de vinhaça (vinhoto, calda) na base da coluna de destilação está na faixa de 10 a 14 litros por litro de álcool etílico hidratado produzido. Na biodigestão anaeróbia da vinhaça se produz metano.

**Tabela 01.** Composição química da vinhaça.

DESCRIÇÃO	Concentrações			Padrão/ l.álcool
	Mínimos	Média	Máximos	
<b>Dados do Processo</b>				
Brix do Mosto (°B)	12,00	18,65	23,65	
Teor alcoólico Vinho (°GL)	5,73	8,58	11,30	
Taxa de vinhaça (l/l.álcool)	5,11	10,85	16,43	10,85
Vazão de referência (m <sup>3</sup> /dia)	530,00	1908,86	4128,00	
<b>Caracterização da vinhaça:</b>				
pH	3,50	4,15	4,90	
Demanda Bioquímica Oxigênio (DBO <sub>5</sub> ) (mg/l)	9200,00	16949,76	75330,00	175,13g
Demanda Química de Oxigênio (DQO) (mg/l)	10780,00	28450,00	97400,00	297,60g
Sólidos Totais (ST) (mg/l)	260,00	25154,61	38680,00	268,90g
Sólidos Suspensos Totais (SST) (mg/l)	40,00	3966,84	9500,00	45,71g
Sólidos Suspensos Fixos (SSF) (mg/l)	40,00	294,38	1500,00	2,69g
Sólidos Suspensos Voláteis (SSV) (mg/l)	1509,00	3632,16	9070,00	43,02g
Sólidos Dissolvidos Totais (SDT) (mg/l)	588,00	18420,06	33680,00	223,19g
Sólidos Dissolvidos Voláteis (SDV) (mg/l)	921,00	6579,58	15000,00	77,98g
Sólidos Dissolvidos Fixos (STF) (mg/l)	0,20	11872,36	24020,00	145,21g
Resíduos Sedimentáveis (RS) 1hora (ml/l)	71,00	2,29	20,00	24,81ml
Cálcio (mg/l CaO)	480,00	515,25	1096,00	5,38g
Cloreto (mg/l Cl)	0,50	1218,91	2300,00	12,91g
Cobre (mg/l CuO)	2,00	1,20	3,00	0,01g
Ferro (mg/l Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	18,00	25,17	200,00	0,27g
Fósforo Total (mg/l P <sub>2</sub> O <sub>4</sub> )	97,00	60,41	188,00	0,65g
Magnésio (mg/l MgO)	1,00	225,64	456,00	2,39g
Manganês (mg/l MnO)	90,00	4,82	12,00	0,05g
Nitrogênio (mg/l N)	1,00	356,63	885,00	3,84g
Nitrogênio amoniacal (mg/l N)	814,00	10,94	65,00	0,12g
Potássio total (mg/l K <sub>2</sub> O)	8,00	2034,89	3852,00	21,21g

Sódio (mg/l Na)	790,0 0	51,55	220,00	0,5 6g
Sulfato (mg/l SO <sub>4</sub> )	5,00	1537, 66	2800,0 0	16,17g
Sulfito (mg/l SO <sub>4</sub> )	0,70	35,90	153,00	0,3 7g
Zinco (mg/l ZnO)	0,10	1,70	4,60	0,0 2g
Etanol-CG (ml/l)	2,60	0,88	119,00	9,1 ml
Glicerol (ml/l)	114,0 1	5,89	25,00	62,1ml
Levedura (base seca) (mg/l)		403,5 6	1500,1 5	44, 1g

O uso da vinhaça na irrigação foi impulsionada devido às proibições de despejo desses resíduos nos cursos de água. Apesar que seu uso ganhou espaço nos canais por requerer pouco investimento, pois necessita de pouca manutenção e rápida eliminação do volume desse material (CORTEZ et al., 1998). A partir disso vem-se observando os estudos sobre a ação benéfica desse material. Entretanto, devido o baixo custo é necessário controlar a dosagem aplicada para não influenciar na fertilidade do solo e na produtividade da cultura.

Por ser uma importante fonte de matéria orgânica, tende a alterar as propriedades físicas do solo, pois aumenta a taxa de infiltração e retenção de água, influenciando nos agregados do solo e reduzindo a suscetibilidade à erosão. Basicamente o resíduo é composto por todas as substâncias introduzidas na produção e transformação da cana de açúcar (glicerina, água, álcoois superiores, furfural, ácido succínico, aldeídos e acético). Em locais abertos, manifestam odores e também apresentam pH ácido (5 - 5,5). A legislação ambiental relacionada aos campos federal, estadual e municipal proíbe o lançamento direto desse efluente em rios, lagos, oceanos, ou mesmo em solos e ar, sem a devida atenção conforme exigido por lei (Legislação brasileira sobre meio ambiente, 2015).

Para o descarte correto se faz necessário o tratamento físico-químico e a normalização do produto, para ocorrer a perfeita adequação a capacidade de absorção de solos, evitando, assim, a contaminação de mananciais subterrâneos e cursos d'água. A partir de 1975 a vinhaça adquiriu valor econômico o que torna essa hipótese de agente poluidor e conseqüentemente de desequilíbrio ambiental contestada, tendo em vista os resultados obtidos e os dados/metodologia acumulados sobre o problema (ROSSETTO, 2008). A aplicação de vinhaça na lavoura como fertilizante e na irrigação, é uma prática adotada pela maioria das usinas, com tecnologia conhecida e bem definida, existindo inúmeros ensaios que comprovam os resultados positivos obtidos na produtividade agrícola associados diretamente à economia de adubos industrializados (PENATTI, 2000).

Para a formação da cultura da cana-de-açúcar é preferível solos aluvionais, onde o solo possui pH entre 7 a 7,3 (SOARES et al., 2005). Porém, segundo dados da EMATER-PR essa cultura se desenvolve com melhor eficiência em solos com pH na faixa de 5,5 a 6,5, sendo necessário fazer a correção em solos ácidos. Além disso, quando se tem uma boa preparação do solo a cultura terá um melhor rendimento. E esse fator tende a ser influenciado pelo intenso uso de mecanização,

pois é usado em todas as fases de operação agroindustrial, aumentando assim, o desgaste do solo e conseqüentemente o uso de insumos para adequar às condições de cultivo.

O vinhoto usado como fertilizante na cana de açúcar precisa obter um tratamento, pois quando utilizado sem passar por esse tratamento pode ser um grave contaminante ambiental. Então, busca-se mitigar riscos ambientais e agregar valor à biomassa são as atividades desse processo, que está relacionado ao gás metano ( $\text{CH}_4$ ) e dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), ao setor de resíduos e também ao tratamento de efluentes líquidos emitidos pela indústria sucroalcooleira jogado ao solo sem tratamento, tem como consequência a contaminação de lençóis freáticos, afeta todo o bioma, leva à morte a vida aquática e destrói lavouras. Levando a rápida decomposição microbiana da M.O. conduzindo a proliferação de moscas, tornando o ambiente insalubre e desequilibrando o ecossistema (SMEETS et al., 2008).

A desidratação ou estabilização do vinhoto, usa o calor do processo de fabricação do etanol, com a recuperação da água evaporada, em condições de temperatura e pressão próximas do ambiente, sem a necessidade de alto investimentos e conseqüentemente com mínimo custo operacional, propicia de maneira eficaz a eliminação da emissão de metano proveniente da fermentação anaeróbica do vinhoto.

### **2.3 Principais Usos e Tratamentos da Vinhaça**

Existem diversas alternativas de utilização para a vinhaça (CHRISTOFOLETTI et al., 2013), como a aplicação do vinhoto concentrado na linha de plantio e a fertirrigação deste produto não concentrado. A principal aplicação da vinhaça é como fertilizante. Segundo Eng Sánchez et al., (2021) 97% da vinhaça produzida nos engenhos brasileiros são voltadas para a fertirrigação do próprio cultivo de cana-de-açúcar a fim de fazer a reciclar dos seus nutrientes.

No passado, a vinhaça produzida por algumas indústrias alcooleiras tinha como destino o descarte em lagoas apenas com a finalidade de evaporação, entretanto este método de destinação do resíduo gerava muitos problemas que iam desde a contaminação de águas subterrâneas e de superfície, mau cheiro, até o surgimento de insetos (SILVA, 2011).

De acordo com Eykelbosh et. al. (2015), atualmente existem diversos métodos para o tratamento da vinhaça. Esses métodos variam entre o tratamento por produtos químicos como coagulação e floculação, precipitação e oxidação química; e tratamento biológico aeróbio ou anaeróbio, utilização de filtros percoladores, lagoas, disposição em aterro, entre outros.

O tratamento da vinhaça nas últimas três décadas era pouco utilizado uma vez que a indústria de etanol no Brasil regulamentou a disposição final da vinhaça especificando que esta poderia ser reciclada nos campos agrícolas (FILOSO et. al., 2015). Assim, a principal maneira de se eliminar a vinhaça era através da aplicação direta da mesma nas lavouras de cana-de-açúcar. Esta solução foi adotada principalmente devido a proliferação de flores e algas e aumento da DBO de corpos hídricos quando a vinhaça era descartada em cursos de água (CHRISTOFOLETTI et. al., 2013).

Segundo Filho et al., (2018) o processo de biodigestão anaeróbia da vinhaça e a aplicação no solo, removeu cor, turbidez e Demanda Química de Oxigênio tanto da vinhaça *in natura* como da vinhaça concentrada, melhorando o resíduo a ser descartado. Ocorreu também resposta satisfatória quanto ao pH, que imediatamente o processo de biodigestão anaeróbia se tornou mais neutro, tanto no tratamento com vinhaça como no caso da vinhaça concentrada e a fertirrigação com a vinhaça tratada influenciou positivamente, tendo uma concentração maior no solo e com menor carga orgânica que a vinhaça *in natura*.

A aplicação de vinhaça nas lavouras de cana de açúcar, bem como a aplicação da técnica de fertirrigação (irrigação dos campos com a vinhaça), é bastante difundida nas regiões canavieiras, com resultados satisfatórios em relação às alterações químicas no solo, como o aumento de matéria orgânica, pH e teores de nutrientes totais (BEBÉ et al. 2009) tendo vários estudos que comprovam os resultados positivos obtidos na produtividade agrícola, associados à economia dos adubos minerais (PENATTI, 2000), uma vez que combina fertilização e irrigação do solo.

Quando aplicada adequadamente, cerca de  $150 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  de vinhaça equivale a uma adubação de  $61 \text{ kg ha}^{-1}$  de nitrogênio,  $343 \text{ kg ha}^{-1}$  de K e  $108 \text{ kg ha}^{-1}$  de Ca (PENATTI, 2013).

Essa técnica, se utilizada adequadamente, gera claros benefícios à produção de cana, fornecendo água e nutrientes. Porém, quando utilizada de

forma indiscriminada altas doses de vinhaça podem levar à salinização do solo, contaminação de aquíferos com sais, redução do oxigênio do solo, contaminação por espécies químicas como nitratos, cloretos, chumbo, cobre e zinco, acidificação e saturação do solo de matéria orgânica e gerando variações e inconstâncias na obtenção de respostas positivas quanto a sua utilização (SEABRA, 2018).

Diversas pesquisas têm sido desenvolvidas, enfatizando a importância agrícola da irrigação com vinhaça em campos de cana-de-açúcar. Contudo, atualmente existem estudos que diagnosticam a incidência de impactos ambientais desta prática quando realizada sem controle de dosagem ou na utilização da mesma área de aplicação por longos períodos de tempo.

Os autores SILVA et al.,(2007); GIACHINI & FERRAZ, (2009) e BARROS, (2012) evidenciam que o uso da vinhaça em áreas agrícolas proporciona benefícios para o solo, pois contém na sua constituição um elevado teor de matéria orgânica e outros nutrientes necessários às plantas. O uso racional proporciona a redução dos custos com adubação e reduz o impacto ambiental.

Thereza et. al. (2012) menciona em seu estudo a utilização de membranas para concentrar vinhaça como alternativa à evaporação.

O emprego de processos químicos de tratamento da vinhaça tem sua utilização menos evidenciada quando se deseja minimizar os impactos ambientais causados pelo efluente uma vez que há, neste caso, a produção de um subproduto de tratamento ainda bastante complexo para ser destinado. Por outro lado, o emprego de técnicas biológicas de tratamento têm sido mais largamente utilizadas em razão de seus benefícios.

#### **2.4 Efeitos da vinhaça nas propriedades do solo**

A aplicação de vinhaça no solo proporciona efeitos diversos em suas propriedades, como: elevação do pH, aumento da capacidade de troca catiônica (CTC), disponibilidade de alguns íons aumentada e da capacidade de retenção de água, além da melhoria da estrutura física e atividade microbiana do solo (GLÓRIA e ORLANDO FILHO, 1983).

Em solos tratados com vinhaça, ocorre elevação do pH, principalmente em áreas cultivadas há muito tempo, observando nos primeiros dez dias após a

aplicação desse resíduo, diminuição do pH, com posterior elevação para valores superiores a sete. Tal efeito, ocorre possivelmente devido a ação dos microrganismos (ROSSETTO, 2008).

A matéria orgânica da vinhaça tem grande influência nas propriedades do solo, principalmente na química e biológica, sendo assim considerada um fator importante na produtividade agrícola. Quando incorporada ao solo, os microrganismos vão proporcionar a transformação desse material em húmus (OLIVEIRA et al., 2010; SOUZA et al., 2015), buscando a neutralização da acidez e a modificação dos agregados do solo, como também, maior disponibilidade de elementos químicos, devido às transformações bioquímicas (CUNHA et al., 1981).

Um dos nutrientes que está presente na vinhaça é o nitrogênio, prevalentemente na forma orgânica. Segundo Oliveira et al. (2010) em um experimento com diferentes doses de nitrogênio, com e sem a aplicação de vinhaça, observou-se que a aplicação de  $60\text{kg.ja}^{-1}$  com vinhaça ( $150\text{m}^3.\text{ha}^{-1}$ ) obteve maior rendimento do colmo ( $95,08\text{ Mg ha}^{-1}$ ) quando comparado ao mesmo tratamento sem aplicação de vinhaça ( $67,10\text{ Mg ha}^{-1}$ ), sem efeito deletério. Assim, na vinhaça a relação C/N é baixa, podendo ocorrer uma significativa mineralização das formas imobilizadas de nitrogênio no solo. Madejón et. al. (2001), avaliando a associação de vinhaça e outros materiais orgânicos no condicionamento do solo, observaram pequena elevação em sua salinidade, elevação no conteúdo de matéria orgânica e no nitrogênio total.

BEBÉ et al.,(2009) e BARROS et al. ,(2010) evidenciaram bons resultados na aplicação da vinhaça no solo, tendo melhoria nas propriedades químicas, principalmente dos macroelementos (Ca, K, Mg), aumento da M.O. e estabilização do pH do solo, dependendo do tipo de solo . Constatando assim, uma elevação na concentração de sais no solo, tendo potencial para ocorrer a salinização dessa área, ao longo dos anos (LYRA et al., 2003; MADEJON et al., 2001).

Em um estudo com Cambissolo, relataram que não há aumento nas concentrações de potássio, cálcio e nitrogênio (macronutrientes) e sim nos teores de ferro e cobre (micronutrientes) e nas frações de ácido fúlvicos (13%), na profundidade de 0-40cm (CANELLAS et al., 2003).

Segundo Gomes et al.,(2018) o excedente de nutrientes decorrente da

aplicação inadequada da vinhaça no solo pode beneficiar o processo de lixiviação e escoamento superficial, possibilitando a contaminação das águas superficiais e subterrâneas.

## **2.5 Fertirrigação utilizando a vinhaça**

A fertirrigação é entendida como o processo conjunto de irrigação e fertilização, utilizando a própria água para distribuir o fertilizante na lavoura. Desta forma, segundo Orlando Filho (1981), a para a irrigação com vinhaça deve ser designada, com maior propriedade, de fertirrigação, pois fornece concomitantemente água e nutrientes à planta. Assim, a fertirrigação com vinhaça, é o aproveitamento do resíduo como fertilizante, ou seja, a diluição da vinhaça na água de irrigação da cultura da cana-de- açúcar (SOUZA et al., 2015) e pode, assim, substituir parte do fertilizante mineral (POVEDA, 2014).

O método de fertirrigação adotado para as vinhaças, pode ser modificado em decorrência das particularidades, como à orografia, espaçamento, localização dos talhões e outros, que pode causar um número infinito de possibilidades, combinações e configurações para o transporte e distribuição da vinhaça. Uma situação muito encontrada é a repressão da vinhaça a níveis elevados onde é armazenada em lagoas a céu aberto, de onde é transportada para a lavoura de cana-de-açúcar por meio de canais, dutos , caminhões-tanque e rodas rodoviárias (SILVA, 2009; POVEDA, 2014).

Desta forma, para a construção do reservatório e/ou canais deve-se utilizar a geomembrana sintética impermeável (PEAD, asfalto, PVC e geotêxtil), de acordo com a norma CETESB P4.231 dez / 2006. Buscando manter o local suave e com o ritmo de produção e distribuição adequado , para a aplicação dos grãos adequados (PAREDES, 2011).

No entanto, essas membranas não suportam as altas temperaturas das borras que saem da vinícola e às vezes requerem um sistema de resfriamento. Além disso, a instalação de bombas e tubulações e a disponibilidade de frotas de caminhões e sistemas de aspersão exigem altos investimentos e custos de manutenção, que são diretamente proporcionais ao volume de borras e à superfície a ser fertilizada.

Existem vários sistemas de fertirrigação, os mais importantes dos quais são descritos abaixo. No passado, era comum para aplicações de inundação onde a

decoção diluída penetrava na parte superior da parcela, causando inundações muito heterogêneas, especialmente em solos arenosos. No início da distribuição, a planta pode ser danificada devido à alta dosagem, levando a problemas de salinidade do solo.

Outro sistema desatualizado é a aplicação por infiltração, técnica que requer preparo prévio do solo com canais e sulcos com sistematização rigorosa de acordo com a topografia e tipo de solo. A quantidade de melaço produzida por litro de etanol varia entre 7 e 15 litros. Em geral, as plantas recentemente implantadas possuem em média 7 a 10 litros de melaço fermentado por litro de etanol, enquanto as plantas antigas têm em média 10 a 15 litros de melaço por litro de etanol (SALOMON, 2007).

## **2.6 Maneiras de aplicação da vinhaça**

Os sistemas utilizados existentes para fertirrigação das lavouras de cana com líquidos, vinhaça e águas residuárias (DE SOUZA et al, 2015; SILVEIRA, 2016) são:

- Caminhão-tanque convencional: antigamente foi o mais difundido, tendo como vantagem, exigindo curto tempo para sua implantação, ou seja, basicamente basta adquirir a frota e colocá-la em operação.
- Aplicação por aspersão convencional: na aspersão são empregados o autopropelido com carretel enrolador e o sistema de montagem direta, podendo este ser alimentado a partir de caminhões ou diretamente de canais. Entretanto, apesar de obter um melhor controle na aplicação, tende a diminuir a vida útil dos aspersores e das tubulações de aço zincado ou alumínio (corrosivo).
- Aspersão mecanizada: principalmente a usando equipamento de maior resistência à corrosão como PVC, aço galvanizado e outros. A partir da montagem direta, de carretel enrolador com autopropelido, de carretel enrolador com barra irrigadora e do tipo pivô rebocável (SILVEIRA, 2016).

Com isso a vinhaça, diluída com águas residuárias ou não, pode ser aplicada por meio de sistemas de irrigação por aspersão, sendo os utilizados nas usinas e destilarias do Brasil são o sistema de montagem direta e o autopropelido com carretel enrolador .

Sistema montagem direta: constituído por um conjunto moto bomba

ligado a um aspersor tipo canhão, sendo os dois montados sobre chassis com rodas. Entretanto, esse sistema também pode ser com tubulações, buscando aumentar o espaçamento entre canais. A grande vantagem de usar essa montagem, é que possui menor custo em relação ao sistema de caminhões-tanque. Por outro lado, o maior limite é a obrigação de ter uma rede de canais alimentadores, que implica em recortes da lavoura de cana e sistematização parcial do terreno, quando a implantação não é realizada na época da reforma do canal (BAFFA et al., 2009; SILVEIRA, 2016).

Já o sistema autopropelido com carretel enrolador: é o mais propagado na atualidade nas destilarias e usinas, sendo esse introduzido com o objetivo de permutar a extensão da montagem direta de aspersão. Com a principal vantagem por ser semi-mecanizado e, logo, requer pouca mão de obra que a montagem direta (transporte e manuseio das extensões). Por outro lado, o autopropelido exige uma maior potência da motobomba e por consequência consumindo mais combustível (BAFFA et al., 2009; SILVEIRA, 2016; ).

A vinhaça produzida pela indústria sucroalcooleira utilizada na agricultura, passou por várias mudanças ao longo tempo, pois o uso contínuo da vinhaça nos mesmos solos, mesmo que em baixas dosagens, pode levar a saturação de cátions, principalmente de K (potássio), ocorrendo problemas de lixiviação e posteriormente contaminação das águas subterrâneas. tendo como alternativa para a utilização racional desse resíduo a sua estabilização e desidratação deste, entretanto, o alto custo energético da concentração da vinhaça, é talvez a sua principal restrição independentemente do processo.

Portanto, desenvolvimento e meio ambiente precisam ser interdependentes para que possa ocorrer um processo sustentável harmônico, desse modo, a procura por uma melhor qualidade vida é a aspiração de todas as populações. A mitigação dos gases do efeito estufa é realizada através da introdução de projetos que resultem na diminuição da emissão dos gases ou no aumento da neutralização de  $\text{CH}_4/\text{CO}_2$ , mediante o emprego de tecnologias mais eficientes ou ainda, substituir as fontes de energia fóssil por renováveis.

## **2.7 Uso legal da vinhaça na agricultura**

O homem tem utilizado nos últimos anos, muito os recursos naturais e em atributo disso, existe fartura de alimentos, combustíveis e tecnologia, capazes de

salvar vidas. Em contrapartida, tem ocorrido uma crescente degradação do ambiente diminuindo a biodiversidade, as fontes de água e do solo sofrendo contaminação, entre outros (SCHELP, 2005).

Há muitos anos os resíduos das atividades humanas vêm sendo utilizados na agricultura; entretanto, com seu uso cada vez mais intenso cresceu também a preocupação da população com relação à segurança ambiental de forma que vem sendo elaborada legislação para a normatização do uso desses resíduos na agricultura (ABREU JÚNIOR et al., 2005).

Ainda não se tem uma política nacional no Brasil especificamente para o uso de resíduos (Abreu Júnior et al., 2005), e legislação acerca das diretrizes para o uso da vinhaça na fertirrigação é deficiente, não havendo referências em diversos estados, como no Rio Grande do Sul (Filho e Araujo, 2016), mas já existem algumas decretos e leis que devem ser obedecidos para o uso de resíduos agroindustriais na agricultura da região; sendo assim, podem ser citado o código das águas (Decreto 24.643 de 10 de Julho de 1934) que, assim por diante, resguarda os corpos d'água contra a disposição de poluentes; o código florestal (Lei 4.771 de 15 de Setembro de 1965) que, dentre outras providências, fixa o limite mínimo de 20% de cobertura arbórea na parte Sul da região Centro Oeste.

A Lei de Crimes Ambientais (Lei 9.605, de 12 de Fevereiro de 1998), determina sanções penais a serem aplicadas em decorrência de lesão ao meio ambiente. Em casos específicos de efluentes, esta Lei determina nos artigos 33 e 54, os pontos mais importantes, em que são esclarecidas quais penas serão impostas aos infratores quando da ocorrência da morte de animais por emissão de efluentes nas águas e na ocorrência de poluição hídrica.

Existem para o caso específico da vinhoto, a Portaria do Ministério do Interior Nº. 323 de 29/11/1978, que relata, a partir da safra 1979/1980, fica proibido o lançamento indireto ou direto, da vinhaça, em qualquer coleção hídrica, pelas destilarias de álcool que venham a se instalar ou instaladas no País.

A Lei Nº. 7.960, de 21/12/89, dispõe sobre a prisão temporária para crime de poluição da água potável, dentre outros; o Decreto Lei Nº. 1.413, de 14/08/75, que estabelece sobre o controle da poluição do meio ambiente ocasionada por atividades industriais; a Portaria do Ministério do Interior Nº. 124, de 20/08/80, que baixa normas no tocante à prevenir a poluição hídrica, para a localização de construções, indústrias ou estruturas com potencial poluidor e para dispositivos de

proteção.

A resolução do CONAMA nº. 357, de 17 de março de 2005, expõe a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, determina as condições e padrões de ajustamento de efluente e dá outras providências.

Já a Resolução CONAMA Nº 430 DE 13/05/2011 diz que os efluentes de qualquer fonte poluidora só podem ser jogados diretamente nos corpos receptores depois dos tratamentos devidos. E impõe como condições de lançamento de efluentes que o pH esteja entre 5 a 9; a temperatura tem de ser inferior a 40°C, sendo que a variação de temperatura do corpo receptor não deverá exceder a 3°C (LEGISWEB LTDA, 2011).

### **3. OBJETIVO**

#### 3.1 Objetivo Geral

A presente pesquisa, objetivou a realização de um levantamento bibliográfico sobre a aplicação dos resíduos líquidos da produção sucroalcooleira (vinhaça), na cultura da cana de açúcar.

#### 3.2 Objetivos específicos

- Fazer uma revisão de literatura do uso da vinhaça;
- Fazer uma revisão de literatura sobre o uso da vinhaça em plantações de cana-de-açúcar;
- Revisar os efeitos da vinhaça a partir da fertirrigação;

#### **4. MATERIAL E MÉTODOS**

O presente estudo foi desenvolvido a partir de uma pesquisa bibliográfica, que consistiu na busca de informações na literatura existente (artigos científicos, trabalhos de conclusão de curso, dissertações de mestrados, teses, entre outros), sobre o uso/aplicação dos resíduos líquidos da produção sucroalcooleira (vinhaça), na cultura da cana de açúcar.

De acordo Gil (2007), a pesquisa bibliográfica “[...] é elaborada a partir de material já publicado, constituído principalmente de livros, artigos de periódicos, dissertações, teses de doutorado e atualmente com material disponibilizado na Internet”. Ela constitui uma excelente técnica para fornecer ao pesquisador a bagagem teórica, de conhecimento, e o treinamento científico que habilitam a produção de trabalhos originais e pertinentes.

## **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Com o conhecimento do elevado potencial poluidor da vinhaça, bem como, sua contribuição em termos de nutrientes, ao longo dos anos vem sendo mudado o destino desse produto.

A tendência de sua utilização, contudo, é a digestão anaeróbica em reatores biológicos que, segundo estudos, reduz impactos ambientais e traz também produtos com valor agregado. Esse processo, porém, necessita ainda de melhorias para diminuir os tempos de retenção em plantas de grande escala. Por outro lado, as legislações relacionadas à aplicação da vinhaça não acompanharam os estudos e descobertas, encontrando-se ainda insuficientes.

Apesar da grande quantidade de vinhaça produzida todos os dias no território brasileiro, esse resíduo não recebe ainda a atenção necessária de acordo com os riscos que impõe e o potencial que apresenta.

A utilização da vinhaça na agricultura, e suas contribuições benéficas ao solo são relevantes, tanto do ponto de vista econômico, agrônomo e social. Nas lavouras canavieiras o uso racional desse resíduo proporciona elevação da produtividade, que ocorre com mais intensidade em regiões mais secas com solos mais pobres.

Isso inclui a economia de fertilizantes químicos e a crescente preocupação da sociedade de que esse material altamente poluente possa levar ao risco de cursos d'água superficiais (rio, lago, nascente e várzea) e infiltração do nível do lençol freático.

A fertirrigação com vinhaça além de aumentar a produtividade da cana de açúcar, contribui para maior longevidade do canavial, melhoria na brotação de soqueiras, fornecimento de nutrientes e economia na adubação química da cultura.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU JÚNIOR, C. H.; BOARETTO, A. E.; MURAOKA, T.; KIEHL, J. C. Uso agrícola de resíduos orgânicos potencialmente poluentes: propriedades químicas do solo e produção vegetal. *Tópicos Especiais em Ciência do Solo*, Viçosa, v.4, p.391-470, 2005.

BAFFA, D. C. F.; FREITAS, R. G. de; BRASIL, R. P. C. do. O USO DA VINHAÇA NA CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR. **Nucleus**, Edição Especial 2009.  
DOI:10.3738/1982.2278.92

BARROS, R. P. Diversidade de fungos em um vertissolo com adição de vinhaça na cultura de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*). *Revista Uniabeu*, v. 5, n. 10, p. 181-196, 2012. Disponível em:<  
[http://www.uniabeu.edu.br/publica/index.php/RU/article/view/381/pdf\\_208](http://www.uniabeu.edu.br/publica/index.php/RU/article/view/381/pdf_208)>.

BARROS, R. P.; VIÉGAS, P. R. A.; SILVA, T. L.; SOUZA, R. M.; BARBOSA, L.; VIÉGAS, R. A.; BARRETTO, M. C. V.; MELO, A. S. Alterações em atributos químicos de solo cultivado com cana-de-açúcar e adição de vinhaça. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 40, n. 3, p. 341-346, 2010.

BEBÉ, F. V.; ROLIM, M. M.; PEDROSA, E. M. R.; SILVA, G. B.; OLIVEIRA, V. S. Avaliação de solos sob diferentes períodos de aplicação de vinhaça. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, n. 6, p. 7810787, 2009.

CAIXETA, Larissa de B. et al. Efeito da fertirrigação com vinhaça na distribuição espacial de fitonematóides em solo cultivado com cana-de-açúcar. In: JORNADA DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO, 10, 2010, UFRPE. **Anais...** Recife, PE: UFRPE, 2010.

CANELLAS, L. P.; VELLOSO, A. C. X.; MARCIANO, C. R.; RAMALHO, J. F. G. P.; ROUMJANEK, V. M.; REZENDE, C. E.; SANTOS, G. A. Propriedades químicas de um Cambissolo cultivado com cana de açúcar, com preservação de palhico e adição de vinhaça por longo tempo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa**, v.27, n. 5, p.935-944, 2003.

CASAGRANDE, A. A; VASCONCELOS, A.C. Fisiologia da parte aérea. In: DINARDO- MIRANDA, L.L.; VASCONCELOS, A.C.M.; LANDELL, M.G.A. Cana de açúcar. Campinas: Instituto Agrônomo, 2008, 882p.

CHEAVEGATTI-GIANOTTO, A.; ABREU, H.M.C.; ARRUDA, P.; BESPALHOK FILHO,

J.C; BURNQUIST, W.L.; CRESTE, S.; DI CIERO, L.; FERRO, J.A.; FIGUEIRA, A.V.O.; FILGUEIRAS, T.S.; GROSSI-DE-SÁ, M.F.; GUZZO, E.C.; HOFFMANN, H.P.; LANDELL, M.G.A.; MACEDO, N.; MATSUOKA, S.; REINACH, F.C.; ROMANO, E.; SILVA, W.J.; SILVA FILHO, M.C.; ULINA, E.C. Sugarcane (*Saccharum X officinarum*): a reference study for the regulation of genetically modified cultivars in Brazil. **Tropical Plant Biology**, California, v. 4, n. 1, p. 62-89, mar. 2011.

CHRISTOFOLETTI, C. A.; ESCHER, J. P.; CORREIA, J. E.; MARINHO, J. F. U.; FONTANETTI, C. S. Sugarcane vinasse: environmental implications of its use. *Waste Manag.* v. 33, p. 2752-2761, 2013.

Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira de cana- de-açúcar. v. 6, Brasília:**Conab**, 2020.

CORTEZ, L.A.B. FREIRE, W.J. ROSILLO-CALLE, F. Biodigestion of Vinasse in Brazil. *International Sugar Journal*, v.100, n. 1196, 1998.

CUNHA, R. C. A.; COSTA, A. C. S.; MASET FILHO, B.; CASARINI, D. C. P. Effects of irrigation with vinasse and dynamics of its constituents in the soil: I - physical and chemical aspects. *Water Science Technology*, v.19, n.8, p.155-165, 1981.

ENG SÁNCHEZ, F. et al. Value-added soluble metabolite production from sugarcane vinasse within the carboxylate platform: An application of the anaerobic biorefinery beyond biogas production. *Fuel*, v. 286, n. September 2020, 2021.

EYKELBOSH, A. J.; JOHNSON, M. S.; COUTO, E. G. Biochar decreases dissolved organic carbon but not nitrate leaching in relation to vinasse application in a Brazilian sugarcane soil. *J. Environ. Manage.* v. 149, p. 9 - 16, 2015.

FIGUEIREDO, P. Breve histórico da cana-de-açúcar e do papel do Instituto Agrônomo no seu estabelecimento no Brasil. In: DINARDO-MIRANDA, L.L.; VASCONCELOS, A.C.M.; LANDELL, M.G.A. *Cana-de-açúcar*. Campinas: **Instituto Agrônomo**, 2008, 882p.

FILOSO, S.; CARMO, J. B. d.; MARDEGAN, S. F.; LINS, S. R. M.; GOMES, T. F.; MARTINELLI, L. A. Reassessing the environmental impacts of sugarcane ethanol production in Brazil to help meet sustainability goals. *Renew. Sustain. Energy Rev.* V. 52, p. 1847-1856, 2015.

FILHO, R. DE C.; VARESCHINI, D. T.; GIMENES, M. L.; GUIMARÃES, S. C.; GONÇALVES, B. M. Avaliação da fertirrigação com vinhaça tratada em biodigestores anaeróbios. Encontro Técnico AESABESP, 29° Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente, 2018.

Filho, F. E. F., Araujo, G. J. F. (2016) Normativos federais, estaduais reguladores da destinação da vinhaça no Brasil: uma proposta de nova abordagem. **Revista de Administração, Contabilidade e Economia da Fundace**, 7(3), 146-160.

FREIRE, W. J.; CORTEZ, L. A. B. **Vinhaça de cana de açúcar**. Guaíba:

Agropecuária, 2000. GIL, A. Como elaborar projetos de pesquisa. São Paulo: Atlas, 2007

FONTANETTI, C.S.; BUENO, O.C. **Cana-de-açúcar e seus impactos: uma visão acadêmica**. Bauru, SP: Canal 6, 2017.

GIACHINI, C. F.; FERRAZ, M. V. Benefícios da utilização de vinhaça em terras de plantio de cana-de-açúcar-revisão de literatura. Revista Científica Eletrônica de Agronomia, ano VII, n. 15, p. 1-5, 2009.

GIL, A. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2007.

GLÓRIA, N. A.; ORLANDO FILHO, J. Aplicação de vinhaça como fertilizante. São Paulo: Coopersucar, 1983. 38p.

Legislação brasileira sobre meio ambiente [recurso eletrônico] : qualidade ambiental / organização: Roseli Senna Ganem ; textos: Ilidia da Ascensão Garrido Martins Juras, Roseli Senna Ganem. – Brasília : Câmara dos Deputados, Edições Câmara, 2015.

281 p. – (Série legislação ; n. 185).

LEGISWEB LTDA, 2011. Resolução CONAMA Nº 430 DE 13/05/2011. Disponível em:<<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=114770>>Acesso em: 06 de dez. de 2021.

LIMA FILHO, O. F. História e uso do silicato de sódio na agricultura. Dourados: **Embrapa Agropecuária Oeste**, 2009. 112 p.

LYRA, M. R. C. C.; ROLIM, M. M.; SILVA, J. A. A. Topo sequência de solos fertirrigados com vinhaça: contribuição para a qualidade das águas do lençol freático. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.7, n.3, p.525-532, 2003.

MADEJÓN, E.; LOPEZ, R.; MURILLO, J. M.; CABRERA, F. Agricultural use of three (sugar- beet) vinasse composts: effect on crops and chemical properties of a Cambisol soil in the Guadalquivir river valley (SW Spain). Agriculture, Ecosystems and Environment, v. 84, n.1, p.55-65, 2001.

MOZAMBANI, A.E.; PINTO, A.S.; SEGATO, S.V.; MATTIUZ, C.F.M. História e morfologia da cana de açúcar. In: SEGATO, S.V.; PINTO, A.S.; JENDIROBA, E.; NOBREGA, J.C.M.

Atualização em produção de cana-de-açúcar. Piracicaba: CP, 2006, 415p

NASCIMENTO, Cristine L. do. **Avaliação econômica do aproveitamento do vinhoto concentrado como fertilizante**. 2003. 87f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-

Graduação em Ciências de Engenharia, Universidade Estadual do Norte Fluminense, RJ, 2003.

NETO, A. E. **Estado da arte da vinhaça**. UNICA. [S.l.]. 2016.

OLIVEIRA, B.G., **Vinhaça da cana-de-açúcar: fluxos de gases de efeito estufa e comunidades de archaea presente no sedimento do canal de distribuição**. Dissertação de Mestrado, ESALQ, Piracicaba, 2010.

OLIVEIRA, V. S.; ROLIM, M. M.; VASCONCELOS, R. F. B.; COSTA, Y. D. J.; PEDROSA, E.M.R. Compactação de um Argissolo Amarelo Distrocoeso submetido a diferentes manejos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 9, p. 914-920, 2010.

ORLANDO FILHO, J. **Sistema de aplicação de vinhaça em cana-de-açúcar**. Revista Álcool & Açúcar. v.1, n.1, p.28-36, 1981.

PRADO, E. A. F., et al. 2014a. Índice de dispersão de agregados de um Latossolo Vermelho distroférico cultivado com cana sob aplicação de vinhaça. *Semina: Ciências Agrárias* 35: 2347-2356.

PAULINO, J.; ZOLIN, C. A.; BERTONHA, A.; FREITAS, P. S. L.; FOLEGATTI, M. V. Estudo exploratório do uso da vinhaça ao longo do tempo. II Características da cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.15, p.244-249, 2010.

PAREDES, D. S.; LESSA, A. C. R.; SANT'ANNA, S. A. C.; BODDEY, R. M.; URQUIAGA, S.; ALVES, B. J. R. Nitrous oxide emission and ammonia volatilization induced by vinasse and N fertilizer application in a sugarcane crop at Rio de Janeiro, Brazil. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.* V. 98, p. 41-55, 2014.

PENATTI, C. P. e DONZELLI, J. L. **Uso da Vinhaça na Lavoura de Cana-De-Açúcar**. Relatório Técnico, CTC - Centro de Tecnologia Coopersucar, COPERSUCAR, Piracicaba, SP, 2000.

PENATTI CP. 2013. **Adubação da cana-de-açúcar: 30 anos de experiência**. 1.ed. Piracicaba. Itu: Ottoni Editora. 347p.

POVEDA, M. M. R. **Análise econômica e ambiental do processamento da vinhaça com aproveitamento energético**. Dissertação de Mestrado em Ciências. Programa de Pós- Graduação em Energia. São Paulo- SP, 2014.

RAMOS, E. A. P. **Comportamento da cana de açúcar, cultivar SP79-1 011, submetida a diferentes épocas de plantio em duas condições edafoclimáticas**. 2006. 63 f. Dissertação de (Mestrado) - Areia: PB, 2017.

RESENDE, A. S., et al. 2006. Efeito da queima da palha da cana-de-açúcar e de aplicações de vinhaça e adubo nitrogenado em características tecnológicas da cultura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 30: 937-941.

RIPOLI, T.C.C.; RIPOLI, M.L.C.; IDE, B.Y. **Plantio de cana-de-açúcar**: Estado da arte, Piracicaba, T.C.C. Ripoli, 2006, 216p.

ROSSETTO, A. J. Utilização agrônômica dos subprodutos e resíduos da indústria açucareira e alcooleira. In: Paranhos, S.B. (ed.). *Cana de açúcar: cultivo e utilização*. Campinas:Fundação Cargill, 1987, v.2, p.435-504.

ROSSETTO, R. A Cana de açúcar e a questão ambiental. In: MIRANDA, L. L. D.; VASCONVELOS, A. C. M.; LANDELL, M. D. A. *Cana de açúcar*. Campinas: **Instituto Agrônomo**, 2008.

SALOMON, K. R. Avaliação técnico-econômica e ambiental da utilização do biogás proveniente da biodigestão da vinhaça em tecnologias para geração de eletricidade. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica). Instituto da Engenharia Mecânica da Universidade Federal do Itajubá. 247f. 2007.

SCHELP, D. A cegueira das civilizações. *Veja*, v.38, n.36, p.102-108, 2005.

SEABRA, J. E. A. Avaliação técnico-econômica de opções para o aproveitamento integral da biomassa de cana no Brasil. Tese (Doutorado em Planejamento de Sistemas Energéticos), Escola de Engenharia, Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2008.

SEGATO, S.V.; MATTIUZ, C.F.M.; MOZAMBANI, A.E. Aspectos fenológicos da cana de açúcar. In: SEGATO et al. (ed.). *Atualização em produção de cana de açúcar*. Piracicaba, 2006a. 415p.

SILVA, V. L. da. Estudo econômico das diferentes formas de transporte de vinhaça em fertirrigação na cana-de-açúcar. 2009. 54f. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Estadual Paulista, Jabotacabal, SP, 2009. Disponível em: < <http://acervodigital.unesp.br/handle/123456789/36984>>. Acesso em: 13 nov. 2011.SILVA, M. A. S. DA; GRIEBELER, N. P.; BORGES, L. C. 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://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662007000100014>>. doi: 10.1590/S1415-43662007000100014.

SILVA, A.; ROSSETTO, R.; BONNECINE, J.; PIEMONTE, M.; MURAOKA,T. Net and Potencial Nitrogen Mineralization in Soil with Sugarcane Vinasse. *Sugar tech*. n.15,

v.2, p.159-164, 2013a. Disponível em: . doi:10.1007/s12355- 012-0199-0.

SILVEIRA, R. N. C. M. Manejo e cuidados no uso da vinhaça na fertirrigação / Renata Nayara Câmara Miranda Silveira. - Fortaleza: **INOVAGRI/IFCE**, 2016. 37p.: il. ; 27cm.

SMEETS, E.; JUNGINGER, M.; FAAU, A.; WALTER. A.; DOLZAN, P.; TURKENBURG, W. The sustainability of Brazilian ethanol - An assessment of the possibilities of certified production. **Biomass and Bioenergy**. n. 32, p. 781-813, 2008

SMIT, M.A.; SINGEL, A. The response of sugarcane canopy development to water stress. **Field Crops Research**, v.98, p.91-97, 2006.

SOARES, J. L. N. et al,. Alteração física e morfológica em solos cultivados com citros e cana-de-açúcar, sob sistema tradicional de manejo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v3, 2005.

SOUZA, J.K.C de; MESQUITA, F. de O.; neto, J.D.; SOUZA, M.M.A. de. FARIAS, C.H. de A.; MENDES, H.C.; NUNES, R.M. de A. Fertirrigação com vinhaça na produção de cana-de-açúcar. **AGROPECUÁRIA CIENTÍFICA NO SEMIÁRIDO – ISSN 1808-6845**. V. 11, n. 2, p. 7-12, abr - jun, 2015.

THEREZA, M.; SANTOS, D. M.; VIOTTO, L. A. Concentration of vinasse using membrane filtration processes, *J. Agric. Sci. Technol. B* 2, p. 875–886, 2012. **ÚNICA** (2002). Informação ÚNICA. Ano 5, Nº.46, março/abril de 2002.

ZAMBELLO JR., E; ORLANDO FILHO, J. Efeito residual da adubação fosfatada em soqueiras de cana de açúcar. **Revista STAB**, São Paulo, SP, v. 4, n.12, p. 31-36, jan. 1981.