

Jânio Kleiber Camelo de Souza^{1*}

Francisco de Oliveira Mesquita²

José Dantas Neto³

Márcia Maria Araújo de Souza⁴

Carlos Henrique de Azevedo
Farias⁵

Hérick Claudino Mendes⁶

Rafaela Mendes de Andrade
Nunes⁷

*Autor para correspondência

Recebido para publicação em 15/08/2014. Aprovado em 01/08/2015.

¹Engenheiro Agrônomo, mestre em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Campina Grande. janioagronomo@yahoo.com.br

²Doutorando do Programa de Pós Graduação em Manejo de Solo e Água, UFERSA, Mossoró-RN. mesquitaagro@yahoo.com.br

³Professor associado IV do departamento de Engenharia agrícola da Universidade Federal de Campina Grande. zedantas@deag.ufcg.edu.br

⁴Mestre em Engenharia Agrícola. agromarcia2@gmail.com

⁵Dr. em Recursos Naturais pela Universidade Federal de Campina Grande. Carlos.henrique@miriri.com.br

⁶Aluno de graduação em engenharia agrícola e ambiental - UFERSA. herickclaudino@hotmail.com

⁷Aluno de graduação em engenharia agrícola e ambiental - UFERSA. rafaela@yahoo.com.br



Fertirrigação com vinhaça na produção de cana-de-açúcar

RESUMO

Na década de 50 a 60, o setor açucareiro iniciava um grande avanço economicamente. A utilização da vinhaça através da fertirrigação é uma das práticas mais importantes em sistemas agrícolas canavieiros, pois se trata do uso de forma racional da fertirrigação em solos agricultáveis, dando assim uma destinação correta a este produto. A partir dessa destinação correta do efluente gerado, começaram a ser feitos estudos, e assim tornou-se possível a enumeração dos benefícios trazidos até a cultura da cana-de-açúcar. O objetivo deste trabalho é fazer um levantamento das informações sobre a aplicação dos resíduos líquidos na produção sucroalcooleira (vinhaça) e na cultura da cana-de-açúcar. Tendo como base a dosagem padronizada, pode-se então, gerar um calendário mensal de aplicação da vinhaça nos canaviais evitando excessos e reduzindo custos com adubação e irrigação nas áreas. Adotar um padrão de dosagem, volume, ciclo de aplicação, manutenção agrícola e monitoramento contínuo, que contemplará as variações climáticas e geológicas que a cultura abrange na região. Concluiu-se que o uso agrícola da vinhaça e os seus benefícios oriundos do solo são indiscutíveis, tanto do ponto de vista agrônomo e econômico, quanto social. O benefício imediato decorrentes do uso racional desse resíduo nas lavouras canavieiras se dá pelo aumento da produtividade, que ocorre com mais intensidade em solos mais pobres e em regiões mais secas.

Palavras-chave: *Sacharum officinarum* L.; geração de resíduos; gerenciamento de efluentes.

Fertirrigation with vinasse on the production of sugarcane

ABSTRACT

In decade of 50's and 60's, the sugar sector began a major advance economically. The utilization of vinasse through of the fertirrigation it's a one of the most important practices in sugarcane farming systems, because process it's of rational use of the fertigation in soils fertile, thus giving a correct destination of this product. From this correct destination of effluent generated, began to be made studies, and so it make it possible the enumeration of the benefits brought by the culture of sugarcane. The objective of this study is to do survey of information on the application of liquid waste in sugarcane production (vinasse) and in cultivation of sugarcane waste. Having as based the standard dosage, then one can, generate a monthly calendar of vinasse application in the sugarcane avoiding the excesses and costs reducing with fertilizer and irrigation areas. Adopting a standard dosage, volume, cycle of application, farm maintenance and continuous monitoring, which will contain the geological and climatic variations that culture encompasses in the region. It was concluded that the agricultural use of vinasse and its benefits derived of soil are indisputable, both from the point of view agronomic and economic, as social. The immediate benefit resulting from the rational use of this residue in the sugarcane plantations occurs by increasing productivity that occurs more intensively in poorer soils and in drier regions.

Key-words: *Sacharum officinarum* L.; waste generation, effluent management.

INTRODUÇÃO

A utilização agrícola da vinhaça produzida pela indústria sucroalcooleira passou por inúmeras mudanças ao longo dos anos, pois a utilização contínua da vinhaça nos mesmos solos, mesmo que em dosagens baixas, pode gerar a saturação de cátions principalmente de potássio, ocasionando problemas de lixiviação e posterior contaminação das águas subterrâneas. Alternativa para a utilização racional desde resíduo seria a sua desidratação correta e estabilização deste, entretanto, o alto custo energético da concentração da vinhaça, independentemente do processo, é talvez a sua principal restrição (JUNQUEIRA et al., 2009; BARBOSA et al., 2012).

O Brasil é o maior produtor e exportador de cana-de-açúcar (*Sacharum officinarum* L.) do mundo. A Conab estima que a produção de açúcar na safra 2010/2011 atinja 38,1 milhões de toneladas, sendo que na safra passada a produção atingiu 33 milhões de toneladas. Segundo projeção do Ministério da Agricultura, desse total, 11,1 milhões serão destinados ao consumo interno. Já a produção de álcool deve totalizar 28,4 bilhões de litros, sendo 20,2 bilhões do tipo hidratado, e 8,2 bilhões do anidro (CONAB, 2012).

A adoção da irrigação no cultivo da cana-de-açúcar proporciona melhorias no ambiente de produção (CARR & KNOX, 2011), resultando em aumentos na produção de colmos e de açúcar (DALRI & CRUZ, 2008). Por outro lado, a agricultura irrigada é consumidora de grandes quantidades de água; segundo dados da ANA (2011) a agricultura brasileira consome aproximadamente 69% de toda a água utilizada no País; desta forma, a busca por métodos de irrigação mais eficientes no uso da água se faz imprescindível para a obtenção de ambientes produtivos mais sustentáveis.

Quando utilizada via fertirrigação na nutrição complementar à fertilização mineral no cultivo da cana-de-açúcar, a vinhaça proporciona aumentos na produção de colmo resultando, em alguns casos, em aumento no rendimento de açúcar total recuperável (OLIVEIRA et al., 2009).

Oliveira et al. (2009), verificaram, aplicando diferentes doses de vinhaça provenientes de alambique, com e sem complementação de nitrogênio, que a aplicação de 150 m³ ha⁻¹ de vinhaça complementada com 60 kg ha⁻¹ de N, proporcionou maior rendimento de colmo (95,08 Mg ha⁻¹) quando comparado com o rendimento dos tratamentos sem aplicação de vinhaça (67,10 Mg ha⁻¹). Esses autores, porém, não observaram efeito deletério, como redução no teor de sacarose e da aplicação da vinhaça na qualidade tecnológica da cana-de-açúcar.

Neste sentido, a pesquisa visa fazer um levantamento da aplicação dos resíduos líquidos da produção sucroalcooleira (vinhaça), na cultura da cana-de-açúcar.

FABRICAÇÃO E UTILIZAÇÃO DA VINHAÇA NA AGRICULTURA

A vinhaça é um subproduto da agroindústria alcooleira resultante da produção de álcool (etanol). Inicialmente, têm-se os mostos que são os líquidos susceptíveis à fermentação, uma vez fermentando passam a constituir os vinhos. Destilando-se os vinhos, recupera-se o álcool produzido pela fermentação alcoólica na forma de um líquido alcoólico denominado flegma, de concentração variável, restando um resíduo que é a vinhaça. O constituinte principal da vinhaça é a matéria orgânica, basicamente sob a forma de ácidos orgânicos e, em menor quantidade, por cátions como K, Ca, e Mg (CAIXETA et al., 2010).

A vinhaça, ou vinhoto, antigamente vista como poluidora, hoje tem grande valor econômico. O Programa Nacional de Melhoramento da Cana-de-açúcar (Planal sacar), de Alagoas, desenvolveu estudos da sua composição química e verificou que a matéria orgânica expressa em carbono livre é seu principal componente; entre os elementos minerais, o potássio aparece com destaque. Estas duas características viabilizaram seu emprego na própria lavoura da Cana-de-Açúcar como importante fertilizante (NASCIMENTO, 2003). A vinhaça é diluída na água de irrigação da cultura da Cana-de-Açúcar, constituindo moderno processo de irrigação chamado de fertirrigação.

A fertirrigação da vinhaça nos canaviais foi intensificada a partir das proibições de despejo desse subproduto nos cursos d'água. Além disso, essa prática de aplicação de vinhaça *in natura* ganhou espaço uma vez que requeria pouco investimento, baixo custo de manutenção, não envolvia o uso de tecnologia complexa e possibilitava uma rápida eliminação de grandes quantidades desse material (ELIA NETO apud DINARDO-MIRANDA et al., 2008). A partir de então, alguns estudos indicaram a ação benéfica dessa prática em relação à recomposição de algumas propriedades químicas do solo. Por se tratar de um método barato e de melhor eficiência na eliminação desses resíduos, a dosagem de vinhaça aplicada por fertirrigação deve ser controlada.

Outros nutrientes presentes na vinhaça são: nitrogênio, enxofre, cálcio, magnésio e micronutrientes essenciais às plantas (Tabela 2). Além disso, é importante fonte de matéria orgânica, que altera as condições físicas do solo, aumentando a taxa de infiltração e retenção de água, contribuindo na formação de agregados e reduzindo a suscetibilidade a erosão. Ao longo do tempo, a sua incorporação constante proporciona considerável ganho de produtividade. Na Europa e em outros países é muito difundido o uso da vinhaça na produção de levedura forrageira, onde é utilizada como única fonte de carbono, também é possível obter adubos potássico a partir da vinhaça.

Tabela 1- Composição química da vinhaça

DESCRIÇÃO	Concentrações			Padrão L.álcool
	Mínimos	Média	Máximos	
Dados do Processo				
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 ³ /dia)	530,00	1908,86	4128,00	
Caracterização da vinhaça:				
pH	3,50	4,15	4,90	
Demanda Bioquímica Oxigênio (DBO ₅) (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 ₂ O ₃)	18,00	25,17	200,00	0,27g
Fósforo Total (mg/l P ₂ O ₄)	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 ₂ O)	8,00	2034,89	3852,00	21,21g
Sódio (mg/l Na)	790,00	51,55	220,00	0,56g
Sulfato (mg/l SO ₄)	5,00	1537,66	2800,00	16,17g
Sulfito (mg/l SO ₄)	0,70	35,90	153,00	0,37g
Zinco (mg/l ZnO)	0,10	1,70	4,60	0,02g
Etanol-CG (ml/l)	2,60	0,88	119,00	9,1ml
Glicerol (ml/l)	114,01	5,89	25,00	62,1ml
Levedura (base seca) (mg/l)		403,56	1500,15	44,1g

Fonte: <http://www.apta.sp.gov.br/cana/anexos>

Esse resíduo é composto basicamente por todas as substâncias introduzidas na produção e transformação da cana-de-açúcar (água, glicerina, álcoois superiores, aldeídos, ácido succínico e acético), com exceção de açucare etanol. Especificamente, apresenta composição química bastante variada tais como: nitrogênio, fósforo, potássio, óxidos, sulfatos substâncias estas, necessárias à recomposição dos solos agrícolas da agroindústria (SILVA, 2009).

Para o descarte ideal é necessário o tratamento físico-químico e a normalização do produto, para ocorrer a perfeita adequação à capacidade de absorção de solos, evitando, assim, a contaminação de cursos d'água e mananciais subterrâneos. O valor econômico que a vinhaça adquiriu a partir de 1975 torna essa hipótese de agente poluidor. O principal destino do vinhoto é sua utilização como fertilizante na lavoura de cana-de-açúcar sendo considerado com um grave contaminante ambiental, quando utilizado sem prévio tratamento.

Mitigar riscos ambientais e agregar valor a biomassa são as atividades desse processo, que está relacionado ao

gás metano (CH₄) e dióxido de carbono (CO₂), ao setor de resíduos e também ao tratamento de efluentes líquidos emitidos pela indústria sucroalcooleira. Lançado ao solo sem tratamento apresenta como consequência a contaminação de lençóis freáticos, afeta todo o bioma, destrói lavouras e leva à morte a vida aquática. Ainda, propicia a rápida decomposição microbiana da matéria orgânica, que conduz a proliferação de moscas, tomando o ambiente insalubre e desequilibrando o ecossistema (BROUYÈRE et al., 2004; CASTRO, 2007).

O processo de estabilização do vinhoto, ou seja, a desidratação usando 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 elevado investimentos e consequentemente com baixo custo operacional, propicia de maneira eficaz a eliminação da emissão de metano proveniente da fermentação anaeróbica do vinhoto (GLÓRIA et al., 2003).

A contribuição do emprego da tecnologia citada neste processo nas agroindústrias colaborará no

desenvolvimento sustentável do país, gerando benefícios reais, mensuráveis e de longo prazo, relacionados com a mitigação da mudança do clima e no aproveitamento de nutrientes, de forma técnica e econômica.

EFEITO DA VINHAÇA NO SOLO: POLUIÇÃO X NORMAS PARA DESCONTAMINAÇÃO

Do processo de produção do álcool, resulta a vinhaça, um dos resíduos mais importantes das destilarias. Esse resíduo caracteriza-se pela elevada proporção em que é produzido (cerca de 13 vezes o volume de álcool ou de aguardente). Pelas suas características, de elevada corrosibilidade e putrefação, exige soluções que implicam quase sempre em processos de máxima complexidade e altos custos, por isso, até a década de 1970, os industriais preferiram o mais fácil, ou seja, o lançamento desses resíduos “in natura” em lagoas de acumulação ou rios, não se importando no que isso resultaria para as comunidades circunvizinhas, gerando problemas de diversas ordens, em decorrência da poluição ambiental (PENHABEL, 2010).

As consequências da ação poluidora da vinhaça no meio ambiente são dramáticas e podem ser resumidas nas seguintes ordens: ambientais, sanitárias e econômicas. Tendo em vista essa problemática que abrange a disposição final desse resíduo gerado pelas destilarias de álcool, estudos para sua utilização na biofertilização foram amplamente desenvolvidos em primeira fase para destinação final da vinhaça, seguido do aproveitamento de seus elementos como fator de incorporação de nutrientes ao solo, e a otimização de processos de redução de custos com seu manejo (JUNQUEIRA et al., 2009).

Santos et al. (2009), enumeraram os seguintes efeitos da vinhaça no solo: a) elevação do pH; b) aumento da disponibilidade de alguns íons; c) aumento da capacidade de troca catiônica (CTC); d) aumento da capacidade de retenção de água e) melhoria da estrutura física do solo. A vinhaça deve ser vista, também, como agente do aumento da população e atividade microbiana no solo.

A adição de vinhaça, juntamente com a incorporação de matéria orgânica, pode melhorar as condições físicas do solo e promover maior mobilização de nutrientes, em função da também maior solubilidade proporcionada pelo resíduo líquido. Cruz et al. (2008), relatam que a dinâmica do nitrogênio no solo tratado com resíduos orgânicos, tal como a vinhaça, é complexa, devido às transformações bioquímicas. O nitrogênio está presente na vinhaça, predominantemente na forma orgânica, e a mineralização é a primeira transformação biológica que ocorre no solo.

Uma vez que a relação C/N na vinhaça é baixa, uma significativa mineralização das formas imobilizadas de nitrogênio no solo pode ocorrer. Contudo, Santos et al. (2009) trabalhando com 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.

Um das alternativas viáveis e econômicas para dispor esses resíduos é sua utilização na biofertilização no próprio cultivo da cana-de-açúcar. Neste contexto, deve-se realizar estudo para definição da taxa de aplicação da

vinhaça no solo, fazendo cumprir assim as exigências da legislação, através do manejo correto na aplicação da vinhaça nas áreas agrícolas, sem com isso sacrificar a área.

Para atender os parâmetros estabelecidos pela legislação, são requeridos estudos de caracterização do solo e da vinhaça, para que se definam as taxas de aplicação a serem utilizadas, não ocorrendo dessa maneira, uma saturação do solo e conseqüentemente evitando possível poluição deste, da cultura e dos mananciais, justifica essa pesquisa.

Para tanto, tornou-se necessária a adoção de medidas nas diferentes áreas de atuação fiscalizadora do poder público junto ao setor privado, visando manter e promover o equilíbrio ecológico e a melhoria da qualidade ambiental, prevenindo a degradação em todas as suas formas e impedindo ou minimizando os impactos ambientais negativos.

USO LEGAL DA VINHAÇA NA AGRICULTURA

Nos últimos anos, o homem tem utilizado, com muita veracidade, os recursos naturais e, em virtude disso, existe fartura de alimentos, combustíveis e tecnologia, capazes de salvar vidas. Em contrapartida, tem ocorrido intensa degradação do ambiente com diminuição da biodiversidade, contaminação das fontes de água e do solo, entre outros (HOSSAIN et al., 2009).

O Brasil ainda não possui uma política nacional específica para o uso de resíduos, mesmo em detrimento de algumas Leis e Decretos que devem ser obedecidos para a utilização de resíduos agroindustriais na agricultura da região; deste modo, podem ser citados o código das águas (Decreto 24.643 de 10 de Julho de 1934) que, entre outros, resguarda os corpos hídricos livres da disposição de poluentes; e 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 (ABREU JÚNIOR et al., 2005).

Para o caso específico da vinhaça existem, ainda, a 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.

Existe, ainda, a Lei de Número 9.605, de 12/02/98, que dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente; a Lei n. 7.960, de 21/12/89, que dispõe sobre a prisão temporária para crime de envenenamento de água potável, dentre outros; o Decreto-Lei n. 1.413, de 14/08/75, que dispõe sobre o controle da poluição do meio ambiente provocada por atividades industriais; a Portaria do Ministério do Interior n. 124, de 20/08/80, que baixa as normas no tocante à prevenção de poluição hídrica, para a localização de indústrias, construções ou estruturas potencialmente poluidoras e para dispositivos de proteção.

E, finalmente, a mais recente resolução do CONAMA n. 357, de 17 de março de 2005, 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. E, conforme seu § 4º, estabelece as condições de lançamento de efluentes e, no § 5º, que regulamenta padrões de lançamento de efluentes.

FORMAS DE APLICAÇÃO DA VINHAÇA NO SOLO

Os sistemas utilizados atualmente para fertirrigação das lavouras canavieiras com líquidos, vinhaça e águas residuárias existentes são:

- *Caminhão-tanque convencional e aplicação por aspersão*: na aplicação por aspersão são utilizados o sistema de montagem direta e autopropelido com carretel enrolador, podendo este ser alimentado diretamente de canais ou a partir de caminhões.

O sistema de fertirrigação com caminhões-tanque num passado recente era o mais difundido para distribuição de vinhaça. Apresenta como vantagem o curto tempo exigido para sua implantação, isto é, praticamente basta adquirir a frota e colocá-lo em operação.

Possivelmente, este fato foi determinante para sua rápida difusão nas usinas e destilarias do país. Como limitações existentes desse sistema destacam-se o agravamento dos problemas de **compactação de solos**, impossibilidade de aplicação em áreas com cana-planta, dificuldades em dias de chuva, **baixa uniformidade de distribuição** e pequena distância na qual a prática da fertirrigação é economicamente viável em comparação com a adubação mineral.

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

- *Sistema montagem direta*: consiste, basicamente, em um conjunto moto bomba acoplado a um aspersor tipo canhão, ambos montados sobre chassis com rodas. O sistema também pode ser dotado de extensões (tubulações), com o objetivo de aumentar o espaçamento entre canais, ou seja, para diminuir a quantidade de canais que atravessam os talhões de cana.

A principal vantagem do sistema de aspersão com montagem direta, quando comparado com o sistema de caminhões-tanque, é o menor **custo** por unidade de área fertirrigada. Por outro lado, a maior **limitação** é a exigência de uma rede de canais alimentadores, que implica em sistematização parcial do terreno e recortes da lavoura de cana, quando a implantação não é realizada na época da reforma do canavial.

- *Sistema autopropelido com carretel enrolador*: é o mais difundido atualmente nas usinas e destilarias, sendo o mesmo introduzido com o objetivo de substituir a extensão da montagem direta de aspersão.

A vantagem principal do **sistema** é ser **semi-mecanizado** e, portanto, requer menos **mão-de-obra** que a montagem **direta** (transporte e manuseio das extensões).

Por outro lado, o autopropelido exige maior potência da moto bomba e conseqüentemente consome mais combustível.

A utilização agrícola da vinhaça produzida pela indústria sucroalcooleira passou por inúmeras mudanças ao longo dos anos, pois a utilização contínua da vinhaça nos mesmos solos, mesmo que em dosagens baixas, pode gerar a saturação de cátions, principalmente de potássio, ocasionando problemas de lixiviação e posterior contaminação das águas subterrâneas. Uma alternativa para a utilização racional desse resíduo seria a sua desidratação e estabilização deste, entretanto, o alto custo energético da concentração da vinhaça independentemente do processo, é talvez a sua principal restrição.

Sendo assim, meio ambiente e desenvolvimento precisam ser interdependentes para que ocorra um processo sustentável harmônico, assim, a busca por uma melhor qualidade de vida é a aspiração de todas as populações. O objetivo da mitigação de gases do efeito estufa é atingido através da introdução de projetos que resultem na redução da emissão dos gases ou no aumento da neutralização de CH₄/CO₂, mediante investimentos em tecnologias mais eficientes ou ainda, substituição de fontes de energia fóssil por renovável.

CONCLUSÕES

A aplicação da vinhaça complementa a fertilidade natural do solo através da irrigação por gotejamento, onde favorece uma maior produção de colmos e posteriormente mais qualidade no produto final.

Com o advento da fertirrigação com vinhaça e conseqüentemente aumentos dos cultivos brasileiros, a produção de vinhaça é uma prática que causa uma série de problemas no meio ambiente pelo seu destino inadequado com despejo em rios.

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.

ANA - **Agência Nacional de Águas**. Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: Informe 2011. Brasília: ANA, 2011, 112p.

BARBOSA, E. A. A.; ARRUDA, F. B.; PIRES, R. C. M.; SILVA, T. J. A. Da.; SAKAI, E. Cana-de-açúcar fertirrigada com vinhaça e adubos minerais via irrigação por gotejamento subsuperficial: Ciclo da cana-planta. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v.16, n.9, p.952-958, 2012.

BROUYÈRE, S.; DASSARGUES, A.; HALLET, V. Migration of contaminants through the unsaturated zone overlying the Hesbaye chalky aquifer in Belgium: A field

- investigation. **Journal of Contaminant Hydrology**, v.72, n.1-4, p.135-164, 2004.
- 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.
- CARR, M. K. V.; KNOX, J. W. The water relations and irrigation requirements of sugarcane (*Saccharum officinarum*): **A review. Experimental Agriculture**. v.47, p.1-25, 2011.
- CASTRO, Selma Simões de et al.. **Estudo da expansão da cana-de-açúcar no estado de Goiás: subsídios para uma avaliação do potencial de impactos ambientais.** IESA/UFG, Anais, SBPC, 2007.
- CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento.** ACOMPANHAMENTO DE SAFRA BRASILEIRA: Cana-de-açúcar. Safra 2012/2013. Primeiro levantamento. Brasília: CONAB, abril/2012. http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/12_04_10_09_19_04_boletim_de_cana.pdf. 2 Mai. 2012.
- CRUZ, Juliana I. da et al. Detecção de contaminação de solo por vinhaça através de análise de dados de eletrorresistividade. **Revista Brasileira de Geofísica**. v. 26. 4. ed. p. 481-492. 2008.
- DALRI, A. B.; CRUZ, R. L. Produtividade da cana-de-açúcar fertirrigada com N e K via gotejamento subsuperficial. **Engenharia Agrícola**, v.28, p.516-524, 2008.
- ELIA NETO; NAKAHONDO. Vinhaça. In: DINARDO-MIRANDA, Leila L. et al. **Cana-de-açúcar**. Ribeirão Preto, SP: IAC, 2008.p. 298-308.
- GLÓRIA, Nadir Almeida da, et al.. **Proposta da dosagem de vinhaça a ser aplicada anualmente em solos agrícolas.** AGROSERV, Piracicaba São Paulo, 2003.
- HOSSAIN, S. M. I.; EUSUFZAI, S. U. K.; RAHMAN, M. A. Effect of different irrigation level on grown and yield parameters of sugarcane. **Pakistan Journal Agriculture Research**, v.22, p.28-35, 2009.
- JUNQUEIRA, C. A. R.; MOLINA JUNIOR, V. E.; LOSSARDO, L. F.; FELICIO, B. C.; MOREIRA JUNIOR, O.; FOSCHINI, R. C.; MENDES, R. M.; LORANDI, R. Identificação do potencial de contaminação de aquíferos livres por vinhaça na bacia do Ribeirão do Pântano, Descalvado (SP), Brasil. **Revista Brasileira de Geociências**. São Carlos, SP, v. 39, n. 3, p. 507-518, 2009.
- JUNQUEIRA, Cássia de A. R. et al. Identificação do potencial de contaminação de aquíferos livres por vinhaça na bacia do Ribeirão do Pântano, Descalvado (SP), Brasil. **Revista Brasileira de Geociências**. São Carlos, SP. 2009. v.39.3.ed. p. 507-518.
- 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.
- OLIVEIRA, E. L.; ANDRADE, L. A. B.; FARIA, M. A.; CUSTÓDIO, T. N. Vinhaça de alambique e nitrogênio na cana-de-açúcar, em ambiente irrigado e não irrigado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.23, p.694-699, 2009.
- PENHABEL, Laurence A. **Vinhaça: Bio-fertirrigação e impacto ambiental.** 2010. 8f. Dissertação (Pós graduação MBA em Gestão Sucoalcooleira) – Programa de Pós Graduação, MBA em gestão sucoalcooleira, Universidade de Lins, Lins, SP, 2008.
- SANTOS, T. M. C.; SANTOS, M. A. L.; SANTOS, C. G.; SANTOS, V. R.; PACHECO, D. S. Fertirrigação com vinhaça e seus efeitos sobre evolução e liberação de CO₂ no solo. **Caatinga** (Mossoró, Brasil), v. 22, n. 1, p.141-145, janeiro/março, 2009.
- SILVA, Vanessa 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.