



## TRATAMENTO BIOLÓGICO DA VINHAÇA COM A ADIÇÃO DE ADITIVO BIOLÓGICO

**Emilly K. R. Baptista (Bolsista); Cassiana Maria Reganhan Coneglian (Orientadora)**  
e196422@dac.unicamp.br

Faculdade de Tecnologia – FT – campus I de Limeira

**RESUMO:** A vinhaça é um efluente resultante da produção de etanol gerada em volumes significativos com potencial poluidor. As formas de manejo deste efluente têm provocado impactos ao solo quando depositada em excesso, cursos superficiais e subterrâneos de água e à atmosfera, afetando diretamente a vida humana e animal. Em vista disso, várias técnicas foram desenvolvidas em busca de soluções para o despejo adequado deste resíduo. O presente trabalho busca levantar e analisar trabalhos científicos sobre os métodos adotados para despejo e tratamento da vinhaça, mediante revisão bibliográfica. Além disso, propôs tratamento com aplicação de aditivo biológico para verificar a eficiência da degradação da matéria orgânica deste efluente por microrganismos. Na revisão da literatura observou-se que os métodos de tratamento da vinhaça têm ganhado visibilidade, mas ainda não são empregados de modo eficiente. Por isso, se faz necessário estudos de otimização e condicionantes desses procedimentos visando atender a legislação vigente e suprir os requisitos ambiental, econômico e social.

**Palavras-chave:** vinhaça, etanol, tratamento, aditivo biológico.

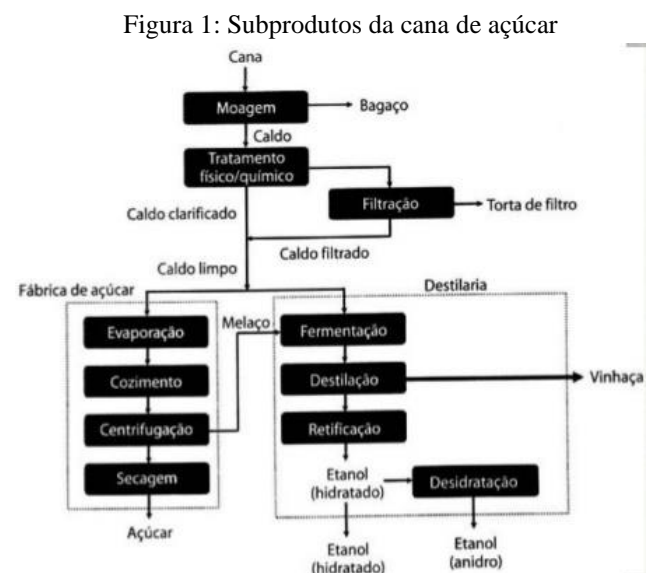
### INTRODUÇÃO

No Brasil, a indústria sucroalcooleira concentra-se na produção de etanol e açúcar para consumo interno e externo. O etanol é considerado um biocombustível por ser produzido através de biomassa renovável, como a cana de açúcar, e que substitui o uso de combustíveis derivados de petróleo.

Este combustível tem sido empregado em larga escala e, proporcional a isso, tem-se a geração de subprodutos da cana de açúcar como o bagaço, palha, vinhaça e torta de filtro. Dentre estes resíduos destaca-se a vinhaça, devido ao seu volume exorbitante e seu elevado potencial poluidor.

Na indústria, inicialmente, há a colheita e moagem da cana para extração do caldo. Em seguida, este é sujeito ao tratamento específico e origina o mosto. Com isso, o mosto sofre fermentação e posterior destilação, etapa na qual a vinhaça é gerada (Figura 1). Por fim, o produto de

interesse (etanol) é armazenado e direcionado ao uso.



A vinhaça é um fluido turvo, de caráter corrosivo, ácido, odor desagradável e de elevada temperatura ao deixar os destiladores, sendo constituída majoritariamente por matéria orgânica, mas também apresenta certos minerais como nitrogênio, potássio e cálcio. Ademais, estima-se



que para cada litro de álcool produzido nas usinas são gerados de 10 a 15 litros de vinhaça.

A quantificação da matéria orgânica deste fluido pode ser analisada pelos parâmetros de Demanda Química de Oxigênio (DQO) e Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO). Sabe-se que a vinhaça possui por volta de 21.500 mg.L<sup>-1</sup> para DQO e entre 10.000 e 12.000 mg.L<sup>-1</sup> para DBO, esses parâmetros indicam que é preciso elevada quantidade de oxigênio para que a vinhaça seja degradada em meio aquoso, se por ventura for descartada, o que pode provocar a morte da biota aeróbia pela diminuição do oxigênio dissolvido no meio.

Em vista de suas propriedades e abundância, o setor sucroalcooleiro encontra dificuldades para dispor a vinhaça. As alternativas de tratamento elaboradas visam, predominantemente, reduzir o montante de vinhaça produzido e também meios de reaproveitamento deste subproduto.

As principais formas para tratar a vinhaça se baseiam na atuação de agentes microbiológicos. Consoante a isso, utiliza-se o aditivo biológico a fim de promover a bioestimulação, mecanismo que consiste na adição de produtos químicos que estimulem os processos biológicos, e complementar o processo de tratamento.

Dentro desta temática, o presente trabalho busca averiguar a eficiência do tratamento da vinhaça com aplicação de aditivo biológico através de ensaios laboratoriais. Além disso, dedica-se à investigação dos métodos adotados para disposição e tratamento da vinhaça mediante levantamento bibliográfico.

O aditivo biológico empregado é nomeado como componente “E” e produzido pela empresa Microbiol Indústria e Comércio LDTA, localizada em Limeira-SP. O componente “E” é fabricado a partir do processo de compostagem líquida, utilizando esterco bovino e componentes minerais extraídos de rocha.

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Inicialmente, a vinhaça passou a ser descartada em corpos d’água, nomeados como lagoas de sacrifício em virtude da poluição que provoca a morte da biota aquática. Mas, ao final dos anos 70, tais práticas foram proibidas por meio das portarias MINTER n° 323 de 29/11/78 e MINTER n° 158 de 03/11/80.

Em 1984 foi criada a resolução CONAMA n° 0002/84, a qual determinou que fossem desenvolvidos estudos para controle da poluição gerada pelos produtos de destilarias e lavagem de cana de açúcar. Já em 1986, a resolução CONAMA n° 0001/86 tornou obrigatório a apresentação do plano de Avaliação de Impactos Ambientais (AIA) e o Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) para novas indústrias e ampliações sucroalcooleiras.

A Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) encarregou-se de regulamentar a disposição da vinhaça para uso agrícola por meio da norma técnica P4.231/2005, na qual são apresentados critérios e procedimentos para armazenamento, transporte e aplicação da vinhaça gerada pela atividade sucroalcooleira no processamento de cana-de-açúcar, no solo do Estado de São Paulo, em função do teor de potássio do solo (CETESB, 2005). Em dezembro de 2006 a teve algumas alterações. A revisão ora apresentada foi realizada com o intuito de aprimorá-la e torná-la atualizada.

Diante das crescentes preocupações com o meio ambiente se fez necessário reestabelecer os modos de descarte da vinhaça. Concomitantemente, os estudos de Vieira (1983), Ferreira e Monteiro (1987), e Matioli (1989) discorrem sobre as propriedades fertilizantes da deposição de vinha *in natura* no solo lavrado, a chamada fertirrigação, e apontam vantagens como a elevação do pH, disponibilidade de nutrientes,



aumento da Capacidade de Trocas Catiônicas (CTC), e a presença de matéria orgânica que colabora para estabilidade e retenção de água, dentre outros benefícios ao solo.

No entanto, os estudos de Ludovice (1997) e Lyra *et al.* (2003) exibem aspectos negativos sobre a fertirrigação, que ocorrem quando a capacidade de retenção do solo é ultrapassada. Os autores alertam para poluição de lençóis freáticos, risco de salinização, redução da qualidade de produtividade da cana em canaviais onde a vinhaça é aplicada.

Silva (2012), Moraes *et al.* (2017) e Moore *et al.* (2017) ainda apontam outros aspectos, como a emissão de Gases de Efeito Estufa (GEEs) quando a vinhaça passa a sofrer atividade anaeróbia em tanques abertos; acúmulo excessivo de potássio, risco de lixiviação dos íons ao longo do perfil do solo, desequilíbrio entre os nutrientes do mesmo tornando-o saturado e prejudicando sua capacidade produtiva.

Além disso, a vinhaça apresenta volume de produção considerável, o que dificulta seu transporte e armazenamento, sendo esse um problema crucial para as destilarias no tocante a sua destinação. A partir daí, tem-se desenvolvido novas tecnologias para disposição da vinhaça, como os métodos de concentração, biodigestão e sistemas físico-químicos.

O método de concentração, integrado a destilaria, consiste na redução do volume final da vinhaça, o que pode baratear seu transporte e beneficiar a fertirrigação. Isso porque há diminuição da liberação de GEEs; produção de água na forma de vapor, que pode ser reutilizado posteriormente, contenção da captação de água pela indústria; e diminuição do potencial poluidor de cursos d'água subterrâneos (Cruz *et al.*, 2013).

Já o método de biodigestão compreende processos biológicos para o tratamento e é caracterizado pela eficiente remoção da matéria orgânica. Seus principais produtos são o lodo, o

qual pode ser reutilizado para produção de biofertilizante e aplicação na lavoura, e o biogás, que pode ser queimado para produção de vapor utilizável ou para produção de energia se combinado com turbinas e geradores elétricos.

Alguns autores referem-se à produção de biogás como forma de recuperação energética, pois afirmam que este método, em vias anaeróbias, pode beneficiar tanto o meio ambiente quanto a economia do país uma vez que há reaproveitamento do abundante subproduto da indústria sucroalcooleira, complementação da matriz energética do país, geração de empregos, entre outros.

Ainda é possível tratar a vinhaça por sistemas físico-químicos, como adsorção, oxidação, coagulação-floculação e filtração por membranas. Consoante a isso, a investigação de Rodrigues (2016) trabalha com vinhaça pré-tratada em digestores anaeróbios e se utiliza do procedimento de coagulação-floculação.

Nesse método, há remoção significativa da carga orgânica, redução dos níveis de cor e turbidez, e a água residual proveniente pode ser reutilizada na agricultura e para fins não potáveis. No entanto, o método exige uma infraestrutura a ser construída para suportar o montante de vinhaça e o emprego de determinado coagulante em larga escala, podem encarecer o processo.

Em síntese, verifica-se que os métodos alternativos de tratamento da vinhaça ainda são recentes e pouco empregados, mas evidenciam cada vez mais a importância de se preservar e proteger o meio ambiente. Por isso, faz-se necessário o contínuo estudo e divulgação das condicionantes, viabilidades e especificações de cada método para tratar este efluente.

## METODOLOGIA



Os experimentos do estudo em questão, realizados em laboratório, foram divididos em quatro etapas, sendo elas: (1) Caracterização da amostra de vinhaça; (2) Verificação da formação de biomassa; (3) Tratamento biológico em reatores aerados e não aerados; (4) Adição do aditivo biológico e relação com o tempo.

As etapas visaram, respectivamente, identificar as características originais da vinhaça coletada, verificação da produção de biomassa por sólidos sedimentáveis, verificação da atividade microbiológica com ou sem aeração e, por fim observação do tempo ótimo para ação dos microrganismos sob a estimulação do aditivo biológico.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao decorrer das etapas do presente trabalho, os parâmetros analisados foram: Demanda Química de Oxigênio (DQO), condutividade, temperatura e pH. Além disso, nas etapas contendo sistemas de aeração instalados também foram mensurados os níveis de Oxigênio Dissolvido (OD).

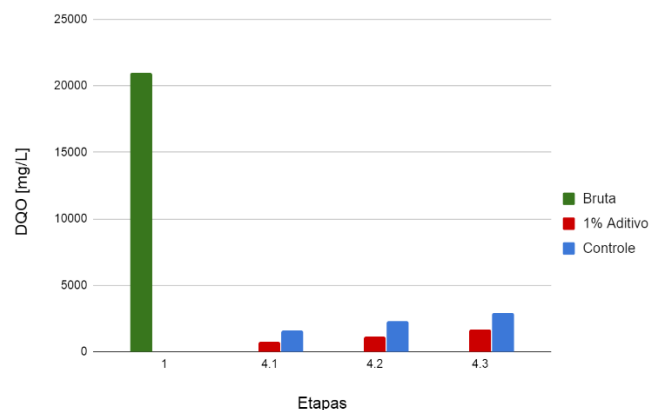
Na etapa (1) foram obtidos valores para o estado da vinhaça sem quaisquer tipos de tratamento. Para a etapa (2), quantificou-se os sólidos sedimentáveis em cone de Imhoff. No reator com 25% do volume em vinhaça, obtendo valores de 120 mL/L e no reator com 50%, 145 mL/L.

Mediante os resultados obtidos notou-se que no reator com aeração os resultados foram mais promissores para a estabilização da matéria orgânica, avaliada pela DQO. Por isso, optou-se pela aeração completa de ambos os reatores nas etapas a seguir. Na etapa 4 adicionou-se o aditivo biológico ao tratamento da vinhaça, avaliando o mesmo em 24, 48 e 72 horas.

As Figuras 2 e 3 expressam os resultados de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DQO) e pH da vinhaça, bem como sobre reatores tratados com a

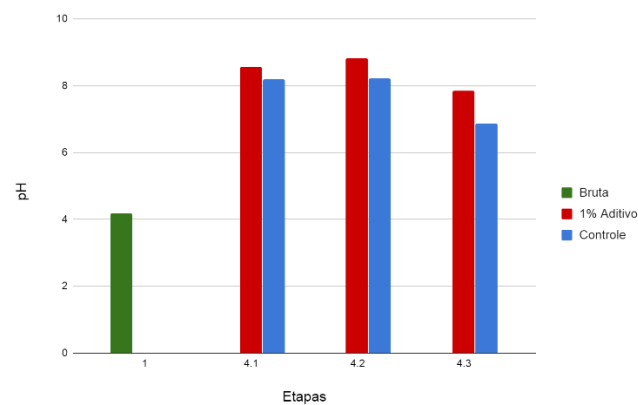
adição do componente “E”, sendo: 4.1 (72 horas), 4.2 (48 horas) e 4.3 (24 horas) de tratamento biológico nos reatores.

Figura 2: Resultados de DQO da vinhaça bruta, vinhaça tratada com 1% de aditivo “E” e sem aditivo (controle), em reatores de 6 L



Fonte: autor, 2020.

Figura 3: Resultados de pH DQO da vinhaça bruta, vinhaça tratada com 1% de aditivo “E” e sem aditivo (controle), em reatores de 6 L



Fonte: autor, 2020.

A partir dos resultados obtidos, nota-se uma diferença significativa entre a vinhaça bruta e a tratada para o parâmetro de DQO (Figura 2), indicando a redução da matéria orgânica e, portanto, a eficiência do método de tratamento. Em relação ao tempo de tratamento, observou-se que 72 horas foi o período ótimo para a ação da biota com aditivo.





Ademais, a Figura 3 expressa como o tratamento elevou o pH do meio, ou seja, o resultado é favorável visto que pH da vinhaça pode interferir no ciclo do ecossistema ao qual ela seria depositada.

Diante da revisão das diferentes tecnologias empregadas para o tratamento da vinhaça, nota-se que as concepções dos autores analisados são convergentes no quesito de relevância do potencial poluidor que este subproduto apresenta. Por isso, ressignificar o uso da vinhaça expressa a expectativa de que estas tecnologias sejam exploradas, maximizadas e adotadas com maior frequência a fim de incentivar e conscientizar a sociedade e empreendedores, e até torná-las mais acessíveis.

## CONCLUSÃO

Com a finalização deste trabalho, observa-se que é de extrema importância que esta fonte poluidora venha recebendo gradativa visibilidade. Também compreende-se que é essencial a busca por alternativas de administração da vinhaça, e de seus produtos, ponderando as vantagens e desvantagens do método a ser adotado, visando traçar objetivos sustentáveis e estabelecer conexões entre os diversos setores.

Por fim, os ensaios laboratoriais revelaram significativas alterações do pH e da DQO da vinhaça mediante o uso de aditivo biológico, e também apresentaram período de tempo ótimo para a ação dos microrganismos, de 72 horas. Desta forma, os recursos adotados no presente trabalho mostraram-se eficientes ao tratamento da vinhaça.

## REFERÊNCIAS

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. P4.231:Vinhaça – Critérios e procedimentos para aplicação no solo

agrícola. Norma técnica. São Paulo, CETESB, 17 p., 2005. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br>. Acesso em: 12 de Set. 2020.

FERREIRA, E. S.; MONTEIRO, A. O. Efeitos da aplicação da vinhaça nas propriedades químicas, físicas e biológicas do solo. Boletim Técnico. COPERSUCAR, Piracicaba, v.37, p.3-7, 1987

LYRA, M. R. C. C.; ROLIM, M. M.; DA SILVA, J. A. A. Topossequiência de solos fertigados com vinhaça: contribuição para a qualidade das águas do lençol freático. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.7, n.3, p. 525- 61 532. 2003.

LUDOVICE, M.T. **Estudo do efeito poluente da vinhaça infiltrada em canal condutor de terra sobre o lençol freático**. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia Civil Arquitetura e Urbanismo, Campinas, SP, 1997.

MATIOLI, C. S. **Aspectos técnico-econômicos e critérios básicos para otimização de sistemas de fertirrigação de lavouras canavieiras com vinhaça**. 1989. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, São Paulo, 1989.

MOORE, C. C. S.; NOGUEIRA, A. R.; KULAY, L. Environmental and energy assessment of the substitution of chemical fertilizers for industrial wastes of ethanol production in sugarcane cultivation in Brazil. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, v. 22, n. 4, p. 628-643, 2017.

MORAES, B. S.; PETERSEN, S. O.; ZAIAT, M.; SOMMER, S. G.; TRIOLO, J. M. Reduction in greenhouse gas emissions from vinasse through anaerobic digestion, *Applied Energy*, v. 189, p. 21-30, 2017.

RODRIGUES, I. J. **Adequação da vinhaça de cana-de-açúcar para reuso agrícola: avaliação de diferentes tecnologias de tratamento e potenciais impactos ambientais**. Dissertações - Geociências e Meio Ambiente (IGCE) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Rio Claro. 25 p. 2016

VIEIRA, Dirceu Brasil. **Avaliação da interceptação hidrológica e do efeito da vinhaça em cana-de-açúcar (Saccharum spp)**. Tese (livre-docência) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia de Limeira, Limeira. 1982.

## AGRADECIMENTOS

À instituição de fomento CNPQ pela consideração e incentivo à produção científica do país, bem como esta oportunidade única aos estudantes.

À professora orientadora Dra. Cassiana Coneglian, aos técnicos dos laboratórios LEMA e de Físico-química, e à Unicamp por proporcionar o ambiente de trabalho e desenvolvimento.