

## A utilização da vinhaça de alambique como biofertilizante *The use of stillage vinasse as biofertilizer*

Sergiana Ramos   
Fatec Praia Grande  
[sergiana.ramos@gmail.com](mailto:sergiana.ramos@gmail.com)

### RESUMO

Este estudo tem como objetivo demonstrar, por meio de métodos quantitativos, analisando parâmetros como os teores de sódio, potássio e cálcio, utilizando fotometria de chama e produção em escala laboratorial da fermentação com as leveduras *Saccharomyces cerevisiae*, os benefícios do uso da vinhaça, um resíduo gerado durante a produção de etanol a partir da fermentação do caldo de cana-de-açúcar (garapa). A vinhaça é um subproduto pastoso e de odor forte que sobra após a destilação fracionada do caldo fermentado. Quando aplicada na agricultura, especialmente em regiões com alta produção de cachaça artesanal, a vinhaça se apresenta como uma alternativa vantajosa para pequenos produtores agrícolas. Sua alta concentração de minerais contribui para corrigir deficiências nutricionais no solo, tornando-se uma opção acessível e eficaz de biofertilizante, especialmente para produtores de baixa renda. Além disso, seu uso adequado pode gerar benefícios ambientais ao transformar um resíduo potencialmente poluente em um recurso útil. Desde que sejam observadas as características do solo, a localização das fontes de água e os volumes aplicados, a vinhaça não apresenta impactos negativos, contribuindo de forma sustentável para a agricultura.

**PALAVRAS-CHAVE:** Vinhaça, fotometria de chama, biofertilizante, sustentabilidade, cachaça.

### ABSTRACT

*This study aims to demonstrate, through quantitative methods, analyzing parameters such as the levels of sodium, potassium, lithium, and magnesium using flame photometry and laboratory-scale fermentation with *Saccharomyces cerevisiae* yeasts, the benefits of using vinasse, a byproduct generated during ethanol production from sugarcane juice (garapa) fermentation. Vinasse is a viscous, strongly odorous byproduct left after the fractional distillation of fermented juice. When applied in agriculture, especially in regions with high production of artisanal cachaça, vinasse presents itself as an advantageous alternative for small-scale farmers. Its high mineral concentration helps correct nutritional deficiencies in the soil, making it an accessible and effective biofertilizer option, particularly for low-income producers. Furthermore, its proper use can generate environmental benefits by transforming a potentially polluting waste into a useful resource. As long as soil characteristics, water source locations, and application volumes are taken into account, vinasse does not present negative impacts, contributing sustainably to agriculture.*

**KEY-WORDS:** Vinasse, flame photometry, biofertilizer, sustainability e cachaça.

## INTRODUÇÃO

A cachaça é a segunda bebida alcóolica mais consumida no Brasil, sendo superada apenas pelo consumo de cerveja. A produção nacional é contabilizada em cerca de 1,6 bilhão de litros por ano. Entretanto, estima-se que a produção real é de aproximadamente 2,0 bilhões litros/ano, quando se considera o mercado informal do destilado (IBRAC, 2019). Existem dois modelos na produção da cachaça: o industrial, no qual se utiliza a coluna de destilação, e por alambique. Cerca de 90% da fabricação provém da indústria enquanto os 10% restantes são artesanais. Estima-se que, para cada litro de cachaça produzido, são gerados de 8 a 10 litros de vinhaça. (SEBRAE, 2017; Vieira, 2021).

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 (Junqueira *et al.*, 2009). Logo, a reutilização do resíduo de vinhaça como biofertilizante, quando realizada de forma adequada, torna-se benéfica para o meio ambiente e para os pequenos produtores de cachaça, levando em consideração os altos preços dos fertilizantes químicos.

O presente trabalho tem como objetivo demonstrar aos pequenos produtores de cachaça e derivados que a utilização da vinhaça pode beneficiar pequenas plantações e hortas, devido à sua alta concentração de minerais, quando utilizada adequadamente como biofertilizante.

## 1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 1.1 CANA – DE – AÇÚCAR

A cana-de-açúcar é uma planta semiperene, do gênero *Saccharum*, da família Poaceae, muito utilizada como mosto nos processos de fermentação para produção de cachaça, devido à sua elevada concentração de sacarose. O Brasil é o maior produtor e exportador de cana-de-açúcar (*Sacharum officinarum L.*) do mundo. A CONAB (2012) estimou que a produção de açúcar na safra 2010/2011 atingiria 38,1 milhões de toneladas, sendo que na safra anterior a produção atingiu 33 milhões de toneladas.

## 1.2 FERMENTAÇÃO

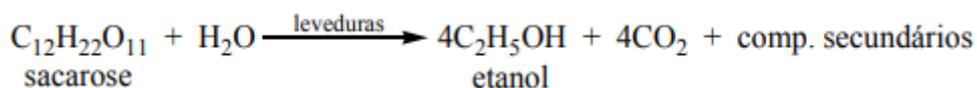
A fermentação é a segunda fase do processo, e tem papel fundamental na produção de cachaça artesanal. Em geral, a fermentação é conduzida pelo sistema de bateladas, com o aproveitamento do fermento nas várias bateladas subsequentes (Pataro *et al.*, 2002). Nessa fase, os açúcares presentes no mosto são transformados em etanol, gás carbônico e água por microrganismos, os fermentos. Na produção de cachaça, o fermento é constituído por leveduras, principalmente *Saccharomyces cerevisiae*. Dentre os metabólitos secretados pelas leveduras, o etanol é o principal composto, produzido em maior quantidade (Silva, 2003).

## 1.3 FERMENTAÇÃO ALCÓOLICA

São vários os fatores que interferem na qualidade das bebidas alcoólicas destiladas, tais como a matéria-prima, a fermentação, o método de condução do processo fermentativo, a destilação, o envelhecimento, entre outros. No entanto, as leveduras e as condições de fermentação têm sido apontadas como os fatores que mais influenciam o sabor das bebidas alcoólicas (Suomalainen & Lehtonen, 1979; Lehtonen & Jounela-eriksson, 1983). Durante o processo de fermentação alcoólica do mosto, preparado a partir do caldo de cana, as leveduras transformam os açúcares em etanol e gás carbônico como produtos principais. Porém, vários outros compostos são formados em menores quantidades, tais como ácidos orgânicos, metanol, ésteres, aldeídos e álcoois superiores (Moreira *et al.*, 2012).

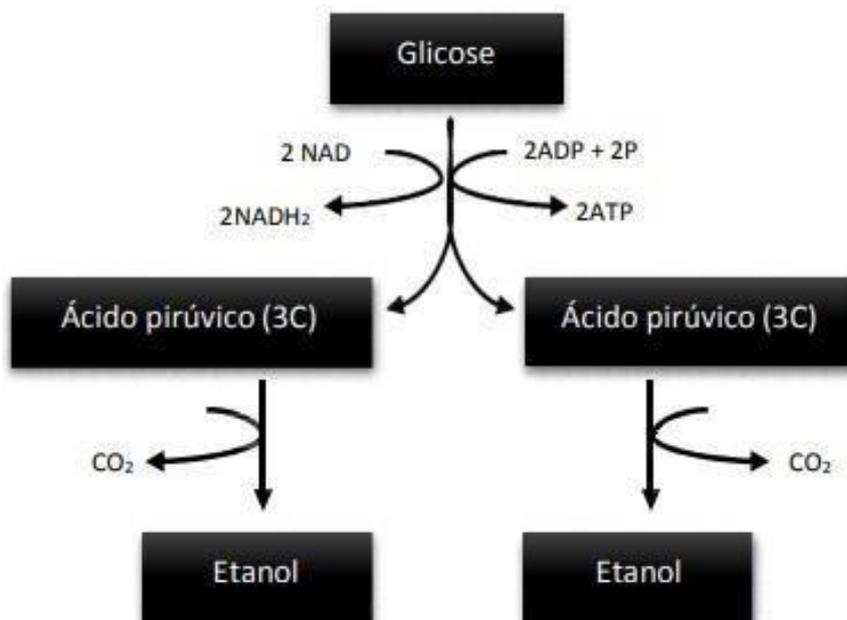
Todavia, de maneira geral, leveduras *Saccharomyces cerevisiae* de diferentes tipos de cepas são capazes de coexistir em diferentes áreas, mesmo as mais remotas, e metabolizar a glicose, obtida através da atividade catalítica da invertase sobre a sacarose presente na cana. As leveduras descarboxilam o ácido pirúvico a CO<sub>2</sub> e acetaldeído pela ação da enzima piruvato descarboxilase. Sequencialmente, ocorre reação de redução do acetaldeído a etanol catalisado pelo álcool- desidrogenase, enquanto o NADH é oxidado a NAD<sup>+</sup> formando principalmente etanol e gás carbônico representado nas figuras 2 e 3 (Mendes *et al.*, 2013; Badotti *et al.*, 2013).

**Figura 1 – Equação simplificada do processo fermentativo.**



Fonte: Adaptado de Bortoletto, 2013.

**Figura 02 – Síntese da via de fermentação alcóolica.**



Fonte: Adaptado de Bortoletto, 2013.

## 1.4 ALAMBIQUE

Na destilação em alambique, o destilado é dividido em três frações: cabeça, coração e cauda. Na destilação realizada em coluna de aço inoxidável não ocorre a separação do destilado em frações, pelo fato de que este sistema é contínuo, ou seja, a alimentação da coluna com vinho e a saída do destilado acontecem simultaneamente e durante todo o processo. Outro fator importante na destilação em coluna é a quantidade de pratos teóricos que esta possui. Um alambique simples possui apenas um prato. O alambique é um equipamento em forma de câmara que realiza a destilação batelada, sendo fundamental na produção de cachaça artesanal. O processo consiste em encher o alambique e aquecer o mosto fermentado, e com o aumento

da temperatura inicia-se a separação da cabeça, onde todos os vapores se acumulam. Esses vapores são direcionados à um tubo estreito, chamado pescoço de cisne, levando ao condensador no qual são resfriados pela água fria, revertendo-os de volta à forma líquida (Rodrigues, Leonardo 2016). O vinho (mosto fermentado) é finalmente destilado em alambiques de cobre, resultando no destilado, a cachaça. (Oliveira *et al.*, 2004).

## 1.5 VINHAÇA

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, e 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, cuja concentração é 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). Outros nutrientes presentes na vinhaça são: nitrogênio, fósforo, enxofre, sódio e micronutrientes essenciais às plantas. 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 (Dantas; José, 2015).

Além do mais, os nutrientes analisados nesta vinhaça, como potássio, cálcio e sódio, desempenham papéis fundamentais nas funções metabólicas e enzimáticas das plantas. O potássio, por exemplo, é essencial para o crescimento vegetal, regulando processos fisiológicos como a ativação de enzimas, manutenção do turgor celular, abertura e fechamento estomático e transporte de assimilados (Marschner, 2012). O cálcio, por sua vez, contribui significativamente para a estabilidade estrutural das plantas, integrando as paredes celulares como pectato de cálcio, além de atuar como mensageiro intracelular em processos como divisão celular, alongação e resposta a fatores de estresse (Taiz e Zeiger, 2017). Já o sódio, em situações específicas, como em plantas halófitas, pode substituir parcialmente o potássio em funções osmóticas e metabólicas, auxiliando na manutenção do potencial hídrico e na fotossíntese, especialmente em condições de alta salinidade (Flowers e Colmer, 2008).

A utilização da vinhaça como biofertilizante pode ser vantajosa para a agricultura, desde que as doses aplicadas sejam controladas. Estudos indicam que, em média, entre 20 e 80 ml de vinhaça por 200 g de solo, dependendo das características do solo e das culturas em questão,

são suficientes para fornecer os nutrientes necessários, como potássio e cálcio, sem comprometer o equilíbrio do solo e a qualidade ambiental (Caixeta *et al.*, 2010).

### **1.3 CACHAÇA**

A cachaça de alambique corresponde a um produto que é produzido em menor volume em relação à aguardente industrial, sendo obtida em alambiques de cobre a partir da destilação do mosto fermentado de cana-de-açúcar, sem adição de açúcar, corante ou qualquer outro ingrediente. A cachaça produzida nos alambiques utiliza cana cortada, moída, geralmente, inteira em um ou dois conjuntos de moenda, sendo o caldo puro resultante, colocado para fermentar em dornas. Essa fermentação é conseguida, na maioria das vezes, através do fermento natural que acompanha a cana vinda da lavoura (Oliveira *et al.*, 2004). A cachaça é produzida em quase todos os estados do Brasil, sendo São Paulo o maior produtor em grandes indústrias (Coutinho, 2003). De acordo com a Legislação Brasileira, Decreto n. 4851, de 02/10/2003, Art. 92 define cachaça como:

*Art. 92. Cachaça é a denominação típica e exclusiva da aguardente de cana produzida no Brasil, com graduação alcoólica de 38 a 48% (v/v), a vinte graus Celsius, obtida pela destilação do mosto fermentado de cana- de-açúcar com características sensoriais peculiares, podendo ser adicionada de açúcares até seis gramas por litro, expressos em sacarose.*

### **1.4 FERTILIZANTE**

De acordo com a legislação Brasileira os fertilizantes são definidos como “substâncias minerais ou orgânicas, naturais ou sintéticas, fornecedoras de um ou mais nutrientes das plantas”. Os fertilizantes são fontes de nutrientes, elementos sem os quais as plantas não completam seu ciclo e morrem. Os nutrientes são divididos em nutrientes orgânicos (carbono, hidrogênio e oxigênio), que são provenientes do ar e da água, e nutrientes minerais (nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, ferro, manganês, cobre, zinco, molibdênio, boro, molibdênio), que devem ser fornecidos por meio da adubação quando os teores no solo não estão suficientes para o crescimento e desenvolvimento das plantas (Malavolta, 2006).

Os fertilizantes podem ser minerais, orgânicos ou organominerais, sendo os últimos uma mistura entre os anteriores. Os fertilizantes minerais, constituídos de compostos inorgânicos, são os mais usados na agricultura devido ao alto conteúdo de nutrientes, menor custo por unidade do elemento, menor umidade e efeito mais rápido. Os fertilizantes orgânicos, por sua vez, são compostos de materiais orgânicos oriundos de matérias-primas industrial, urbana ou rural, vegetal ou animal. Embora os fertilizantes orgânicos sejam insuficientes para suprir a demanda atual e futura de nutrientes para as plantas, eles são utilizados para melhorar as propriedades químicas, físicas e biológicas dos solos e reciclagem dos nutrientes no sistema solo-planta. Assim, o uso eficiente dos fertilizantes proporcionará máxima produtividade das culturas e contribuirá para a qualidade do solo, da água, para a saúde vegetal e humana (Prochnow; Casarin; Stipp, 2017).

## 1.5 BIOFERTILIZANTE

A utilização dos biofertilizantes surgiu como uma alternativa para substituir os fertilizantes ou adubos químicos, ajudando a manter a plantação em equilíbrio e tornando as culturas mais resistentes a pragas e doenças. Além disso, os biofertilizantes são capazes de fornecer substâncias fitoreguladoras e diversos aminoácidos, o que melhoram a eficiência e a taxa de fotossíntese (Agroecologia, 2010). Os biofertilizantes possuem elevada atividade microbiana e bioativa, proporcionando maior proteção à planta contra o ataque de pragas e doenças. Eles apresentam propriedades fungicidas, repelentes, inseticidas e acaricidas sobre diversos organismos alvos, além de contribuírem para a ação nutricional sobre o metabolismo vegetal e na ciclagem de nutrientes no solo. É um produto de baixo custo, que pode ser produzido na própria propriedade do produtor (Medeiros *et al.*, [s.d.]).

O custo e a disponibilidade do produto são algumas de suas principais vantagens, sendo o custo baseado no preparo realizado pelo próprio agricultor com materiais disponíveis na propriedade ou região, o que possibilita maior independência na compra de insumos. Sua aplicação aumenta a eficiência dos micronutrientes, diminui o uso de energia, acelera a recuperação do solo e apresenta um nível de toxicidade muito baixo, sendo que, na maioria das vezes, não há riscos (Faldoni, 2011).

## **2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

### **2.1 EQUIPAMENTOS UTILIZADOS**

Banho termostático Julabo Dyneo DD-300F. Refratômetro para açúcar 0 – 32% Brix – KASV. Fotômetro Analyser, modelo 91 e pHmêtro de bancada (medidor de pH) Gehaka PG 1800.

### **2.2 LEVEDURAS PARA A PRODUÇÃO DE CACHAÇA**

A variedade selecionada para a produção de cachaça de alambique foi a cepa *Saccharomyces cerevisiae* linhagem, isolada de fermentação e criopreservada nos laboratórios de química da Fatec Praia Grande, no estado de São Paulo. Esses isolados foram previamente identificados molecularmente como *Saccharomyces cerevisiae* por SILVA (2009).

### **2.3 PROCESSO FERMENTATIVO**

Após a seleção da levedura, foi realizada a reativação em um béquer de 50 ml, dissolvendo as leveduras em 20 ml de mosto em temperatura ambiente com um valor de concentração a 19° Bx. Em seguida, a mistura foi transferida para um fermentador de 4 litros (Figura 03), juntamente com 3 litros de mosto de cana-de-açúcar com a concentração também igual a 19° Brix.

**Figura 03 – A fermentação foi realizada com o uso de um fermentador caseiro.**



Fonte: Acervo pessoal,2024.

#### **Equação 01 – Concentração e Volume do mosto**

$$\text{Concentração1} \times \text{Volume1} = \text{Concentração2} \times \text{Volume2} \quad (1)$$

*Volume2 = 0,42 L de H2O para realizar a diluição*

#### **2.4 AFERIÇÃO DOS VALORES DE TEOR DE AÇUCAR (°BX)**

Os valores da concentração de açúcar (°Bx) no mosto de fermentação foram medidos com auxílio de um Refratômetro de açúcar, a cada 24h por 7 dias a fim de determinar a estabilidade dessa concentração e consequente final da fermentação.

#### **2.5 PROCESSO DE DESTILAÇÃO DO FERMENTADO (VINHO)**

O processo de destilação foi realizado utilizando um aparelho de destilação fracionada, acompanhado de banho termostático (Figura 06). A temperatura foi mantida estabilizada a 85 °C. Após a conclusão da destilação, o resíduo (vinhaça) foi transferido para um béquer, lacrado e congelado.

**Figura 06 – Processo de destilação fracionada.**



Fonte: Acervo pessoal,2024

## **2.6 ANÁLISE DE PH DA VINHAÇA**

O equipamento utilizado foi um pHmêtro, calibrado com solução tampão pH 4 e 7. Após calibrar o pHmetro, foi transferida uma amostra de vinhaça para um Becker de 50 ml e foi aferido três vezes o pH da amostra de vinhaça chegando aos seguintes valores expostos na área de resultados e discussões.

## **2.7 LEITURAS DOS PADRÕES E ANÁLISE DE SÓDIO, POTÁSSIO E CÁLCIO DA VINHAÇA PELO MÉTODO DE FOTOMETRIA DE CHAMA**

Foi realizada a leitura de diversos padrões de concentração de sódio, cálcio e potássio, a fim de obter três curvas de calibração da reta, para assim se obter um resultado mais fidedigno em relação à concentração desses minerais mencionados acima, em mg/L. As concentrações de solução abaixo foram transferidas para balões de 100 ml, retiradas a partir de uma solução estoque de 100 mg/L de sódio, potássio e cálcio. Após a transferência, foi adicionada a quantidade necessária de água destilada até alcançar o menisco do balão volumétrico.

**Tabela 01 – Valores de concentrações para análise.**

| Soluções | Aliquota das soluções (mL) | Concentrações de Na <sup>+</sup> , K <sup>+</sup> e Ca <sup>+</sup> (mg/mL) |
|----------|----------------------------|---|
| 1        | 80                         | 80  |
| 2        | 60                         | 60  |
| 3        | 40                         | 40  |
| 4        | 20                         | 20  |
| 5        | 10                         | 10  |
| 6        | 5                          | 5   |
| 7        | 1                          | 1   |

Fonte: Autoria própria

Diante disso, o balão foi avolumado com água destilada e os padrões com as diversas concentrações foram analisados, sendo a amostra, por último, levada ao fotômetro de chama. Após cada análise, foi feita a leitura de um padrão com água destilada, a fim de retirar resíduos do equipamento e evitar interferências nas análises.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 CONCENTRAÇÃO DE AÇUCARES (°Bx)

Os valores de °Bx foram medidos após 24 horas, até que o °Bx se estabilizasse. A Tabela 2 apresenta os valores medidos.

**Tabela 02 – Valores de °Bx durante a fermentação**

| Data       | Dia           | ° Brix |
|------------|---------------|--------|
| 18/10/2024 | Sexta Feira   | 17     |
| 19/10/2024 | Sábado        | 11,2   |
| 20/10/2024 | Domingo       | -      |
| 21/10/2024 | Segunda Feira | 7      |
| 22/10/2024 | Terça Feira   | 6,1    |
| 23/10/2024 | Quarta Feira  | 6      |
| 24/10/2024 | Quinta Feira  | 6      |
| 25/10/2024 | Sexta Feira   | 6      |

Fonte: Autoria própria

### 3.2 PH

A Tabela 05 apresenta os dados obtidos na análise de pH da amostra contendo vinhaça, que resultou em um valor médio de 3,88, caracterizando-a como ácida.

**Tabela 03 – Resultados obtidos da análise de pH da amostra de vinhaça.**

| Amostra de vinhaça | 1    | 2    | 3    | Média |
|--------------------|------|------|------|-------|
| pH                 | 3,92 | 3,88 | 3,85 | 3,88  |

Fonte: Autoria própria

### 3.3 ANÁLISE DE NA<sup>+</sup>, K<sup>+</sup> E CA<sup>+</sup>

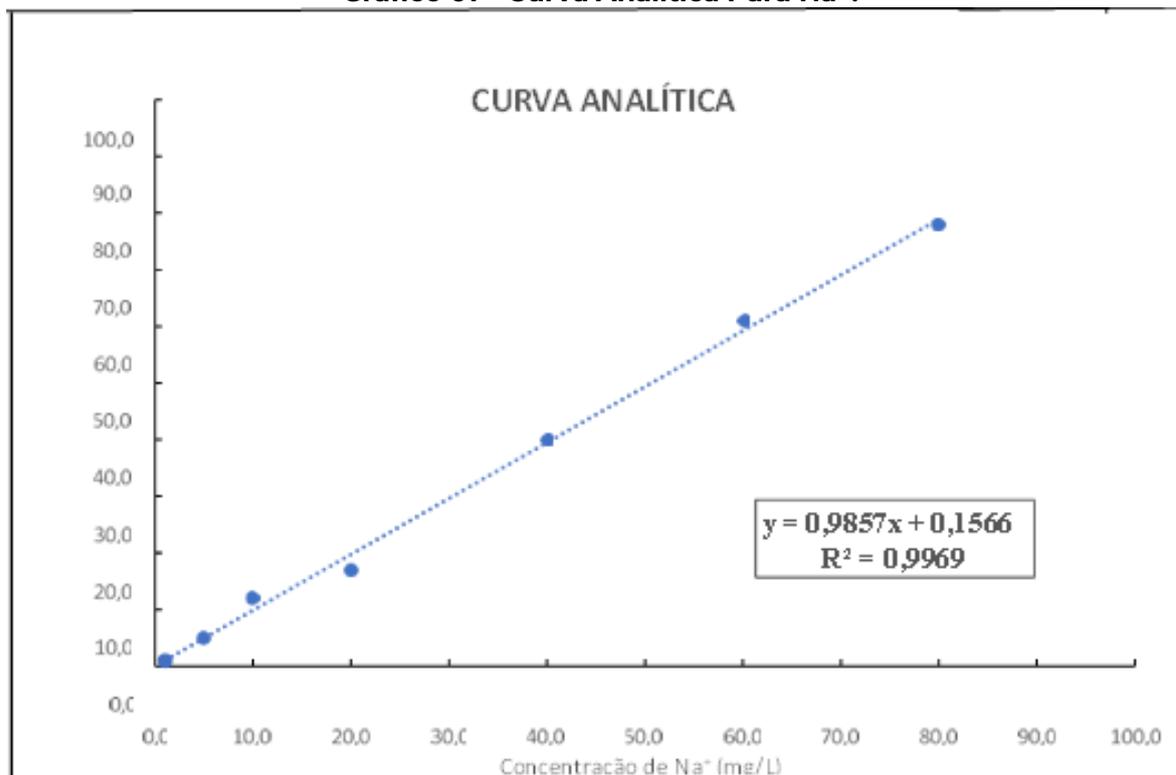
Na Tabela 04, apresentam-se os valores da análise de sódio obtidos a partir dos padrões com as respectivas concentrações, seguidos pelos resultados da análise da amostra, que apresentou uma concentração de 25,2 mg/L de sódio.

**Tabela 04 – Resultados obtidos da análise de Na<sup>+</sup> por fotometria de chama.**

| Concentração de Na <sup>+</sup> (mg/L) | Intensidade de emissão de Na <sup>+</sup> (ppm) |
|--|---|
| 1,0                                    | 1,0   |
| 5,0                                    | 5,0   |
| 10,0                                   | 12,0  |
| 20,0                                   | 17,0  |
| 40,0                                   | 40,0  |
| 60,0                                   | 61,0  |
| 80,0                                   | 78,0  |

|                    |                 |
|--------------------|-----------------|
| Amostra de vinhaça | Na <sup>+</sup> |
| 25,2               | 25,0            |

Fonte: Autoria própria

Gráfico 01 – Curva Analítica Para Na<sup>+</sup>.

Fonte: Autoria própria

A Tabela 05 apresenta os valores obtidos na análise de potássio a partir dos padrões com suas respectivas concentrações, seguidos pelos resultados da amostra, que indicaram uma concentração de 1998,2 mg/L de potássio.

Tabela 05 – Resultados obtidos da análise de K<sup>+</sup> por fotometria de chama.

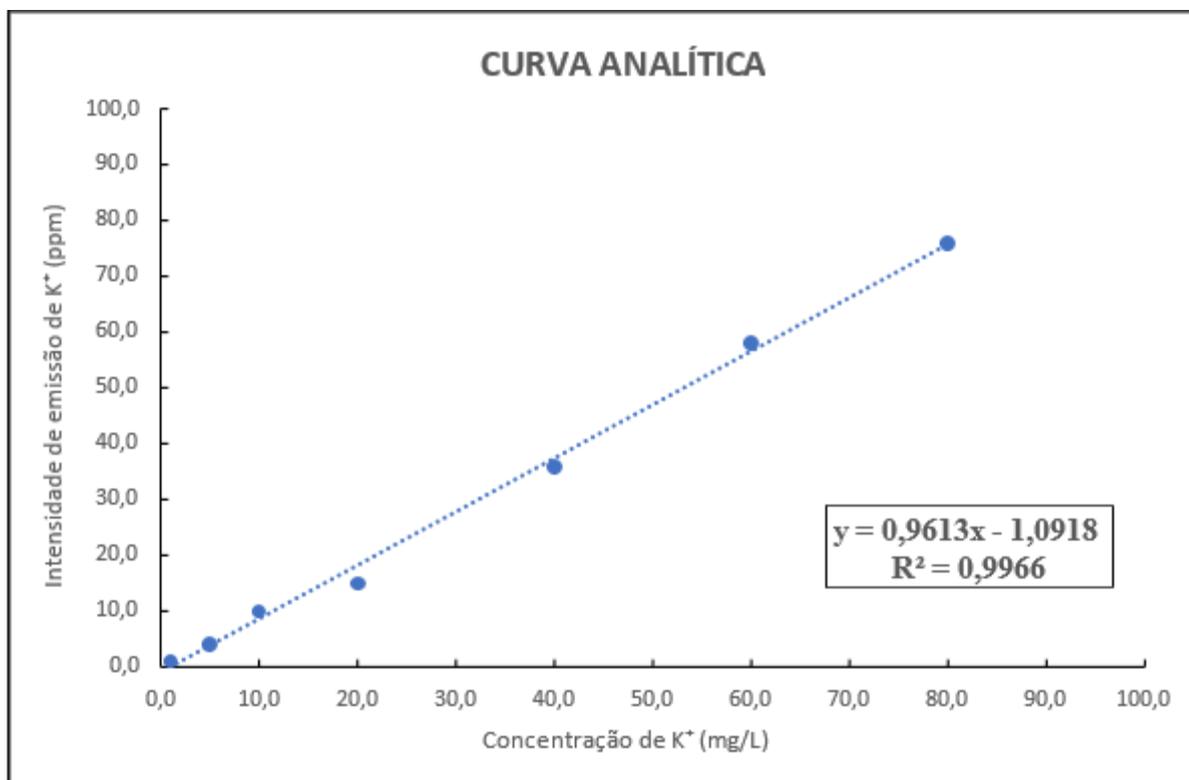
| Concentração de K <sup>+</sup> (mg/L) | Intensidade de emissão de K <sup>+</sup> (ppm) |
|---------------------------------------|--|
| 1,0                                   | 1,0  |
| 5,0                                   | 4,0  |
| 10,0                                  | 10,0   |
| 20,0                                  | 15,0   |
| 40,0                                  | 36,0   |
| 60,0                                  | 58,0   |
| 80,0                                  | 76,0   |

| Amostra de vinhaça | K <sup>+</sup> |
|--------------------|----------------|
| 1998,4             | 1920,0         |

Fonte: Autoria própria

No Gráfico 02, está ilustrada a curva analítica, acompanhada da equação da reta correspondente.

**Gráfico 02 – Curva analítica para K<sup>+</sup>.**



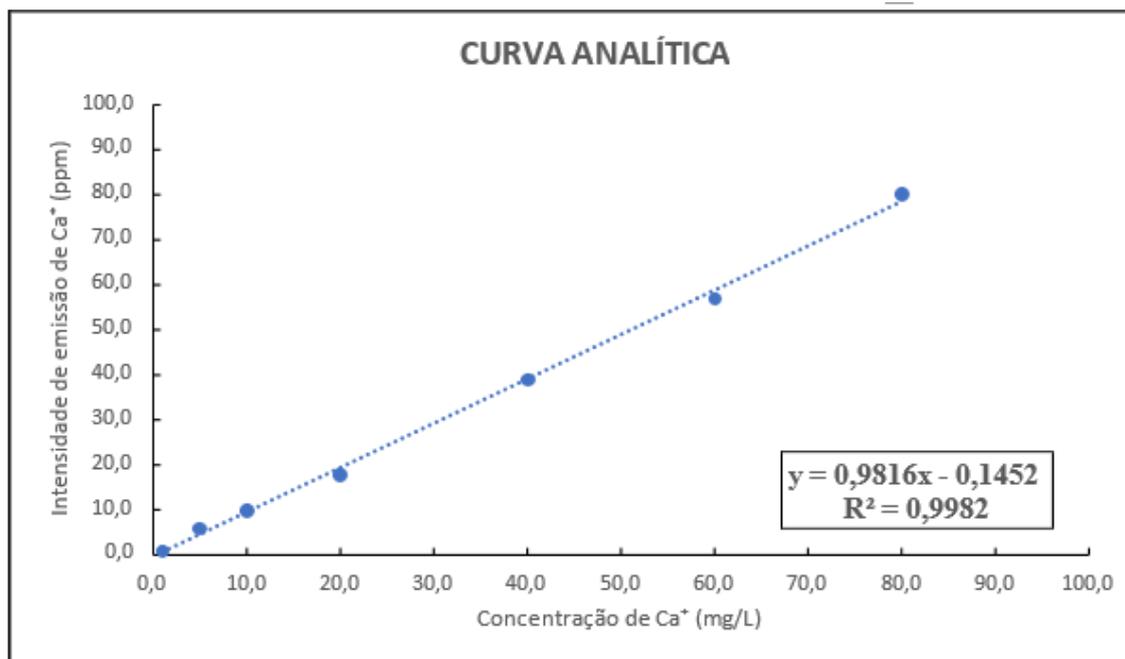
Fonte: Autoria própria

Os valores obtidos na análise de Cálcio, a partir dos padrões com suas concentrações respectivas, estão dispostos na Tabela 06, seguidos pelos resultados da amostra, que apresentaram 115,3 mg/L de Cálcio. O Gráfico 03 exibe a curva analítica, juntamente com a equação da reta correspondente.

**Tabela 06 – Resultados obtidos da análise de Ca<sup>+</sup> por fotometria de chama.**

| Concentração de Ca <sup>+</sup> (mg/L) | Intensidade de emissão de Ca <sup>+</sup> (ppm) |
|--|---|
| 1,0                                    | 1,0   |
| 5,0                                    | 6,0   |
| 10,0                                   | 10,0  |
| 20,0                                   | 18,0  |
| 40,0                                   | 39,0  |
| 60,0                                   | 57,0  |
| 80,0                                   | 80,0  |
| Amostra de vinhaça                     | Ca <sup>+</sup>                                 |
| 115,3                                  | 113,0   |

Fonte: Autoria própria

**Gráfico 03 – Curva analítica para Ca<sup>+</sup>.**

Fonte: Autoria própria

#### 4. CONCLUSÃO

Este estudo destacou o potencial da vinhaça como uma solução prática e sustentável para a fertilização do solo. Sua rica composição mineral, especialmente em potássio, cálcio e sódio, mostrou-se eficaz no suporte às necessidades nutricionais das plantas. Além de contribuir para o crescimento e desenvolvimento vegetal, a utilização desse resíduo agroindustrial também se mostrou benéfica para o meio ambiente, ao transformar um subproduto potencialmente poluente em um recurso útil.

Os resultados obtidos indicam que a vinhaça pode estimular o desenvolvimento inicial das plantas, devido ao pH e valores de concentrações de sódio, potássio e cálcio, sugerindo ser uma alternativa viável para pequenos agricultores que buscam reduzir custos com fertilizantes químicos. Isso se torna ainda mais relevante em um contexto no qual o aproveitamento de resíduos e a sustentabilidade são prioridades.

Por fim, as análises realizadas possibilitam uma caracterização detalhada da vinhaça, demonstrando sua viabilidade como biofertilizante. Este trabalho reforça a importância de práticas agrícolas que unam produtividade e responsabilidade ambiental, trazendo benefícios tanto para os agricultores quanto para o ecossistema.

## REFERÊNCIAS

AGROECOLOGIA. **Agricultura Familiar, Agroecologia e Mercado**. Fortaleza -CE: n. 6, 2010. Disponível em: <<http://www.agrissustentavel.com/doc/ebooks/pragas.pdf>>.

BADOTTI, F. et al. **Two interbreeding populations of *Saccharomyces cerevisiae* strains coexist in cachaça fermentations from Brazil**. FEMS Yeast Research. United States, v. 10 n.1111, p. 1567-1364, 2013.

BORGES, Carlos Alexandre 2011; **Avaliação da qualidade de cachaças do estado da Bahia**

FALDONI, L. **Efeito do biofertilizante no desenvolvimento de porta-enxertos de citros e na indução de resistência à gomose de *Phytophthora***. 2011. 64 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agroecologia e Desenvolvimento Rural, Universidade Federal de São Carlos, Araras- MG,2011. Disponível em:<<https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/113/3966.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>.

FREIRE, W.J; CORTEZ, L. A. B. **Vinhaça de cana-de-açúcar**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 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, C. A. R.; MOLINA JUNIOR, V. E.; LOSSARDO, L. F.; FELICIO, B. C.; MOREIRA JUNIOR, O.; FOSCHINI, R. C.; MENDES, R. M.; LORANDI, R. LIMA NETO, B. S., BEZERRA, C. W. B.; POLASTRO, L. R.; CAMPOS, P.; NASCIMENTO, F. R.; FRANCO, D. W. **O cobre em aguardentes brasileiras: sua quantificação e controle**. Química Nova, v. 17, n. 3, p. 220-223, 1994.

MEDEIROS, M.B.et al. [s.d.]. **Uso de biofertilizantes líquidos no manejo ecológico de pragas agrícolas**. Disponível em: <<http://atividaderural.com.br/artigos/4e9dae9c4b094.pdf>>

MENDES, T. A. O. et al. **Aumento na produção de biomassa de levedura em propagador aerado por processo descontínuo e semicontínuo para produção de cachaça**. Brazilian Journal of Food Technology. Brasil. Vol. 16, n. 2, p. 81-89, abr/jun, 2013.

MOREIRA, R. F. A., Neto, C. C., & Maria, C. A. B. (2012). **A fração volátil das aguardentes de cana produzidas no Brasil**. Química Nova, 35(9), 1819-1826.

OLIVEIRA, E. S. et al. **Fermentation characteristics as criteria for selection of cachaça yeast**. World Journal of Microbiology and Biotechnology. v. 20, p. 19 – 24, 2004.

SEGATO, S.V. et al. **Atualização em produção de cana-de-açúcar**. Piracicabana: CP2, 2006.

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.

**RODRIGUES, LEONARDO MILANI AVELAR 2016; Quantificação de contaminantes em aguardentes de cana/cachaças de alambique e de colunas.**

**VIEIRA ALEXANDRE SYLVIO, 2021; Caracterização da produção de cachaça em minas gerais e o potencial de geração de biogás a partir da vinhaça.**

**PATARO, C.; GOMES, F. C. O.; ARAÚJO, R. A. C.; ROSA, C. A.; SCHWAN, R. F.; CAMPOS, C. R.; CLARET, A. S.; CASTRO, H. A. Utilização de leveduras selecionadas na fabricação da cachaça de alambique.** Informe Agropecuário, EPAMIG, v. 23, n 217, p. 37-43, 2002.

**SUOMALAINEN, H.; LEHTONEN, M. The production of aroma compounds by yeast.** Journal of the Institute of Brewing, v. 85, p. 149-56, 1979.

Malavolta, E. (2006). **Manual de Nutrição Mineral de Plantas.** São Paulo: Agronômica Ceres. Prochnow, L. I., Casarin, V., & Stipp, S. R. (2017). **Boas Práticas para Uso Eficiente de Fertilizantes: Nutrientes Essenciais ao Crescimento das Plantas.** Piracicaba: IPNI Brasil.