

## ESTUDO DA VERIFICAÇÃO DOS EFEITOS DAS CONCENTRAÇÕES INICIAIS DE ETANOL E DE ÁCIDO ACÉTICO SOBRE A EFICIÊNCIA DA PRODUÇÃO DE VINAGRE DE VINHO DE CAJU

**Moacir Epifânio da Silva<sup>1</sup>, Flávio Luiz Honorato da Silva<sup>2</sup> e Ramdayal Swarnakar<sup>3</sup>**

Mestrando DEQ/CCT, Universidade Federal de Campina Grande, Avenida Aprígio Veloso, 882, Bodocongó, 58.109-970, Campina Grande – PB<sup>1</sup>

Professor Orientador DEQ/CCT, Universidade Federal de Campina Grande, Avenida Aprígio Veloso, 882, Bodocongó, 58.109-970, Campina Grande – PB<sup>2</sup>, e-mail: flhs@deq.ufcg.edu.br

Professor Orientador DEQ/CCT, Universidade Federal de Campina Grande, Avenida Aprígio Veloso, 882, Bodocongó, 58.109-970, Campina Grande – PB<sup>3</sup>, e-mail: swarna@deq.ufpb.br

**Palavras-chave:** *Anacardium occidentale*; vinagre de caju; fermentação acética; eficiência fermentativa

**Área do Conhecimento:** III - Engenharias

**Resumo** – Atualmente a cajucultura vem se expandido e a produção de vinagre de caju (*Anacardium occidentale*) é uma alternativa tecnicamente viável que busca reduzir o desperdício do pseudofruto uma vez que apenas 15% do pedúnculo é aproveitado pelas indústrias. Com a finalidade de otimizar o processo de vinagre de caju realizou-se um planejamento fatorial 2<sup>2</sup> completo. As variáveis independentes foram concentração inicial de etanol no vinho de caju, entre 3% e 6%, e concentração de ácido acético, de 0,5% a 1,5%. O tempo de processo foi de 72 horas. O rendimento e a produtividade (eficiência fermentativa) de vinagre variaram de 22,1 a 53,1% e de 0,19 a 0,42g/L.h, respectivamente. Foi verificado que com o aumento da concentração inicial de álcool no vinho de caju o rendimento e a produtividade do vinagre aumentaram, entretanto, com o aumento da acidez os mesmos diminuíram. Através do teste F e % de variação explicada, pode-se afirmar que o modelo empírico, encontrado pela regressão dos dados experimentais, é estatisticamente significativo.

### Introdução

Define-se o vinagre como sendo um produto obtido por uma fermentação alcoólica seguida de uma fermentação acética, a partir da oxidação química (oxigênio e álcool) e biológica (bactérias do gênero acetobacter ou gluconobacter) [1]. As bactérias acéticas utilizadas neste processo são aeróbias [2].

Durante a fermentação acética, alguns fatores influenciam no processo como:

- A concentração de carboidrato no suco;
- A concentração de levedura;
- A temperatura de fermentação;
- pH do meio;
- a quantidade de oxigênio (O<sub>2</sub>);
  - a clarificação, o envase, a pasteurização.

O vinagre de caju produzido por fermentação alcoólica e acética do vinho de caju, é tecnicamente viável, apresentando vantagens, principalmente na região Nordeste, onde a quase totalidade de produção de caju situa-se nos estados do Ceará, Piauí e Rio Grande do Norte [3]. Por outro lado, o caju é uma matéria-

prima muito barata quando comparada com outra. O caju pode dar um vinagre de boa qualidade. Em função desta produção, faz-se necessário um estudo cinético com critérios técnicos ou científicos consistentes e análise das variáveis que interferem no sistema. Com base nestes dados é possível fazer a otimização do processo de produção de vinagre, possibilitando resultados eficientes (altos rendimentos e altas produtividades).

Os vinagres produzidos por vinhos de frutas, em termos de qualidade, são muito mais apreciáveis e nutritivos, quando comparados com o vinagre oriundo diretamente da matéria-prima etanol [4].

Em pesquisas realizadas nos supermercados de Campina Grande (PB) e Juazeiro do Norte (CE), não foi encontrado para sua comercialização o vinagre de caju a partir do vinho de caju. Os produtos encontrados no mercado foram o suco de caju e o refrigerante de caju (cajuína). Assim sendo, busca-se enfatizar a produção de vinagre de caju na região Nordeste, reduzindo o desperdício desta fruta.

O laboratório de Processos industriais (LAPI) do DEQ/CCT/UFPG produz em escala

comercial (aproximadamente 300 litros/mês) de vinagre, utilizando-se como matéria-prima o etanol. Este laboratório com o estudo da otimização do processo de produção de vinagre obteve ao longo destes últimos 3 anos uma boa experiência no assunto, tendo como resultado uma dissertação de mestrado e dois trabalhos de Iniciação Científica e com estes conhecimentos adquiridos está sendo oferecida assistência técnica para pequenas empresas produtoras de vinagre da região do compartimento de Campina Grande e adjacências, bem como a venda deste produto para consumo no restaurante universitário e da população em geral.

Sabe-se que a agroindústria do caju está expandindo em função dos incentivos fiscais e subsídios dados pelo Governo Federal. O setor, atualmente, é de grande importância para minimização das distorções regionais, justificando o interesse do Poder Público brasileiro, pois é constituído de 23 indústrias de beneficiamento do fruto (castanha) e de 8 indústrias ligadas ao aproveitamento do pseudofruto (principalmente de suco), gerando serviços para 1,5 milhão de trabalhadores[5]. O objetivo do trabalho foi verificar as influências das variáveis: concentração inicial de etanol no vinho e concentração inicial de ácido acético sobre as variáveis respostas: rendimento e produtividade, na produção de vinagre de vinho de caju, utilizando-se da metodologia de planejamento fatorial.

## Metodologia

### MATÉRIA-PRIMA

Na presente pesquisa utilizou-se como matéria-prima o vinho de caju para obtenção do vinagre e tendo como inóculo o bagaço de cana-de-açúcar.

### MICROORGANISMOS

Para a condução e processamento da oxidação acética foram utilizadas bactérias acéticas presentes no próprio bagaço. Tais bactérias são selecionadas espontaneamente, em função das condições de acidez do meio em que são mantidas.

### TIPOS DE REATORES UTILIZADOS

Foram realizadas as experiências em dois tipos de reatores, a saber: Reator de 30 L (denominado Reator 1) com a capacidade de alimentação de solução de vinagre forte de 5L, feito de tambor de plástico com enchimento de pedaços de cana-de-açúcar e contendo na parte inferior uma torneira para coleta de amostras de vinagre forte. Reator Descontínuo de 600 ml (denominado Reator2), com a capacidade de alimentação de solução de vinho de caju de 100

ml, usando um Becker de vidro, na escala bancada.

## PROCEDIMENTO PARA FERMENTAÇÃO ACÉTICA

Os ensaios de fermentação foram realizados usando: 100g de bagaço do reator 1 e 100ml solução de vinho de caju. Para conseguir as concentrações iniciais de ácido acético dos níveis mostrados na Tabela 1 foi adicionado vinagre forte.

Com objetivo de quantificar os efeitos das variáveis para otimização do processo, foi usado o planejamento fatorial completo  $2^2$  mais três experimentos no ponto central, conforme Tabela 2. Os experimentos foram realizados aleatoriamente de 72h em 72h, em duplicata. A acidez foi expressa em porcentagem de ácido acético (p/v), o rendimento em % e a produtividade em g/L.h. A Tabela 1 apresenta os níveis codificados e reais das variáveis independentes e a Tabela 2 mostra as 7 possíveis combinações experimentais, sendo denominada matriz de planejamento. O principal objetivo das repetições dos três experimentos no ponto central (0) foi o de permitir obter uma estimativa da variação em função do erro experimental.

Tabela 1 – Níveis das variáveis independentes do planejamento fatorial completo  $2^2$

Variáveis	Nível (-1)	Ponto central (0)	Nível (+1)
Concentração do vinho de caju (%)	3,0	6,0	9,0
Concentração de ácido acético (%)	0,5	1,0	1,5

Tabela 2 – Matriz do planejamento experimental fatorial  $2^2$

Experimento	Concentração do vinho de caju	Concentração de ácido acético
1	-1	-1
2	+1	-1
3	-1	+1
4	+1	+1
5	0	0
6	0	0
7	0	0

## DETERMINAÇÃO DO RENDIMENTO E PRODUTIVIDADE

As expressões utilizadas para determinar o rendimento e a produtividade são descritas nas equações (1) e (2) respectivamente.

$$\text{Rendimento} = \frac{\text{variação de acidez}}{\text{acidez máxima teórica}} \quad (1)$$

$$\text{Produtividade} = \frac{\text{variação acidez}}{\text{tempo}} \quad (2)$$

### Resultados e Discussões

A Tabela 3 apresenta os dados da acidez do vinagre de caju formado em 72 horas de fermentação, conforme planejamento fatorial 2<sup>2</sup>. A realização dos ensaios foram feitas em ordem aleatórias.

**Tabela 3** – Resultados da acidez do vinagre formado em função de tempo da fermentação do planejamento fatorial 2<sup>2</sup>.

Experimentos	Acidez inicial (g/100ml)	Acidez após 72h (g/100ml)
1(1 <sup>o</sup> )	0,50	2,05
2(3 <sup>o</sup> )	0,82	4,10
3(2 <sup>o</sup> )	1,29	2,65
4(4 <sup>o</sup> )	1,51	4,58
5(7 <sup>o</sup> )	1,00	3,31
6(5 <sup>o</sup> )	1,08	3,33
7(6 <sup>o</sup> )	1,08	3,35

Os dados experimentais do rendimento e da produtividade após 72 horas são apresentados na Tabela 4. As equações do modelo linear ajustado pela regressão dos dados experimentais para os rendimento e produtividade respectivamente são :

$$\text{Rendimento} = 46,04 + 7,658\text{Cal} - 7,81 \text{ Caa} + 6,17\text{Cal} \cdot \text{Caa} \quad (3)$$

$$\text{Produtividade} = 0,316 + 0,1175\text{Cal} - 0,0125 \text{ Caa} - 0,0025\text{Cal} \cdot \text{Caa} \quad (4)$$

Onde: Cal e Caa representam concentrações de álcool e ácido acético respectivamente. Os parâmetros estatisticamente significativos, ao nível de confiança de 95 %, estão em negrito.

**Tabela 4** – Dados experimentais do rendimento e da produtividade após 72 horas.

Experimentos	Rendimento(%)	Produtividade(g/Lh)
1(1 <sup>o</sup> )	50,10	0,21
2(3 <sup>o</sup> )	53,07	0,45

3(2 <sup>o</sup> )	22,14	0,19
4(4 <sup>o</sup> )	49,80	0,42
5(7 <sup>o</sup> )	49,92	0,32
6(5 <sup>o</sup> )	48,63	0,31
7(6 <sup>o</sup> )	48,63	0,31

As Figuras 1 e 2 apresentam as superfícies de resposta mostrando efeitos de variáveis: concentrações iniciais de álcool e ácido acético sobre o rendimento e a produtividade de vinagre, respectivamente. Observa-se que, com o aumento da concentração inicial de álcool no vinho, ocorre um significativo aumento do rendimento e produtividade. Com relação à concentração inicial de ácido acético, verificou-se uma inversão, ou seja, com o aumento da concentração ocorre uma diminuição no rendimento e produtividade. Não foram observados efeitos estatisticamente significativos das interações das duas variáveis estudadas.

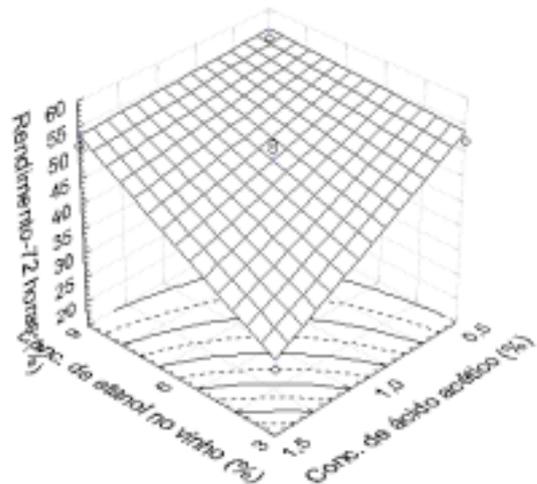


Figura 1 - Superfície de resposta: Variação de rendimento (%) de vinagre em função de concentrações iniciais de álcool e de ácido acético em vinho de caju.

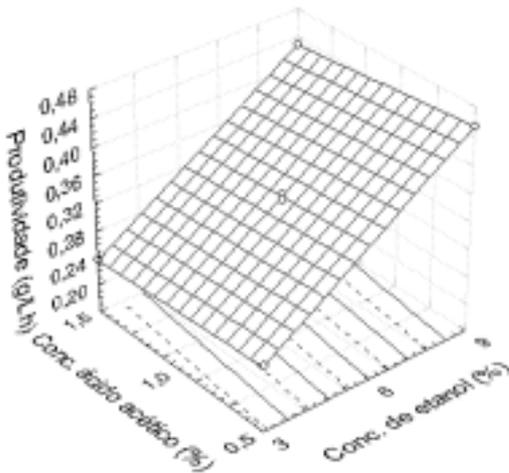


Figura 2 - Superfície de resposta: Variação de produtividade (%) de vinagre em função de concentrações iniciais de álcool e de ácido acético em vinho de caju.

A Tabela 5 apresenta a análise da variância para o ajuste do modelo linear com 4 parâmetros, através de uma regressão.

**Tabela 5** – Análise da variância para o ajuste do modelo linear com 4 parâmetros

Fonte de variação	Soma Quadrática	Nº de g. l.	Média Quadrática	Teste F
Regressão	630,7765	3	210,26	
Resíduos	48,9462	3	16,32	12,88
F. de ajuste	47,8368	1	47,8368	
Erro puro	1,1094	2	0,5547	
Total	679,722	6		
% de variação explicada:	92,80			
% máxima de variação explicável:	99,80			
F <sub>tabelado</sub> para 95% de confiança			9,28	

Tendo a finalidade de verificar se o modelo apresenta significância estatística, fez-se

a análise de variância, através do % de variação explicada e teste F. Com o teste F foi possível observar que o valor de F<sub>calculado</sub> foi maior que o valor de F<sub>tabelado</sub>, para um nível de confiança de 95%. Portanto, pode-se afirmar que o modelo empírico é estatisticamente significativo, conforme BARROS NETO, (1995) [6].

### Conclusões

- No presente trabalho, os vinagres obtidos em 72 horas apresentaram rendimento e produtividade variando de 22,1 a 53,1% e de 0,19 a 0,42g/l.h, respectivamente.
- Foi verificado que com o aumento da concentração inicial de álcool no vinho de caju o rendimento e a produtividade do vinagre aumentaram, por outro lado, com o aumento da acidez os mesmos diminuíram.
- A análise da variância dos modelos obtidos para as superfícies de respostas revelou que é possível otimizar o processo.
- Através do teste F e % de variação explicada, pode-se afirmar que o modelo empírico é estatisticamente significativo.

### Referências Bibliográficas

- [1] AQUARONE, E.; ALMEIDA LIMA, U.; BORZANI, W. **Alimentos e Bebidas Produzidos por Fermentação**. São Paulo, v.5, 1993.
- [2] AQUARONE, E.; ALMEIDA LIMA, U.; BORZANI, W. **Tecnologia das Fermentações**. São Paulo, v.1, 1992.
- [3] EMBRAPA/CNPAT – FORTALEZA/Comunicados Técnicos: nº 3(out./92), nº 2(Fev./91), nº 8(Fev./95), nº 14(Fev./98). Informativos: nº 1(Abr./93), nº 2(Abr./93).
- [4] BERTOLINI, F.; SANTANNA, E. S. TORRES, R. C. **Comportamento das Fermentações Alcoólica e Acética de Sucos de Kiwi (Actinidia deliciosa); Composição dos Mostos e Métodos de Fermentação Acética**. Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas, 21(2): 236-243, maio-ago. 2001.
- [5] MAIA, G. A.; MONTEIRO, J.C.S.; **Guimar Estudo da estabilidade físico-química e química do suco de caju com alto teor de polpa**. Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas, 21(1): 43-46, jan.-abr., 2001.



[6] BARROS NETO, B.; SCARMINO, J.S.; BRUNS, R.E. **Planejamento e Otimização de Experimentos**.\_\_Campinas: edit. da Unicamp, 1995