



## 8º EnTec – Encontro de Tecnologia da UNIUBE

### PESQUISA E ANÁLISE DA CLARIFICAÇÃO DO CALDO DE CANA-DE-AÇÚCAR ATRAVÉS DE TANINOS

Gabriela Silva Spirlandelli<sup>1</sup>; José Roberto Delalíbera Finzer<sup>2</sup>

Universidade de Uberaba

E-mail: [gabispir@hotmail.com](mailto:gabispir@hotmail.com)

[jdrfinzer@uol.com.br](mailto:jdrfinzer@uol.com.br)

#### Resumo

Sedimentação é uma operação que torna possível a separação de misturas sólido-líquido em duas partes distintas: líquido clarificado e uma parte densa que contém grande concentração de sólidos. Usando taninos para sedimentar o caldo de cana-de-açúcar identificou-se uma nova possibilidade de purificação. Taninos são polifenóis classificados como polímeros naturais, com capacidade de coagular e flocular, ajudando na separação de impurezas. O tanfloc® na forma líquida foi utilizado por interagir rapidamente com o caldo de cana. Os testes foram realizados em escala laboratorial e utilizou-se planejamento experimental para 3 variáveis independentes, sendo estas, o tempo de reação, concentração de tanfloc e temperatura de operação. Foi analisado um fator complexo 2<sup>3</sup>, incluindo 6 pontos axiais e 4 repetições no ponto central, totalizando 18 ensaios. O tempo de reação utilizado no projeto de experimentos variou-se entre 55 minutos e 65 minutos. Já a concentração de tanfloc foi de 145 mg/100g de caldo cru à 155 mg/100 g de caldo cru. A temperatura sofreu variações entre 20°C à 30°C. Ao realizar a decantação inicial de impurezas notou-se que o resultado das análises de grau brix, absorção de cor, pol e pH foram conclusivas. A separação mostrou-se eficaz, com fases bem distintas. O pH se manteve estável, o brix teve um leve aumento e a cor do caldo teve uma clarificação acentuada comparado com o caldo 'in natura', mesmo que ainda se apresente turva. Isto mostra que é possível separar impurezas contidas no caldo usando taninos. Todas as representações foram destacadas em gráficos para melhor compreensão dos resultados.

**Palavras-chave:** Sedimentação; Tanfloc; Açúcares

#### 1 - Introdução

A etapa de clarificação do caldo de cana-de-açúcar por meio de taninos é um método simples para sua sedimentação e clarificação. Taninos são substâncias fenólicas, de origem vegetal, solúveis em água. Apresentam capacidade de formar complexos insolúveis. São geralmente encontrados em folhas, galhos e madeiras de árvores como a Terminalia e a Caesalpina (MARQUES, et al. 2001).

A clarificação do caldo de cana-de-açúcar consiste em uma das etapas mais importantes da fabricação de sacarose. É nessa etapa em que se eleva o pH do caldo para impedir perdas de sacarose por inversão e remover materiais insolúveis, além de certas substâncias indesejáveis dissolvidas no caldo, como proteínas e ácidos graxos (MARQUES, et al. 2001).

A qualidade do açúcar é influenciada por várias das operações unitárias que constituem o seu processamento, em especial, a clarificação do caldo de cana. O desempenho da clarificação também influencia nas etapas subsequentes do processo: filtração do caldo, coeficiente de transferência de calor no evaporador, cristalização da sacarose e a qualidade e quantidade de açúcar produzido. Além disso, pode-se modificar a cor, a morfologia dos cristais, o teor de cinzas e o conteúdo de polissacarídeos no produto final (MONTEIRO, 2005).

Atualmente, no Brasil, a clarificação do açúcar, ocorre utilizando um processo de sulfitação, porém, este tem sido questionado por normas de segurança alimentar, devido a presença de SO<sub>3</sub>, possibilitando: formação de ácido sulfúrico, formação de sulfato de cálcio e aumento de consumo do enxofre (MARQUES, et al. 2001)

Neste artigo, a clarificação do caldo-de-cana foi realizada com a utilização de um produto

## 8º EnTec – Encontro de Tecnologia da UNIUBE

obtido a partir do tanino. O tanfloc é o nome dado a um reagente constituído basicamente de taninos modificado quimicamente (MARQUES, et al. 2001).

O objetivo desse estudo foi clarificar o caldo de cana-de-açúcar por meio de tanfloc com o intuito de se obter um açúcar de boa qualidade, visando possibilidades de se tornar competitivo comercialmente, menos danoso ao meio ambiente e rentável.

### 2 - Materiais e métodos

O caldo foi obtido da cana-de-açúcar, em Uberaba-MG, no período compreendido entre fevereiro, março e abril de 2015. O caldo de cana foi extraído em pequenos moedores de cana-de-açúcar (garapeiros). Apenas a palha da cana-de-açúcar foi retirada e a casca e impurezas (terra, pigmentos) nela agregadas, foram mantidas para que as características do caldo obtido se aproximassem do caldo misto das usinas, com elevado teor de impurezas. O caldo de cana foi armazenado em recipientes de plástico com capacidade de 500 mL, e submetidos à refrigeração com temperatura de  $-10^{\circ}\text{C}$ .

Os ensaios de separação das impurezas contidas no caldo foram realizados em escala laboratorial. Para se realizar a separação do caldo usou-se o tanfloc, que é uma solução de tanato quartenário de amônio com polímero catiônico no estado líquido.

Para o delineamento experimental, foi utilizado o planejamento Fatorial com Pontos Centrais. Este, permite a combinação de todas as variáveis independentes (fatores) em todos os níveis, obtendo-se assim uma análise de uma variável, sujeita a todas as combinações das demais. Desta maneira, é possível medir os efeitos (ou influências) de uma ou mais variáveis na resposta de um processo (MONTEIRO, 2003).

Neste estudo, foram avaliados três

fatores (concentração, tempo e temperatura) em dois níveis de variação indicados por (-1) para o nível inferior e (+1) para o nível superior. Também, está incluso no delineamento um nível zero (0), ponto central intermediário, para a verificação da curvatura (não linearidade) no intervalo e repetição (intervalo de confiança).

Foram avaliados 3 variáveis independentes importantes para a clarificação do caldo de cana-de-açúcar: temperatura ( $20^{\circ}\text{C}$  à  $30^{\circ}\text{C}$ ), tempo (55min à 65min) e quantidade de tanfloc (145mg/100g de caldo cru à 155mg/100g de caldo cru).

Foi analisado um fator complexo  $2^3$ , incluindo 6 pontos axiais e 4 repetições no ponto central, totalizando 18 ensaios. As variáveis -1,4142 e 1,4142 são valores fixos para experimentos de 3 variáveis, estabelecidos pelo delineamento composto central rotacional (DCCR).

A Tabela 1 apresenta os valores utilizados no planejamento.

**Tabela 1** – Valores das variáveis

VARIÁVEIS	-1,4142	-1	0	+1	+1,4142
TEMPERATURA ( $^{\circ}\text{C}$ )	17,92	20	25	30	32,07
TEMPO (min)	52,92	55	60	65	67,07
TANFLOC (mg/100g de caldo cru)	142,92	145	150	155	157,07

Para clarificação do caldo de cana-de-açúcar utilizou-se valores codificados como é possível ver na Tabela 2.

**Tabela 2** – Valores codificados



## 8º EnTec – Encontro de Tecnologia da UNIUBE

Ensaio	X1 (tempo)	X2 (temperatura)	X3 (concentração de tanfloc)
1	-1	-1	-1
2	-1	-1	1
3	-1	1	-1
4	-1	1	1
5	1	-1	-1
6	1	-1	1
7	1	1	-1
8	1	1	1
9	-1,4142	0	0
10	1,4142	0	0
11	0	-1,4142	0
12	0	1,4142	0
13	0	0	-1,4142
14	0	0	1,4142
15	0	0	0
16	0	0	0
17	0	0	0
18	0	0	0

### 3 - Resultados

O caldo 'in natura' foi previamente filtrado a vácuo, em algodão hidrófilo, para evitar a interferência dos sólidos suspensos do caldo nas análises.

Para o caldo 'in natura' foram obtidos os resultados indicados na Tabela 3.

O pH das amostras dos ensaios permanecem constantes em torno de 4,6 e indicam que não há deterioração da cana, logo o caldo está apto para realizar as análises.

**Tabela 3 – Resultados do caldo**

	Brix	ART (%)	AR (%)	pH	Abs
1	21,9 °	17,2	0,73	4,62	100%
2	22 °	17,1	0,72	4,63	100%
3	21,8 °	17,2	0,73	4,61	100%

A temperatura ambiente sofreu variações ao longo do dia, quando se realizava as análises, o que pode explicar a variação mínima dos resultados de pH.

Nas amostras clarificadas, a quantidade de sacarose presente no caldo, se acima de 14%, é considerada de boa qualidade para fabricação de

açúcar. Verifica-se na Tabela 4 que os resultados dos ensaios 4; 6; 8; 10; 15; 16; 17 e 18 atendem a essa condição.

**Tabela 4 – Açúcares presente na solução**

Ensaio	AR (%)	ART(%)	POL (%)
1	0,9	13,92	12,67
2	1,12	14,56	12,76
3	0,94	14,78	13,148
4	1,03	17,85	15,979
5	0,82	14,96	13,434
6	0,91	16,21	14,535
7	0,86	14,39	12,86
8	0,84	16,56	14,934
9	0,85	13,4	11,92
10	0,82	17,72	16,055
11	1,09	14,1	12,36
12	0,89	15	13,40
13	0,87	13,93	12,40
14	1,01	14,52	12,834
15	0,76	17,64	16,03
16	0,75	17,65	16,05
17	0,75	17,65	16,05
18	0,76	17,64	16,03

Os resultados finais para teor de sólidos solúveis, pH e absorvância, podem ser vistos na Tabela 5.

**Tabela 5 – Resultados**

	Tempo (min)	Temperatura (°C)	Tanfloc (mg/100g de caldo)	BRIX (%)	pH	Abs (%)
1	55	20	145	22,14	4,5	12,46
2	55	20	155	22,1	4	11,57
3	55	30	145	22,26	4,43	12,42
4	55	30	155	23,38	4,15	11,12
5	65	20	145	22,66	4,66	14,23
6	65	20	155	22,06	4,05	12,32
7	65	30	145	22,26	4,43	12,56
8	65	30	155	23,39	4,12	12,04
9	52,92	25	150	21,99	4,65	11,04
10	67,07	25	150	23,56	4,21	10,34
11	60	17,92	150	20	4,20	12,63
12	60	32,07	150	23,06	4,34	12,26
13	60	25	142,92	21,88	4,52	12,65
14	60	25	157,07	22,79	4,50	12,12
15	60	25	150	23,46	4,61	11,36
16	60	25	150	23,56	4,63	11,58
17	60	25	150	23,56	4,63	11,53
18	60	25	150	23,46	4,62	11,42

Comparando-se o caldo *'in natura'* com o clarificado nota-se a visível diferença das cores (Figura 1), tendo sido atribuído à absorvância 100% para o caldo *'in natura'*.

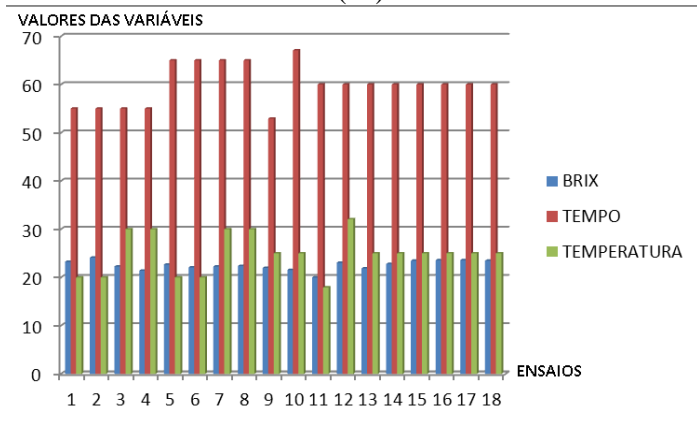
**Figura 1** – Caldo *'in natura'* e caldo clarificado do Ensaio 18



#### 4 - Discussão

A partir dos dados experimentais foram realizadas análises comparativas do processo. A clarificação do caldo depende diferença da influência das variáveis independentes utilizadas no processo de clarificação. Para visualização, foi feito gráficos comparativos.

**Figura 2** - Resultado do BRIX do caldo em relação às variáveis de operação tempo (min) e temperatura (°C)

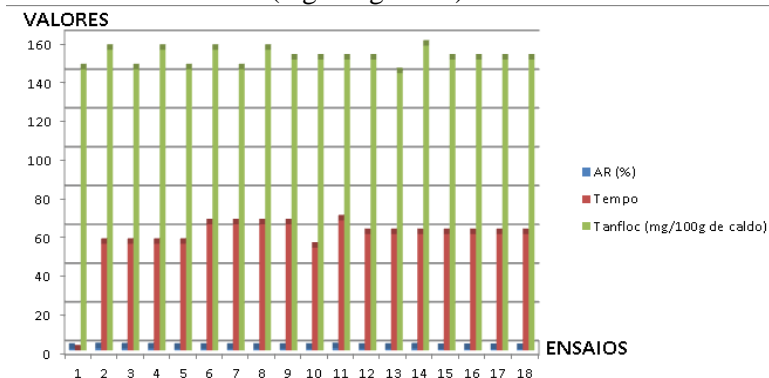


Condições de operação com tempo e temperatura média, alcançam melhores valores de sólidos solúveis totais (SST). Não ocorreu variação apreciável do Brix em função do tempo e temperatura de operação. Em relação à concentração, tempo e SST, também, praticamente não ocorre variação apreciável do Brix.

O efeito do tratamento deve objetivar a redução do teor de AR e alcançar alto teor de

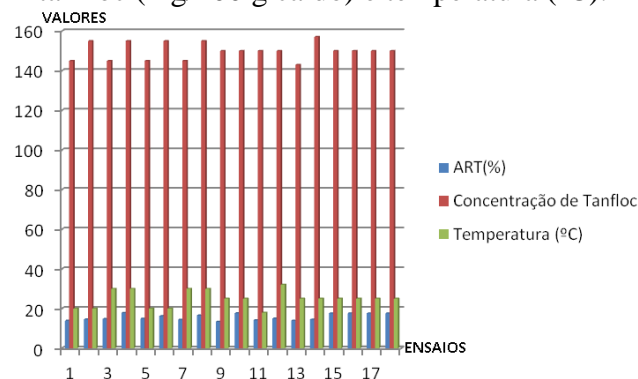
ART, se o objetivo é produção de sacarose. O aumento de Açúcares Redutores se dá pelo aumento de frutose e glicose pela inversão da sacarose. É notável que quanto maior a concentração e o tempo, maior a quantidade de açúcares redutores. Isto se dá pela hidrólise da sacarose, se transformando gradativamente em glicose e frutose.

**Figura 3** - Resultado do AR do caldo em relação às variáveis de operação tempo (min) e concentração de tanfloc (mg/100g caldo)



Os resultados indicam que houve influência nas respostas de ART, pois parte da sacarose sofreu hidrólise. Contudo, todos os experimentos foram aprovados para etapas subsequentes do processo. Ao remover impurezas do caldo, é provável que o teor de sacarose se eleve, já que retira-se elementos indesejáveis, contudo há diminuição de sacarose em relação ao caldo *'in natura'* já que parte se transformou em glicose e frutose.

**Figura 4** - Resultado do ART do caldo em relação às variáveis de operação concentração de tanfloc (mg/100 g caldo) e temperatura (°C).

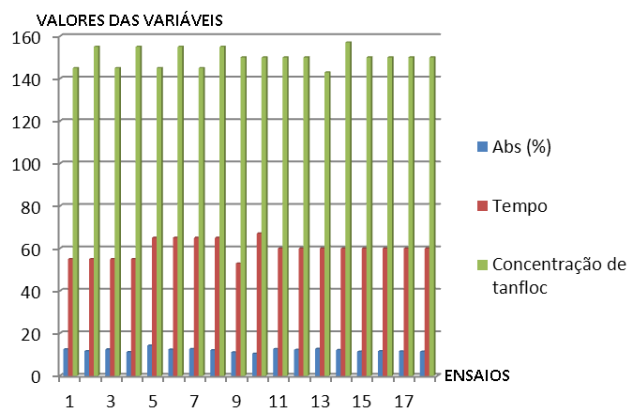




O ensaio que apresenta maior quantidade de açúcares redutores totais são os Ensaios 4, 10 com temperaturas altas e concentrações médias e os Ensaios 15, 16, 17 e 18, que utilizou-se concentrações de tanfloc e temperaturas médias.

A avaliação entre o resultado das cores do caldo clarificado, indica que houve influência significativa entre os tratamentos recebidos por planejamento fatorial de três variáveis independentes. Nota-se que há uma clarificação maior que 80% da cor 'in natura', representando que houve grande clarificação do caldo. A remoção da cor do caldo de cana-de-açúcar pode-se ser associada à precipitações de macromoléculas e colóides que se apresentam na mistura. Além das impurezas contidas na mesma. O tanfloc apresentou-se de grande influência para tratamento do caldo, sendo usado em proporções próximas da ótima.

**Figura 5-** Resultado da cor do caldo em relação às variáveis de operação tempo (min) e concentração de tanfloc (mg/100 g de caldo)



Quanto maior o tempo de exposição dos açúcares redutores e diminuição dos açúcares redutores totais, maior a quantidade de compostos coloridos formados na solução, logo, há aumento dos valores de cor dos caldos clarificados (PEDRO, 2005).

A temperatura não apresenta efeito significativo nas respostas. Os melhores resultados se deram com o aumento do tempo de clarificação, ocasionando maiores taxas de remoção de cor e um caldo mais clarificado.

## 5 - Conclusão

A evolução do mercado mundial dos produtos derivados da cana-de-açúcar está obrigando as empresas a incorporar novas tecnologias para alcançar maiores índices de qualidade e eficiência. Os processos de clarificação usando tanino estão sendo, a cada dia, mais utilizados, podendo ser uma alternativa ao processo convencional de clarificação do caldo de cana. A clarificação sem o uso de produto que poluem o meio ambiente agrega valor ao açúcar, economiza energia, além de ser um processo seletivo de operação simples. Os taninos podem ser definidos como polifenóis capazes de sedimentar e clarificar impurezas. Com a avaliação do caldo clarificado usando tanino e as realizações das análises BRUX, absorção de luz, pH e ART em diferentes concentrações, temperaturas e tempo conclui-se que os resultados constituem uma contribuição para estudos mais abrangentes na área. O processo de clarificação do caldo de cana-de-açúcar usando taninos, pode ser promissor para as indústrias sucroalcooleiras. Caldos mais clarificados foram obtidos com o aumento do tempo e mantendo a concentração em nível médio. Em termos gerais, o estudo obteve resultados que permitiram constatar que o processo por meio de taninos é eficiente na clarificação do caldo de cana-de-açúcar. Comparando-se com os resultados do trabalho de conclusão de curso de Éder Valdir (2012), conclui-se que não há grande influência da variação dos parâmetros de operação sobre a clarificação do caldo, devendo-se realizar estudos em maior escala e compará-lo com métodos de clarificação atuais para descobrir a viabilidade da clarificação por taninos.

## 5 - Referências

FINZER, J.R.D. Fabricação do Açúcar e Álcool. **Curso de Pós-Graduação "latu senso" em Tecnologias no Setor Sucroalcooleiro.** Uberaba: Faculdades Associadas de Uberaba, 2007.



MARQUES, M.O.; MARQUES, T.A.; TASSO JÚNIOR, L. C. **Tecnologia do açúcar.**

**Produção e industrialização da cana-de-açúcar.** Jaboticabal-SP: Funep, 2001.

MONTEIRO, J.M.; ALBUQUERQUE, U. O.; ARAÚJO, E.L. **Taninos: uma abordagem da química a ecologia.** Química Nova, v. 28, n. 5, p. 892-896, 2005

PEDRO, F. **MANUAL CTC - Centro de Tecnologia Canavieira,** Capítulo 10. Piracicaba SP, 2005.

VALDIR, E. **Clarificação do Caldo de Cana de Açúcar usando tanino.** 113 p. Trabalho de Conclusão em Engenharia Química. Uberaba: Universidade de Uberaba,

#### ***Agradecimentos***

Agradeço primeiramente à Deus, por estar sempre me guiando. Agradeço também à Universidade de Uberaba, ao CNPq pela oportunidade e ao professor José Roberto Delalíbera Finzer por nunca medir esforços.