



MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA CANA-DE-AÇÚCAR PARA PAGAMENTO ATRAVÉS DO ATR

THIAGO S. NUNES^{1*}, JOSÉ R. D. FINZER²

¹Universidade de Uberaba, Departamento de Engenharia Química

²Universidade de Uberaba, PPGEQ-Profissional

*e-mail: thiago.engquimica@hotmail.com

RESUMO - Tudo começa no laboratório de sacarose para efetuar o PCTS (Pagamento de Cana pelo Teor de Sacarose). A estrutura laboratorial, fica localizada na entrada da usina, próximo à balança e sua função é analisar a cana-de-açúcar que está sendo admitida na unidade e, através do teor de sacarose contido na matéria-prima, planejar o pagamento. A sigla ATR significa Açúcar Total Recuperável. Na cana representa a qualidade e capacidade em ser convertida em açúcar ou álcool por meio dos coeficientes de transformação de cada unidade produtiva. O objetivo deste trabalho foi realizar três análises de amostras de cana-de-açúcar em um laboratório de uma usina sucroalcooleira para determinar a qualidade da cana, usando correlações aplicadas industrialmente. Os resultados das três análises indicam que a análise com o maior ATR que foi de 132,01, pois significa que a Amostra 3 se encontrava com uma quantidade maior de açúcar recuperável contida na cana em relação as Amostras 1 e 2, o que significa obtenção de melhor rendimento industrial na atividade sucroalcooleira.

INTRODUÇÃO

O cultivo da cana-de-açúcar tem relação histórica desde a colonização do Brasil. A região Nordeste foi a principal receptora e produtora de açúcar no país, porém, no século XX perdeu sua hegemonia para São Paulo (Thomé et al, 2017). O Brasil deverá produzir 33,89 milhões de toneladas de açúcar na safra atual (2021/2022) redução de 3% em relação à safra anterior. Tem-se perdido nos últimos anos área destinada à cultura da cana-de-açúcar para a soja, milho, mandioca e pastagens (Conab, 2022).

De acordo com Nachiluk (2021), o Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar e, na safra 2020/21, foi responsável pela produção de 654,5 milhões de toneladas destinados à produção de 41,2 milhões de toneladas de açúcar.

Em 1978, foi implantado, inicialmente, em Alagoas, o sistema de pagamento pelo teor de sacarose (SPCTS) e, a partir de 1983, em São

Paulo e nos demais estados canavieiros. A adoção deste sistema resultou em grande benefício ao setor agroindustrial. Os produtores de cana passaram a receber por um preço baseado na qualidade da matéria-prima, o que estimulou a adoção de melhores técnicas agrônômicas, envolvendo o cultivo de novas variedades, mais ricas em açúcar e mais adaptadas às várias regiões canavieiras do Brasil. As indústrias, por sua vez, dirigiram os seus esforços visando à melhoria da eficiência industrial, pela aplicação de novas tecnologias (Oliveira, 2013).

A qualidade da cana-de-açúcar engloba as características físico-químicas e microbiológicas, podendo afetar a matéria-prima, e, por consequência, a recuperação do açúcar na fábrica, afetando assim a qualidade e quantidade do produto.

Dois tipos de fatores afetam a qualidade da cana-de-açúcar: os que são relacionados à composição da cana e os que são relacionados a materiais estranhos ao colmo.

Para avaliar corretamente a qualidade da matéria-prima é preciso considerar dois aspectos: a riqueza da cana em açúcares e o potencial de recuperação dos açúcares da cana (Da Silva & Da Silva, 2012).

A cana-de-açúcar pode ser dividida em quatro componentes: o colmo que vai do solo até o ponto que será seccionado, justamente antes do topo (81,2%); palmito o que está acima deste ponto, de aproximadamente 200 mm de comprimento, sem incluir as folhas que são facilmente removidas pelo sistema de limpeza da colhedora (6,1%); folhas do topo (5,6%) e folhas secas (*trash*), material geralmente incorporado a carga pela deficiência de limpeza ou por permanecer unido ao colmo (7,1%). A matéria-prima desejável para a indústria pode ser definida como colmos em estágio adiantado de maturação, sadios, recém-cortados, normalmente despontados e livres de matéria estranha (Stupiello, 1987). O conceito matéria estranha refere-se a tudo o que não for colmos ou rebolos de colmos maduros que acompanham a matéria prima, podendo ser dividido, em função de sua natureza, em matéria estranha vegetal (palmito, palha, folha, colmos secos) e matéria estranha mineral (pedra, terra). O teor de matéria estranha depende de vários fatores, onde se destacam as condições de cultivo, as características da variedade de cana-de-açúcar e do solo, a qualidade da queima, e o tipo de máquina empregada na colheita (sistemas de corte de base e de despalhamento) (Magalhães & Braunbeck, 2008).

A composição química da cana depende da interação de vários fatores: variedade, clima, solo (propriedades físicas, químicas e microbiológicas), adubação, tratos culturais, irrigação, sanidade da cultura, florescimento, sistema de despalha (manual ou à fogo), intensidade do desponte, tempo decorrido da última colheita, condições e tempo de armazenamento, utilização de maturadores (Fernandes, 2019). Com tantas condicionantes, a composição descrita pela Tabela 1, representa uma exemplificação.

O objetivo deste trabalho foi realizar três análises de amostras de cana-de-açúcar em um laboratório de uma usina sucroalcooleira para determinar a qualidade da cana, usando correlações aplicadas industrialmente.

MATERIAL E MÉTODOS

O Consecana, 2006, estabelece critérios de qualidade da cana-de-açúcar, destinada à produção de açúcar e de álcool, no Estado de São Paulo, as análises dos parâmetros tecnológicos devem ser realizadas na unidade recebedora da matéria-prima no momento da recepção.

Tabela 1: Composição química da cana-de-açúcar, sem queima e despalhada à mão.

Constituinte da cana	Porcentagem
fibra (celulose, pentosanas e lignina)	10,0 - 16,0%
caldo	84,0 - 90,0%
Água	75,0 - 82,0%
Sólidos solúveis	18,0 - 25,0%
Açúcares	15,5 - 24,0%
Sacarose	14,5 - 24,0%
Glicose	0,2 - 1,0%
Frutose	0,0 - 0,5%
Não-açúcares	1,2 - 2,5%
Orgânicos (Aminoácidos, gorduras, ceras, matérias corantes e ácidos)	0,8 - 1,8%
Inorgânicos (sílica, potássio, fósforo, cálcio, magnésio, sódio, ferro, enxofre, cloro)	0,2 - 0,7%

O caminhão carregado de cana ao chegar na usina passa pela balança para pesagem, e alguns caminhões são sorteados automaticamente para obtenção de amostras analisadas no laboratório de amostragem, para quantificar a qualidade da cana. No laboratório o analista efetua a coleta de amostra do caminhão para verificar a qualidade da cana. O analista solicitou ao motorista que desligasse o motor do caminhão, e aguardasse o ciclo de

processamento da amostra coletada no laboratório, o analista ficou com a chave do caminhão durante todo o procedimento operacional. A Figura 1 ilustra como se procede a coleta de amostras de cana.

Quando se tratar de sonda amostradora mecânica do tipo oblíquo, a amostra será retirada em apenas 1 (um) ponto aleatório da carga. A quantidade de amostra por produtor e para cada origem obedecerá a uma tabela objeto de Normas Operacionais. A massa de cada amostra não poderá ser inferior a 10 kg.



Figura 1: Coleta de amostras de cana.

Os veículos utilizados para o transporte de cana deverão ter, necessariamente, suas carrocerias adaptadas para a amostragem por sonda mecânica horizontal. Quando a cana for transportada em veículos com mais de uma carreta, estas poderão ser consideradas, quando necessário, cargas separadas, para fins de amostragem.

O material analisado resultou da mistura íntima das amostras simples, preparadas em aparelhos desintegradores, homogeneizada e analisada em instrumentos, cujos parâmetros de desempenho foram especificados em Normas Operacionais. A homogeneização da amostra foi ser feita mecanicamente, em aparelhos adequados. Na Figura 2 destaca-se a imagem de um desintegrador e homogeneizador.

A sistemática consistiu na pesagem de 500 g da amostra final homogeneizada mecanicamente em balança de precisão, eletrônica e com saída para impressora e/ou registro magnético, com resolução de até 0,5 g. A extração do caldo foi efetuada em prensa hidráulica (Figura 3), sob pressão de 24,5 MPa (250 kgf/cm²) na linha hidráulica, durante 1 minuto.



Figura 2: Desintegrador e homogeneizador.

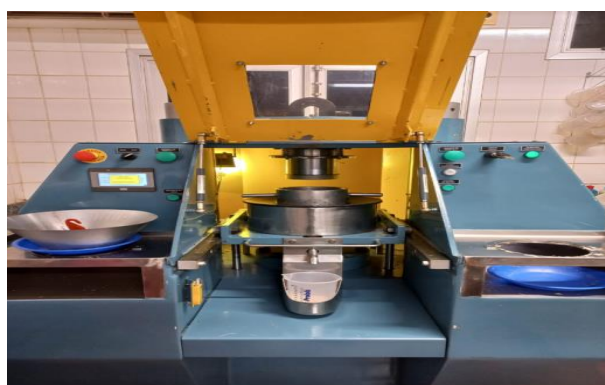


Figura 3: Prensa hidráulica.

Após a prensagem, o bolo úmido foi retirado, a massa obtida em balança semianalítica (g) com resolução de 0,01 g (Figura 4) e o resultado registrado no sistema TRD (terminal remoto de dados) e foi incluída automaticamente no sistema de pesagem.



Figura 4: Balança semianalítica.

A determinação de brix (sólidos solúveis por cento de caldo) foi realizada em refratômetro digital automático (Figura 5), com correção automática de temperatura, com saída para impressora e/ou registro magnético, sendo o valor padronizado expresso à temperatura de 20°C.

A Pol do caldo (sacarose aparente por cento de caldo) foi determinada em sacarímetro dispositivo automático digital (Figura 6), usando massa padronizada de 26 g e calibrado a 20°C, provido de tubo polarimétrico de escoamento contínuo e com saída para impressora e/ou registro magnético de dados, efetuado após clarificação do caldo com mistura clarificante.



Figura 5: Refratômetro digital.



Figura 6: Sacarímetro automático.

A quantidade da mistura clarificante recomendada para a clarificação (Figura 7), foi de 6 a 8 g/200 mL de caldo. A mistura clarificante foi preparada de acordo com procedimento recomendado nas Normas Operacionais Industrial.



Figura 7: Coleta de amostras de cana.

A sigla PBU significa Peso do Bolo Úmido (gramas). Resíduo fibroso resultante da extração do caldo de cana pela prensa. Efetuando a pesagem do bolo úmido, a fibra da cana (%) foi calculada com a Equação (1).

$$F = (0,08 \cdot PBU) + 0,8760 \quad (1)$$

Brix é a porcentagem, em peso, de sólidos solúveis, contidos em uma solução açucarada e Pol é uma abreviatura do termo polarização que representa a sacarose dissolvida. Consiste na porcentagem, em massa, de sacarose aparente contida em uma solução açucarada. Para obter a Pol do caldo, é preciso realizar o Brix e a Leitura sacarimétrica do caldo, assim obteve-se a Pol do caldo usando a Equação (2).

$$PC = \{LS \cdot [0,2605 - (0,0009882 \cdot BRX)]\} \quad (2)$$

sendo: PC = Pol do Caldo; LS = Leitura Sacarimétrica.

A Pureza consiste na porcentagem de sacarose (Pol) nos sólidos totais (Brix), assim a Pureza foi quantificada com uso da Equação (3).

$$PUREZA = \frac{(POL DO CALDO \cdot 100)}{BRX} \quad (3)$$

AR é uma terminologia utilizada para identificar Açúcares Redutores. São assim denominados porque na reação com o Sulfato de Cobre, transferem elétrons para o cobre modificando seu número de oxidação de +2 para +1, e o açúcar redutor (AR) é obtido com a Equação (4).

$$AR = (3,641 - 0,0343 \cdot PUREZA) \cdot (1 - 0,01 \cdot FIBRA) \cdot Cs \quad (4)$$

sendo: Cs = Fator de transformação da Pol do caldo extraído em Pol.

$$Cs = 1,0313 - (0,00575 \cdot Fibra)$$

ATR (kg/tc) é uma terminologia utilizada para determinação de Açúcar Total Recuperável na cana de açúcar, obtida com a Equação (5).

$$ATR = POL DO CALDO \cdot 9,6316 + AR \cdot 9,15 \quad (5)$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram realizadas três análises de amostras de cana em um laboratório de uma usina sucroalcooleira, onde seguiu todo procedimento descrito na metodologia e os resultados obtidos são descritos na Tabela 2.

Tabela 2: Resultados analíticos de amostras de cana.

Análise	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3
PBU (g)	143,63	157,28	138,57
Brix	17,49	18,25	19,04
Leitura sacarimétrica	61,15	62,46	66,69
Pol (%)	14,87	15,14	16,12
Fibra (%)	12,37	13,46	11,96
AR (%)	0,6095	0,6560	0,6249
Pureza (%)	85,04	82,98	84,65
ATR (kg/tc)	121,28	121,58	132,01

A Amostra 2 apresentou maior teor PBU e maior teor de fibras (13,46), portanto foi a que possibilitou maior quantidade de caldo. Já o açúcar total recuperável da amostra foi de 121,58 kg/tc, menor do que a Amostra 3 que foi 7,9% maior. Em relação à média das três ATRs, a Amostra 3 foi 5,3% superior. Então, esses cálculos mostram que devem ser estabelecidos critérios adequados para privilegiar os produtores de cana-de-açúcar e as indústrias sucroalcooleiras, para que os pagamentos da cana adquirida sejam justos para os dois segmentos.

CONCLUSÃO

ATR, é a soma total dos açúcares contidos na cana-de-açúcar e que são, efetivamente, aproveitados no processo industrial para a produção de açúcar e etanol. No sistema CONSECANA tanto a cana-de-açúcar quanto seus derivados são convertidos e

expressos em quantidade de ATR (Açúcar Total Recuperável). A qualidade da cana-de-açúcar é medida pela quantidade de ATR contida na matéria-prima entregue pelo produtor rural à indústria. Três parâmetros principais definem a quantidade de ATR contida na cana-de-açúcar: Pol da cana, teor de fibra da cana e pureza do caldo. Os resultados das três análises indicam que a análise com o maior ATR que foi de 132,01 e significa que a Amostra 3 se encontra com uma quantidade maior de açúcar contida na cana em relação as Amostras 1 e 2, sabendo que se obtém uma qualidade melhor para um melhor rendimento industrial. Do exposto, o fornecedor da Amostra 3 receberá maior remuneração no fornecimento da matéria-prima.

REFERÊNCIAS

- CONAB (2022). Acompanhamento da safra brasileira 2º levantamento. Cana-de-açúcar safra 2022/23. Vol 9, n.2. 59 p.
- DA SILVA J. P. N.; DA SILVA M. R. N. (2012), Noções da Cultura da Cana-de-Açúcar. 1ª ed. Inhumas – GO: IFG.
- FERNANDES K. S. (2019), Paradidático como Estratégia Pedagógica para o Ensino de Química: Aprendendo com uma Planta Chamada Cana-de-açúcar. PPGECN/UFMT – Cuiabá- MT, 260p ((dissertação de mestrado).
- MAGALHÃES, P. S.; BRAUNBECK, O. (2008), Qualidade da matéria prima entregue as usinas. Workshop sobre “Produção de Etanol: Qualidade de Matéria-Prima”, Lorena – SP. 15p.
- NACHILUK, K. (2021), Alta na Produção e Exportações de Açúcar Marcam a Safra 2020/21 de Cana. Análises e Indicadores do Agronegócio, São Paulo, v. 16, n. 6, p.1-5.
- OLIVEIRA E. R. (2013). Procedimentos e Normas para o acompanhamento de Análise da Qualidade da Cana-de-açúcar. ORPLANA, Ribeirão Preto – SP, 89p.
- STUPIELLO, J.P. (1987), A Cana-de-açúcar como Matéria-prima. In: PARANHOS, S.B. (coord.). Cana-de-açúcar – cultivo e utilização. Fundação Cargill. v.2, Campinas – SP, p761-791.

Thomé, P., Vaz, T.A., Groff, A.M., (2017).
Fatores e Técnicas do cultivo Cana-De-
Açúcar e sua correlação com a Qualidade
e a Produtividade. XI EEPA – XI
Encontro de Engenharia de Produção
Industrial. 9p.