

Curso de Tecnologia em Biocombustíveis

AUMENTO DO RENDIMENTO FERMENTATIVO ATRAVÉS DA SECAGEM DE LEVEDURA

ALEX ZERBINATTI GIMENEZ

Orientadora: Profa. Me. Rita de Cássia Vieira Macri

Coorientador: Me. Gustavo Henrique Gravatim Costa

**Trabalho apresentado a Faculdade de Tecnologia
Nilo De Stéfani - Jaboticabal, para obtenção do
título de Tecnólogo em Biocombustíveis.**

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTES TRABALHOS, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Gimenez, Alex Zerbinatti

Z491a Aumento do rendimento fermentativo através da secagem de levedura / Alex Zerbinatti Gimenez.— Jaboticabal: Fatec Nilo De Stéfani, 2014.
18p.

Orientadora: Rita de Cássia Vieira Macri

Coorientador: Gustavo Henrique Gravatim Costa

Trabalho (graduação) – Apresentado ao Curso de Tecnologia em Biocombustíveis, Faculdade de Tecnologia Nilo De Stéfani - Jaboticabal, 2014.

1. Saccharomyces Cerevisiae. 2. Rendimento por balanço de massa. 3. Rendimento por subproduto. 4. Fermentação endógena. 5. Spray Dryer. 6. Levedura seca. I. Macri, R. C. V. II. Título.

CDD 663.13.

Curso de Tecnologia em Biocombustíveis

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: AUMENTO DO RENDIMENTO FERMENTATIVO ATRAVÉS DA SECAGEM DE LEVEDURA.

AUTOR: ALEX ZERBINATTI GIMENEZ

ORIENTADORA: PROFA. ME. RITA DE CÁSSIA VIEIRA MACRI

COORIENTADOR: ME. GUSTAVO HENRIQUE GRAVATIM COSTA

Trabalho de Graduação aprovado pela Banca Examinadora como parte das exigências para conclusão do Curso Superior de Tecnologia em Biocombustíveis, apresentado à Fatec-JB para a obtenção do título de Tecnólogo.

RITA DE CÁSSIA VIEIRA MACRI

MARIANA CARINA FRIGIERI SALARO

VITOR TEIXEIRA

Data da apresentação: 01 de Dezembro de 2014.

AUMENTO DO RENDIMENTO FERMENTATIVO ATRAVÉS DA SECAGEM DE LEVEDURA

FERMENTATION YIELD INCREASE THROUGH THE YEAST DRYING

Alex Zerbinatti Gimenez⁽¹⁾

Resumo

O Brasil é o maior produtor mundial de álcool etílico a partir de cana-de-açúcar, com uma produção estimada de mais de 27 bilhões de litros anuais. A levedura *Saccharomyces cerevisiae* é amplamente utilizada em destilarias como agente fermentativo para a produção do etanol. A prática operacional nas destilarias gera um excedente de levedura da ordem de 20 a 30 Kg de biomassa seca por m³ de etanol produzido. O objetivo deste trabalho foi demonstrar para as unidades industriais que não realizam o processo de secagem, a quantidade de levedura seca e o volume de etanol que podem ser recuperados com a implantação deste processo, e o aumento do rendimento fermentativo. O experimento foi conduzido na Usina Santa Fé S.A., localizada na cidade de Nova Europa-SP, nas safras 2012/2013 e 2013/2014. A unidade apresentava uma planta de fermentação operando de forma contínua utilizando o mosto composto por caldo misto e melaço. Através dos resultados obtidos foram construídos gráficos para observar a quantidade de levedura e o volume de etanol recuperado, assim como o aumento do rendimento. Concluiu-se que processo de secagem de levedura aumenta consideravelmente o rendimento fermentativo da indústria através da recuperação de etanol presente no creme e da fermentação complementar (endógena) e que a eficiência fermentativa calculada através de balanço de massa apresenta-se mais confiável do que a calculada por subprodutos, e que a implementação do equipamento *Spray*

¹ Graduando em Tecnologia em Biocombustíveis pela Fatec Nilo De Stéfani - Jaboticabal. Endereço eletrônico: zerbinatti@usinasantafe.com.br

Dryer e todos os aparatos necessários para funcionamento do sistema apresenta retorno econômico após 3 safras em operação.

Palavras-chave: *Saccharomyces cerevisiae*; Rendimento por balanço de massa; Rendimento por subproduto; Fermentação endógena; Spray Dryer; Levedura seca.

Abstract

*Brazil is the largest producer of ethanol from sugar cane, with an estimated production of more than twenty-seven billion liters per year. The yeast *Saccharomyces cerevisiae* is widely used in distilling as agent for the fermentative production of ethanol. The operational practice of the distillery yeast generates a surplus of the order of twenty to thirty kilos of dry biomass per m³ of ethanol produced. The objective of this study was to demonstrate to the industrial units that do not perform the drying process, the amount of dry yeast and the amount of ethanol that can be recovered with the implementation of this process, and increase the fermentation yield. The experiment was conducted at Usina Santa Fe SA, located in Nova Europa-SP, in the 2012/2013 and 2013/2014 seasons. The unit had a fermentation plant operating continuously using wort composed of mixed juice and molasses. The results obtained plots that were constructed to observe the amount of yeast recovered and the volume of ethanol, as well as increased yield. We concluded that yeast drying process considerably increases the fermentation yield of the industry by recovering ethanol present in the cream and further fermentation (endogenous) and that the fermentation efficiency is calculated by mass balance that appears more reliable than calculated by-products, and that the implementation of Spray Dryer equipment and all necessary devices for system operation presents economic return after three seasons running.*

Keywords: *Saccharomyces cerevisiae*; Mass balance yield; Yield by productivity; Endogenous fermentation; Spray drying; Dry yeast.

1 Introdução

A levedura é reconhecida mundialmente como fonte de proteínas, vitaminas do complexo B, minerais essenciais e fibra dietética (SANTUCCI *et al.*, 2003). De todas as leveduras, a do gênero *Saccharomyces* é a de maior valor industrial e comercial devido ao seu alto teor de lisina (aminoácido responsável pela formação de glicose e fornecimento de átomos de carbono para a formação de acetil-CoA no ciclo do ácido cítrico, no organismo do animal) (VILELA *et al.*, 2000). Atualmente a secagem e comercialização deste micro-organismo apresenta-se interessante devido a crescente demanda por este produto, decorrente do elevado valor nutricional (56% de proteína) e da segurança por não possuírem elementos tóxicos, utilizados na ração animal (MURAKAMI *et al.*, 1993; ANDRADE *et al.*, 2011).

No Brasil esta levedura é amplamente utilizada em destilarias como agente fermentativo para a produção do etanol. Neste processo adicionam-se leveduras selecionadas na proporção de 15% (v/v) em relação ao mosto (caldo de cana e melaço) (AMORIM, 2005), sendo que neste processo, este micro-organismo metabolizam os açúcares presentes no substrato resultando em etanol e CO₂, assim como energia (ATP) para a manutenção celular e produção de novas células (VENTURINI FILHO *et al.*, 2013). Nestas condições ocorre naturalmente o aumento da massa de leveduras dentro das dornas de fermentação que, em excesso, podem interferir negativamente no rendimento industrial, devido a competição pelo substrato, a qual diminui a quantidade de células vivas (AMORIM, 2005).

Considerando-se que, nas destilarias de álcool, cada m³ de etanol produzido resulta em excedente de 20 a 30 kg deste micro-organismo (SANTUCCI *et al.*, 2003), estima-se que o Brasil apresente potencial de produção de levedura de aproximadamente 500.000 toneladas por ano, uma vez que somente na safra 2014/2015 serão produzidos aproximadamente 27 bilhões de litros de etanol (CONAB, 2014).

O processo de retirada do excesso de leveduras das dornas de fermentação denomina-se “sangria” (ANDRIETTA, 2011). Nesta, o vinho é direcionado a centrífugas que separam o material fermentado de um “creme” contendo entre 70-80% de leveduras. Em seguida, parte do volume do creme é direcionado a cubas de tratamento, posteriormente retornando para as dornas para realização de nova fermentação, e parte é separado (sangria) de acordo com as condições de operação da fábrica. Entretanto, este material apresenta arraste de teores significativos de etanol

que, se descartado, resulta em prejuízos para a indústria. Deve-se destacar a secagem da levedura excedente, além de originar este novo produto, também possibilitando a recuperação do etanol presente.

O sistema de secagem mais utilizado atualmente é o *Spray Dryer*, cujo processo é realizado através do bombeamento do creme de levedura em uma câmara de secagem, passando por um cabeçote que gira em altíssima rotação, atomizando a levedura em pequenas gotículas que combinadas com o fluxo de ar quente (em torno de 200°C), secando em poucos segundos. A levedura seca é recolhida no fundo da câmara que tem forma de cone (MOTRICE, 2014). Este sistema, por submeter à levedura a uma condição de estresse, através da remoção de toda água presente nesta, induz este micro-organismo a consumir os açúcares de reserva presentes na parede celular (trealose e glicogênio). Neste processo, denominado fermentação endógena, a levedura além de produzir energia para sobreviver, elimina no meio concentrações importantes de etanol (40 a 68L para cada tonelada de levedura seca produzida), aumentando a recuperação de etanol pela fábrica (FERREIRA *et al.*, 1999).

Neste contexto, o objetivo do trabalho foi demonstrar para as unidades industriais que não realizam o processo de secagem, a quantidade de levedura seca e o volume de etanol que podem ser recuperados com este processo de secagem, e a influência da recuperação de etanol contido no creme de levedura no rendimento fermentativo.

2 Material e Métodos

O experimento foi instalado e conduzido na Usina Santa Fé S.A., localizada na cidade de Nova Europa-SP, nas safras 2012/2013 e 2013/2014. A unidade apresentava uma planta de fermentação operando de forma contínua utilizando o mosto composto por caldo misto e melaço. A sangria era realizada antes do envio do vinho bruto as centrífugas, onde o mesmo era descartado na dorna volante e posteriormente enviado para coluna na destilaria.

A unidade industrial coletava amostras de vinho bruto (antes do processo de centrifugação) e do creme de leveduras a cada 4 horas analisando-se a concentração de leveduras e o teor alcoólico segundo metodologia CTC (2005). Além destas análises, também determinava-se o volume de vinho bombeado para a centrífuga através de medidores de vazão. Os resultados foram agrupados e analisados como médias mensais. A partir destes resultados calculou-se a

quantidade de sangria (m^3) a ser realizado no creme de leveduras, utilizando-se fórmulas específicas para a realização dos cálculos. Posteriormente converteu-se os resultados para toneladas de creme, utilizando-se como base a densidade apresentada pelo material.

Objetivando-se determinar a quantidade de levedura seca produzida para cada tonelada de creme separado, elaborou-se previamente ao início de cada safra uma curva de calibração, onde avaliou-se o creme de leveduras em diferentes concentrações e a massa seca produzida a partir da secagem em laboratório destas amostras (CTC, 2005).

A fim de se determinar o rendimento fermentativo, utilizou-se duas metodologias: Balanço de Massa e Rendimento por Subprodutos (CTC, 2005).

Dos resultados obtidos foram construídos gráficos para se observar produção teórica de levedura seca e de etanol presentes no creme, assim como a influência do processo de secagem no rendimento fermentativo.

3 Resultados e Discussão

Nas tabelas 1 e 2 estão apresentados os valores da concentração de fermento e a sangria realizada no vinho bruto e no creme de levedura, assim como a concentração, porcentagem de matéria seca e teor alcoólico.

Como apresentado na tabela 1, a sangria no mês de maio da safra 2012/2013 foi muito inferior em relação aos meses posteriores, levando-se em consideração a concentração de fermento nos reatores durante este mesmo mês (13,33%), sendo justificado pela menor quantidade de dias deste mesmo mês em que a concentração ultrapassou os 15% (v/v) nos reatores. A sangria nos meses de novembro e principalmente dezembro também apresentavam uma queda, podendo ser justificadas também pelo menor número de dias dentro daqueles meses em que as concentrações dos reatores apresentavam-se acima do limite estipulado pela unidade para a realização do processo de sangria. (15% v/v).

Tabela 1 - Valores de sangria de vinho bruto e creme de levedura de acordo com as suas respectivas concentrações na safra 2012/2013

		<u>SAFRA 2012/2013</u>							
		MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
VINHO	CONC.(%)	13,33	12,07	17,38	15,84	15,43	13,75	14,56	13,51
BRUTO	SANGRIA(m ³)	4.855	15.460	45.840	50.220	44.270	38.630	36.270	30.350
		MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
	CONC. (%)	58,58	64,50	75,80	68,65	65,60	66,76	65,41	59,16
CREME	SANGRIA(t)	124	393	1.973	1.784	1.464	1.158	1.129	793
LEV.	MS (%)	19,73	21,72	25,53	23,19	22,09	22,48	22,03	19,93
	Teor (%)	6,49	7,86	8,56	7,71	8,34	8,35	7,87	7,10

MS (%) –porcentagem de matéria seca; CONC.(%) – concentração de fermento; LEV. – levedura.

Tabela 2 - Valores de sangria de vinho bruto e creme de levedura de acordo com as suas respectivas concentrações na safra 2013/2014

		<u>SAFRA 2013/2014</u>							
		ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV
VINHO	CONC.(%)	14,92	14,51	12,29	13,59	13,18	11,51	9,85	10,87
BRUTO	SANGRIA(m ³)	48.730	43.350	31.360	40.340	48.740	31.630	25.870	23.000
		ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV
	CONC. (%)	64,59	73,68	73,68	73,72	66,14	69,31	76,49	72,85
CREME	SANGRIA(t)	1.534	1.514	928	1.321	1.388	824	637	595
LEV.	MS (%)	21,75	24,82	24,82	24,83	22,28	23,34	25,76	24,54
	Teor (%)	7,10	7,75	7,86	6,58	7,71	8,34	8,08	7,51

MS (%) –porcentagem de matéria seca; CONC.(%) – concentração de fermento; LEV. – levedura.

Na tabela 2, no mês de abril da safra 2013/2014, diferentemente da safra anterior, iniciou-se com uma quantidade maior de sangria de creme de levedura, podendo ser observado através das concentrações de fermento no vinho bruto, que na média, estavam abaixo de 15% (v/v), porém, a quantidade de dias em que os teores de fermento nos reatores ultrapassaram os limites, foram suficientes para aumentar a quantidade de creme de levedura sangrado quando comparado à safra anterior naquele mesmo período. A diminuição da quantidade de creme de levedura sangrado nos meses de outubro e novembro na safra 2013/2014, se deu ao fato da troca de fermento, realizada devido a problemas relacionados à contaminação bacteriana, onde, naquele período a levedura apresentava-se em processo de multiplicação, o que ocasionou redução significativa nas quantidades sangradas de creme.

Deve-se destacar que sem o processo de secagem, a unidade industrial realiza o processo de sangria diretamente no vinho para adequação da quantidade de leveduras utilizadas no processo fermentativo. Nestas condições, toda a levedura presente neste material fica retida vinhaça no processo de destilação para recuperação do etanol, aumentando os níveis de demanda bioquímica de oxigênio (DBO) do material, dificultando a disposição do mesmo no meio ambiente (MURAKAMI *et al.*, 1993).

Na Figura 1 estão apresentadas as quantidades de levedura seca em toneladas que poderiam ter sido produzidas na unidade industrial durante os meses de maio até dezembro na safra 2012/2013 e nos meses de abril até novembro na safra 2013/2014, caso a unidade industrial realizasse o processo de secagem.

Neste período a unidade industrial poderia ter produzido aproximadamente 2.018 e 2.079 toneladas de levedura seca nas safras 2012/2013 e 2013/2014 respectivamente, isso significa uma produção diária de aproximadamente 8 a 10 toneladas de levedura seca.

No mês de abril da safra de 2012/2013 não houve produção de levedura seca, pois a safra teve início no mês de maio, sendo que neste mês a quantidade deste subproduto foi inferior aos meses posteriores devido a menor quantidade de creme de levedura sangrado. Deve-se destacar ainda que menores produções de leveduras secas também ocorreram nos meses de novembro e dezembro na safra 2012/2013, decorrentes do decréscimo do teor de fermento.

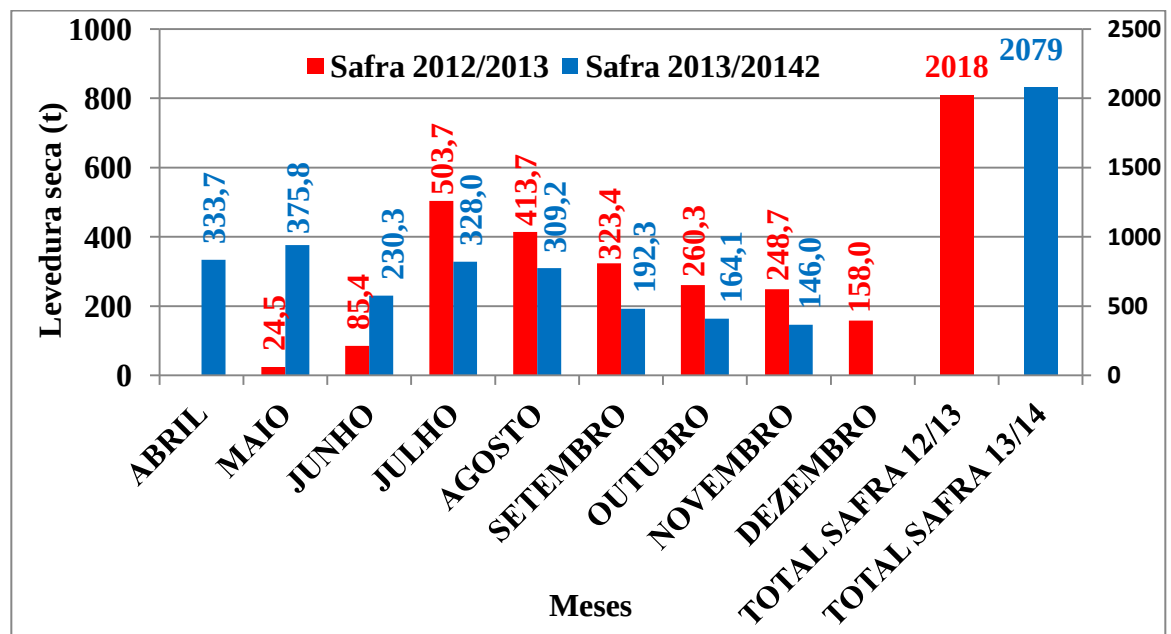
O valor do equipamento mais instalações do sistema Spray Dryer para uma produção de 10 toneladas/dia de levedura seca custava em torno de R\$9.600.000,00, mais despesas com consumo de vapor (R\$/Kg 0,05), consumo de energia elétrica (R\$/Kw 0,33), custo considerado

da mão de obra por hora (R\$/h 12,61), juros considerados por mês 0,8% e taxa de depreciação anual de 20%. Considerando todos os investimentos para a produção de levedura seca pelo sistema Spray Dryer, o custo de produção de 1 tonelada de levedura seca, seria de aproximadamente R\$497,00, sendo o valor de venda do produto seco de aproximadamente R\$1.600,00 a tonelada (MOTRICE, 2014).

O faturamento com a produção de levedura seca na safra de 2012/2013 seria de aproximadamente R\$3.228.000,00 com um custo de produção na mesma safra em torno de R\$1.002.000,00, gerando um lucro de R\$2.226.000,00.

Na safra de 2013/2014, com a produção de levedura seca o faturamento seria de aproximadamente R\$3.326.000,00, com um custo de produção de R\$1.033.000,00, gerando um lucro de R\$2.293.000,00, totalizando nas duas safras analisadas um lucro de aproximadamente R\$4.519.000,00. Desta maneira, pode-se inferir que o investimento apresenta retorno econômico em aproximadamente 3 safras em operação.

Figura 1 – Levedura seca teórica produzida nas safras 2012/2013 e 2013/2014



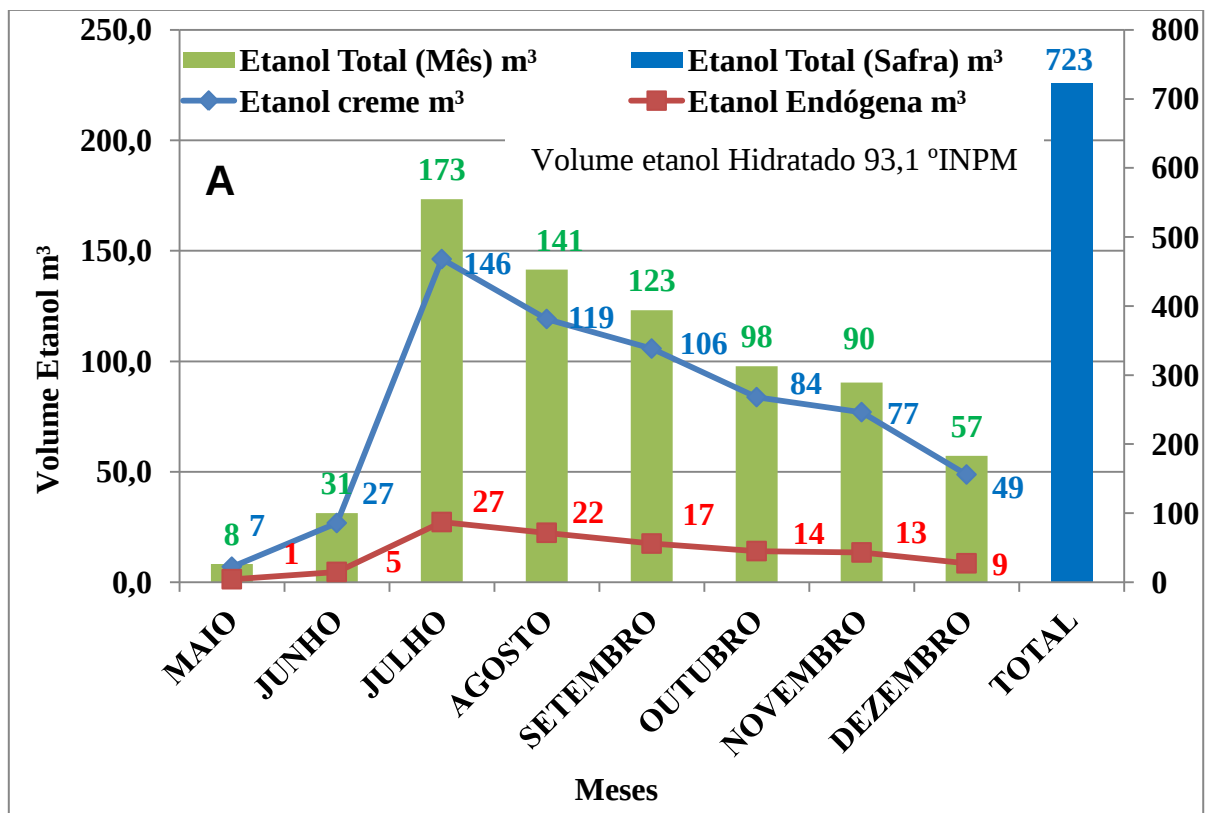
Nas Figuras 2A e 2B estão apresentados os volumes de etanol teórico que poderiam ter sido recuperados do creme de leveduras nas duas safras avaliadas.

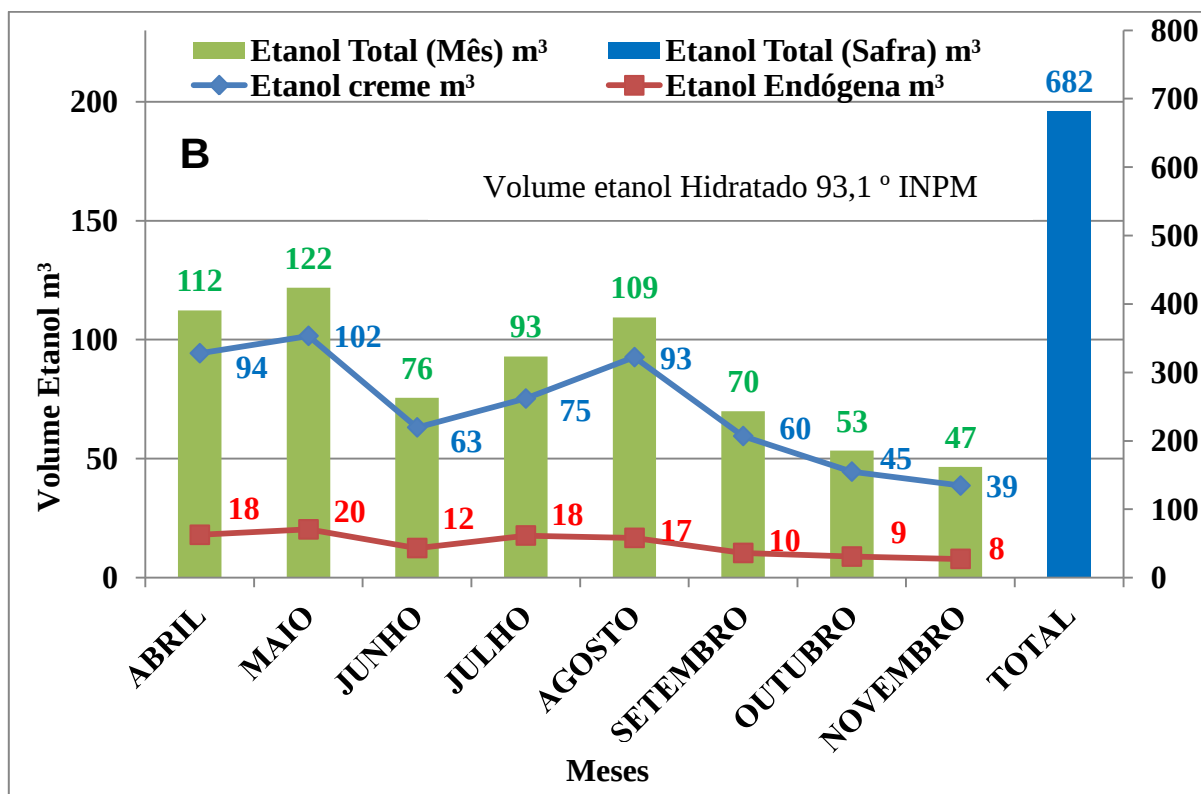
Além do volume de etanol que poderia ter sido recuperado no creme sangrado, também estão apresentados os volumes de etanol recuperado com o processo de fermentação endógena do creme de levedura.

Na safra 2012/2013 como apresentado na Figura 2A, poderiam ter sido recuperados durante a safra aproximadamente 723 m³ de etanol hidratado, caso a unidade realizasse o processo de secagem de leveduras, promovendo um aumento de 0,78% na produção de etanol naquela mesma safra. Considerando o preço médio do etanol hidratado em torno de R\$/litro 1,2227 (UNICA, 2014) o faturamento da unidade na safra de 2012/2013 apenas com a recuperação do etanol contido no creme de levedura seria aproximadamente de R\$884.000,00.

Na safra 2013/2014 como apresentado na Figura 2B, o volume de etanol recuperado seria de aproximadamente 682 m³, aumentando em 0,57% a produção de etanol naquela safra, com um faturamento aproximado de R\$833.000,00, totalizando nas duas safras aproximadamente R\$1.717.000,00.

Figura 2A e 2B - Etanol teórico recuperado no creme de levedura “sangria” na safra 2012/2013



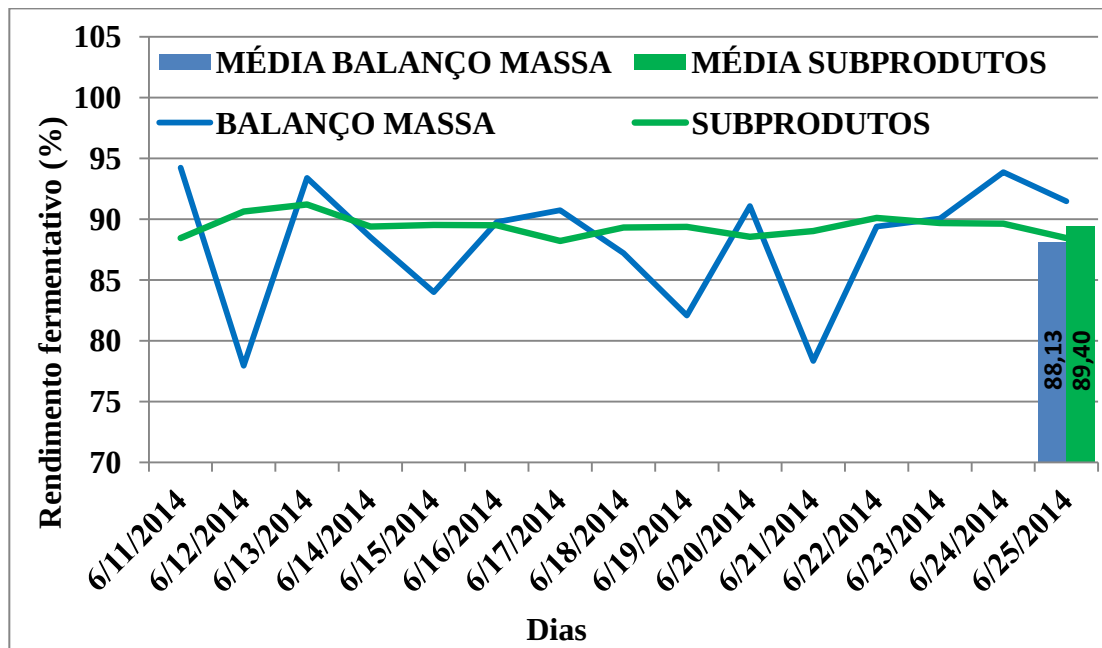


Após a quantificação da sangria a ser realizada no processo, o total de levedura seca produzida e o etanol recuperado, o próximo passo foi avaliar se esta quantidade recuperada de álcool aumenta significativamente a eficiência da fermentação. Neste contexto, primeiramente realizou-se uma comparação entre as metodologias por balanço de massa e por subprodutos. Estes resultados, realizados entre os dias 11/06/2014 e 25/06/2014, estão apresentados na Figura 3.

Observou-se que o rendimento fermentativo quando calculado por balanço de massa apresentou-se diferente ao cálculo por subprodutos. Deve-se destacar que a eficiência da fermentação por subprodutos é medida de acordo com os produtos do processo levando-se em consideração a quantidade produzida de ácidos, glicerol, levedura e açúcares não fermentados pela levedura (CTC, 2005). Desta maneira, este método está diretamente relacionado com a precisão destas medidas analíticas.

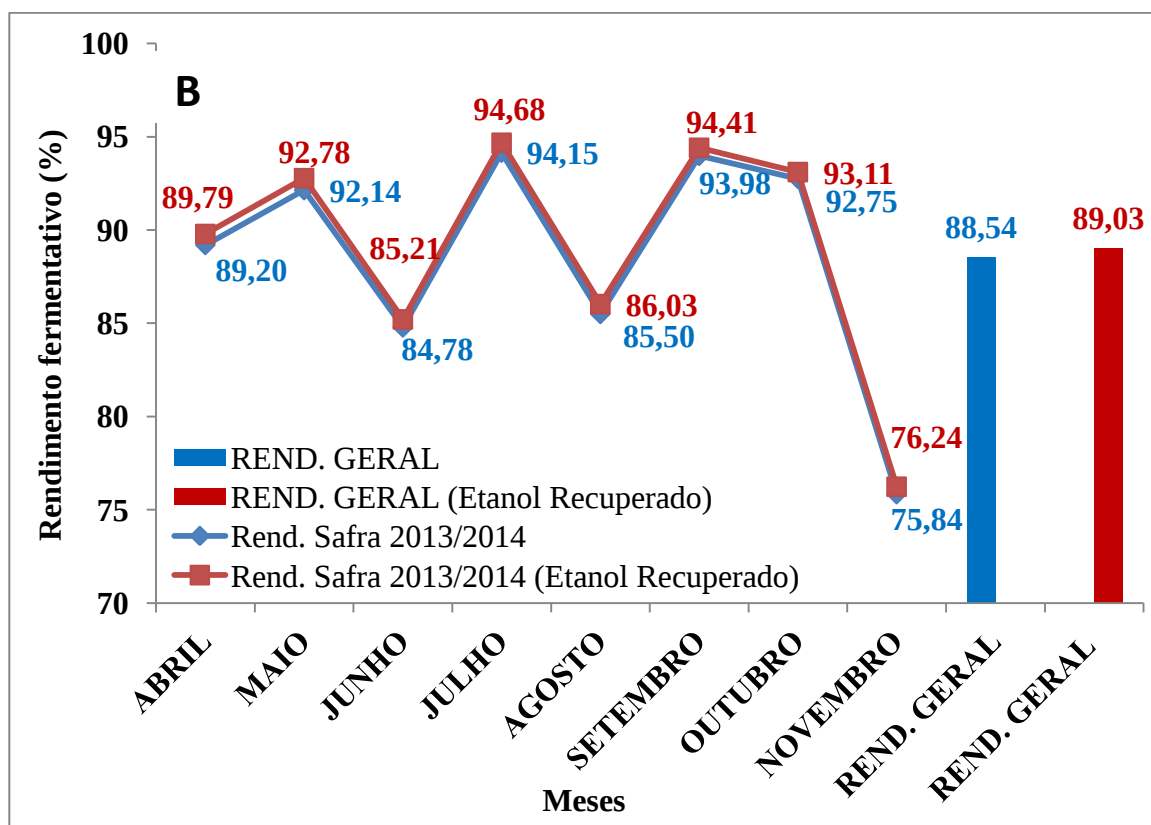
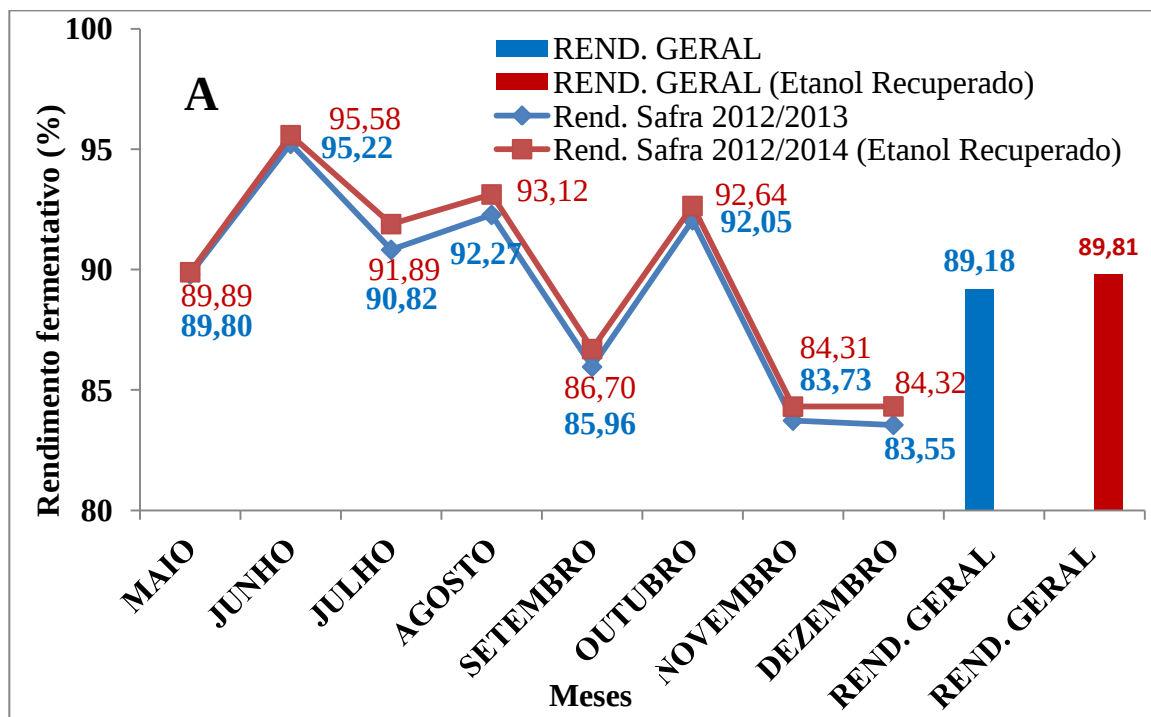
Neste contexto, o resultado desta aferição nem sempre demonstrou a realidade do processo fermentativo, obtendo-se variações de até 10% da eficiência fermentativa real da destilaria. Desta forma, optou-se por utilizar os cálculos de todo o ensaio utilizando a metodologia de balanço de massa.

Figura 3 - Comparativo entre duas metodologias de cálculo para se obter o rendimento fermentativo no processo de fermentação contínua



Nas Figuras 4A e 4B estão apresentados os rendimentos fermentativos calculados por balanço de massa nas safras 2012/2013 e 2013/2014 de acordo com as produções realizadas durante aquelas mesmas safras em comparados ao mesmo rendimento fermentativo quando acrescido do volume de etanol recuperado no creme de levedura.

Figura 4A e 4B - Influência do etanol que poderia ter sido recuperado no rendimento fermentativo por balanço de massa nas safras 2012/2013 e 2013/2014



A Figura 4A apresentou um aumento no rendimento fermentativo devido ao acréscimo do volume de etanol recuperado no creme, sendo que naquela mesma safra foi realizada uma produção de 93.200 m³ de etanol total (anidro + hidratado) promovendo um aumento de 0,63% no rendimento geral acumulado daquela mesma safra.

Na Figura 4B foram apresentados os valores de rendimento fermentativo calculados por balanço de massa, onde houve também, assim como na safra anterior, um aumento no rendimento com o acréscimo do volume de etanol recuperado no creme, mas que, devido a uma maior produção de etanol naquela safra 2013/2014 que foi de 119.650 m³ de etanol total (anidro + hidratado), o aumento no rendimento geral acumulado foi diluído para 0,49%.

4 Conclusões

O processo de secagem de levedura aumenta consideravelmente o rendimento fermentativo da indústria através da recuperação de etanol presente no creme e da fermentação complementar (endógena) realizada por este micro-organismo nos açúcares de reserva (trealose e glicogênio).

A eficiência fermentativa calculada através de balanço de massa apresenta-se mais confiável do que a calculada por subprodutos.

A implementação do equipamento *Spray Dryer* e todos aparatos necessários para funcionamento do sistema apresenta retorno econômico após 3 safras em operação.

5 Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus por me deixar chegar até aqui para realizar este trabalho com saúde.

Em segundo lugar agradeço a minha orientadora Me. Rita de Cássia Vieira Macri pela companhia todos esses anos de faculdade e por sempre me apoiar e me valorizar como aluno e como pessoa e ao meu coorientador Me. Gustavo Henrique Gravatim Costa pela força no desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço aos profissionais da Usina Santa Fé S.A. que me auxiliaram neste trabalho sanando as minhas dúvidas de maneira que as mesmas apareciam, são eles: o meu irmão e Técnico em Produção Industrial, Adriano Zerbinatti Gimenez, o Gerente de Produção Industrial Cláudio Câmara e o Técnico em Microbiologia Dione Ribeiro, profissionais extremamente competentes e atuantes em suas atividades profissionais e que me ajudaram muito no desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço a minha mãe Sebastiana e meu pai Armando (in memoriam) que me deram educação e me formaram a pessoa que sou hoje, me fazendo seguir o melhor caminho, não deixando nunca, que me desviasse do caminho correto.

Agradeço a todos os professores e amigos do curso de Tecnologia em Biocombustíveis, pois cada um deles me ensinou um valor diferente e que vou carregar comigo por toda a minha vida.

Referências

AMORIM, H. V. **Fermentação alcoólica: Ciência e Tecnologia**. Piracicaba. São Paulo. Fermentec, 448p. 2005.

ANDRADE, C.; ALMEIDA, V.V.; COSTA, L. B.; BERENCHTEIN, B.; MOURÃO, G.B.; MIYADA, V.S. Levedura hidrolisada como fonte de nucleotídeos para leitões recém-desmamados. **Revista Sociedade Brasileira Zootecnia**. Brasília - DF, v.40, n.4, p.788-796, 2011.

ANDRIETTA, S. R.; MIGLIARI, P. C.; ANDRIETTA, M. G. S. **Classificação das cepas de leveduras de processos industriais de fermentação alcoólica utilizando capacidade fermentativa**. STAB – Sociedade dos Técnicos Açucareiros Alcooleiros do Brasil. Piracicaba-SP, v.17, n.5, p.54-59, 2011.

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da Safra Brasileira Cana-de-Açúcar**, Brasília, v.1, p.1-20, 2014.

CTC - CENTRO DE TECNOLOGIA CANAVIEIRA. **Manual de métodos analíticos Controle Químico da fermentação**, 2005. Disponível em: http://www.ctcanavieira.com.br/Portal/static/docs/labAnalises/Fermentacao/Manual_Fermentacao_Vs2011-2.pdf.>Acesso em: 14 nov. 2014.

FERREIRA, L.V.; AMORIM, H.V; BASSO, L.C. **Fermentação de trealose e glicogênio endógenos em *Saccharomyces cerevisae***. Departamento de Química, Bioquímica ESALQ - USP. Piracicaba - SP, 1999.

MOTRICE – EQUIPAMENTOS E PROCESSOS. **Processos e perspectivas de mercado para levedura seca**, 2014. Disponível em: <http://www.motrice.com.br/?id=133>.>Acesso em: 10 nov. 2014.

MURAKAMI, A.E.; MORAES, V.M.; ARIKI, J.; JUNQUEIRA, O.M.; KRONKA, S.N. Levedura de vinhaça (*Saccharomyces Cerevisae*) como fonte proteica na alimentação de frangos de corte. **Revista Sociedade Brasileira Zootecnia**, Jaboticabal, v.22, n.5, 1993.

SANTUCCI, M.C.C.; ALVIM, I.D.; SCHIMT, F.; FARIA, E.V.; SGARBIERI, V.C. Enriquecimento de macarrão tipo tubo (massa curta) com derivados de levedura (*Saccharomyces sp.*): impacto nutricional e sensorial. **Ciência e Tecnologia dos Alimentos**, Campinas, v.23, p.290-295, 2003.

UNICA – UNIÃO DAS INDÚSTRIAS DE CANA-DE-AÇÚCAR. **Mercado Físico (Cepea /ESALQ)**, 2014. Disponível em: <http://www.unica.com.br/>.>Acesso em: 18 nov. 2014.

VENTURINI FILHO, W.G.; BRUNELLI, L, T.; TONIATO, J.; NOJIMOTO, T.; NOVAES, F.V. **Método simples para quantificar o metabolismo aeróbio e anaeróbio de levedura alcoólica**. B. CEPPA, Curitiba, v.3, n.2, p.227-236, 2013.

VILELA, E.S.D.; SGARDIERI, V.C.; ALVIM, I.D. Determinação do valor proteico de células íntegras, autolisado total extrato de levedura. (*Saccharomyces sp.*). **Revista de Nutrição**, Campinas, v13, n 3, p.185-192, 2000.