Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP

Departamento de Engenharia de Produção

**INTERFACE FÍSICA E ECONÔMICA EM
GESTÃO DE PROCESSO DE PRODUÇÃO
DE PRODUTOS CONJUNTOS**

Luiz Carlos Rosa

São Paulo - 2004

1 RESUMO

Este artigo apresenta um sistema de gestão para a otimização do processamento em empresas com processo de produção de produtos conjuntos.

O processo de produção de produtos conjuntos é caracterizado pela obtenção de vários produtos a partir de uma única matéria prima comumente encontrado nas empresas químicas, petroquímicas e agroindustriais produtoras de sucos de frutas, derivados da cana de açúcar, café, cereais, etc.

O sistema de gestão proposto baseia-se: no Sistema de Monitoramento de Processo Contínuo (PEREIRA, 2002), que supervisa e controla as máquinas e equipamentos do processo; no Modelo Econômico de Processo de Produção de Produtos Conjuntos (BRUNSTEIN, 1994), que utiliza o conceito de custeio direto para atribuição dos custos do processamento; e, no conceito de UEN - Unidade Estratégica de Negócios - (FUSCO, 1997), cuja administração foca o resultado do processo.

Palavras Chaves

Modelos Econômicos de Empresas, Sistema de Monitoramento em Processo Contínuo de Produção, Processo de Produção de Produtos Conjuntos, Administração da Produção, Engenharia de Produção.

2 INTRODUÇÃO

Para garantir espaço em um mercado cuja tônica é a acirrada competitividade, decorrente da globalização da economia e das exigências do consumidor, a indústria tem sofrido profundas transformações que abrangem desde a incorporação de novas ferramentas tecnológicas até a reestruturação organizacional.

O sistema de gestão proposto permite gerenciar as operações de processamento considerando, em cada estágio do processo produtivo, tanto as grandezas físicas quanto as econômicas para otimizar o resultado operacional.

Nesse sistema de gestão os dados de custos diretos, informados manualmente, e do processo, obtidos diretamente em tempo real, após serem processados geram informações que

permitem a tomada de decisões, de caráter estritamente técnico, com precisão e agilidade para obtenção do melhor resultado.

3 PROCESSO DE PRODUÇÃO DE PRODUTOS CONJUNTOS

Nos processos de produção de produtos conjuntos, geralmente a partir de uma única matéria prima, obtêm-se produtos que podem ser classificados nas seguintes categorias:

Produtos Principais: São os principais – e desejáveis - produtos da transformação da matéria-prima.

Produtos Secundários: São os produtos, não necessariamente desejáveis, derivados da transformação da matéria-prima, mas com importância econômica relevante.

Sub-produtos: São sub-produtos ou resíduos da transformação da matéria-prima, normalmente tratados como resíduos industriais, sem importância econômica relevante, segundo critério da empresa.

A figura 3.1 mostra um processo básico de produção de produtos conjuntos onde da única matéria prima obtém-se vários produtos após um ou mais estágios de processamento.

Fonte: Brunstein (1994; p. 2)

Figura 3.1 Configuração básica do processamento conjunto.

No processo de produção de produtos conjuntos podemos identificar os processos seguintes:

Processos Adicionais Alternativos: o co-produto *a* pode ser comercializado como tal ou, alternativamente, passar por um processamento adicional no estágio *A1* e ser

vendido como a_1 ; este, por sua vez, pode ser vendido como tal ou passar por um processamento adicional A2 e ser vendido como a_2 , e assim sucessivamente.

Processos Adicionais Obrigatórios: o co-produto b , contudo, só pode ser comercializado após passar pelos estágios de processamento adicional obrigatório B1 e B2.

Processos Adicionais em Múltiplas Opções: o co-produto c pode ser comercializado como tal ou passar por qualquer um dos estágios – C1 ou C2 – e ser comercializado como um produto diferente em cada caso.

4 SISTEMA DE GESTÃO DE PROCESSOS

O **Sistema de Gestão de Processos** é composto de dois componentes básicos: **Sistema de Monitoração**, que, em tempo real, monitora a produção de forma integrada tendo de um lado um *software* que coleta informações e atua diretamente nas máquinas e equipamentos, e de outro, uma infra-estrutura de rede de dados para a comunicação entre os equipamentos e o *software*; e **Modelo Econômico**, que informa em valores econômicos a contribuição de cada fase do processo, após cálculo utilizando os dados obtidos pelo Sistema de Monitoração.

4.1 O SISTEMA DE MONITORAÇÃO

O Sistema de Monitoração utilizado para implementação do Sistema de Gestão foi o Sistema de Monitoração, Controle e Gerenciamento de Ativo **DeltaV**¹ devido à disponibilidade, facilidade de uso e por possuir uma interface para os *softwares* MS Word e MS Excel. Além disso, esse sistema - cuja arquitetura é, comercialmente, é conhecida como *Plantweb* - é projetado para configurar, monitorar, calibrar, documentar e diagnosticar instrumentos e equipamentos utilizados na linha de produção em processos de produção contínua ou de batelada.

O **DeltaV** é um sistema híbrido constituído por um *software* AMS que interpreta, processa e exibe numa interface gráfica informações de equipamentos de campo - tais como: válvulas e medidores de vazão, pressão e temperatura - através de rede de comunicação de dados digitais utilizando protocolos como: ASI, *DeviceNet*, *Profibus DP*, *Fieldbus* ou HART,

dependendo da tecnologia adotada. Esse sistema é executado em microcomputador PC ATX com microprocessador Intel Pentium 4 com frequência de 1 GHz , 512 MB de memória RAM, área mínima em disco rígido de 2GB e sistema operacional MS Windows NT 4.x®.

4.2 O MODELO ECONÔMICO

O modelo econômico em produção conjunta desenvolvido por BRUNSTEIN (2001) considera o sistema de custeio direto da seguinte forma:

$$MSBC = MBC - CFP \quad (4.1)$$

$$MBC = RL - CV \quad (4.2)$$

$$RL = RB - DPF \quad (4.3)$$

onde

MSBC = margem semi-bruta de contribuição

MBC = margem bruta de contribuição

CFP = custo ou despesa fixa própria

RL = receita líquida

CV = custo variável

RB = receita bruta

DPF = despesas proporcionais ao faturamento

Nas despesas proporcionais ao faturamento estão inclusas as despesas de vendas como: impostos (ICM, IPI, PIS, COFINS), comissões de vendas, fretes, seguros, embalagens, *royalties* e algumas despesas financeiras. Os custos ou despesas fixas próprias incorridas no processamento do produto devem ser cobertos pela atividade correspondente resultando na MSBC, que mede a rentabilidade econômica do produto ou atividade para a empresa naquele período.

A figura 4.2 apresenta o modelo econômico completo da produção de produtos conjuntos que ilustra os três processos adicionais: alternativo, obrigatório e em múltiplas opções.

¹ Instalado no LAC -Laboratório de Automação e Controle do Depto. de Engenharia de Telecomunicações e Controle da EPUSP.

Fonte: Brunstein (1994)

Figura 4.2 Modelo completo de processamento conjunto

O resultado do processamento (RES) conjunto em um período corresponde ao somatório das MBC ou MSBC de todos os produtos produzidos no período, extraídos os custos ou despesas fixas incorridos no processamento. As Equações 4.4, 4.5 e 4.6 representam o resultado do processo conjunto:

$$RES = MSCBa + MSCBb + MSCBc - CT \quad (4.4)$$

$$RES = \sum_{i=1}^n (MBCa_i + MBCc_i) + MCBb_n - \sum_{i=1}^n (CFPa_i + CFPb_i + CFPc_i) - CT \quad (4.5)$$

$$RES = MBCtotal - CFtotal \quad (4.6)$$

onde

CT = custo conjunto total do processamento.

CF = custo fixo, que compreende os custo fixos próprios mais o custo conjunto total do processamento.

As decisões de natureza econômica nos processos alternativos dizem respeito aos produtos finais -obtidos em cada estágio - da seguinte forma: nos alternativos constitui-se em passar ou não para o estágio posterior, justificável se os custos fixos dos estágios não

aproveitados sejam absorvidos pelos produtos produzidos e a receita líquida obtida for maior que os custos variáveis; nos obrigatórios está em produzir ou não o produto; e no de múltiplas opções está relacionada aos custos de oportunidade do uso da mesma matéria-prima, ou seja, a em função do seu ganho econômico por unidade de uso de matéria-prima comum.

4.3 UNIDADE ESTRATÉGICA DE NEGÓCIO

De acordo com FUSCO (1997)², uma UEN pode ser entendida como a fração da empresa utilizada para a obtenção de um - processamento adicional - ou de vários produtos – processamento de múltipla escolha.

Tomando-se a unidade operacional A2, ilustrada na figura 4.3. Calculando-se a MBC para o produto a_2 temos:

$$MBC_{a_2} = RL_{a_2} - CV_{a_2} \quad (4.7)$$

$$MBC_{a_2} = RB_{a_2} - DPF_{a_2} - CV_{a_2} \quad (4.8)$$

$$MBC_{a_2} = Q_{a_2} \times PVu_{a_2} - Q_{a_2} \times DPFu_{a_2} - Q_{a_2} \times CVu_{a_2} \quad (4.8)$$

$$MBC_{a_2} = Q_{a_2} \times (PVu_{a_2} - DPFu_{a_2} - CVu_{a_2}) \quad (4.9)$$

Substituindo-se o MBC para o produto a_2 na equação 4.1 temos:

$$MSBC_{a_2} = Q_{a_2} \times (PVLu_{a_2} - CVu_{a_2}) - CFP_{a_2} \quad (4.10)$$

Sendo:

Q_{a_2} = Volume instantâneo de produção do produto a_2 .

$PVLu_{a_2}$ = Preço de Venda Líquido unitário do produto a_2 ($PVu - DPFu$).

CVu_{a_2} = Custo Variável unitário do produto a_2 .

CFP_{a_2} = Custo Fixo do Próprio do produto a_2 .

² Os conceitos de UEN propostos por FUSCO (1997) serão utilizados, parcialmente, para atribuir valores que identifiquem as unidades de processamento significativas na cadeia produtiva. Valores de mercado como demanda, carteira (portfólio), poder de barganha etc. não estão considerados neste trabalho, mas poderão ser incorporados futuramente em novas investigações sobre o assunto.

Figura 4.3 Unidade de Processamento A2

Observa-se na figura 4.3 que se pode obter os valores das Margens Bruta e Semi-bruta de Contribuição através das informações fornecidas de PVu, CVu e CFP mais a quantidade Qa_2 , obtida através do sistema de monitoramento.

Uma vez identificada uma UEN, como representada na figura 4.3, é possível controlar o processo produtivo empregando-se dispositivos que podem medir e controlar as variáveis volume, pressão, temperatura e nível de acordo com a característica do processo produtivo ou do produto que está sendo produzido. As medidas de volume acumulado num determinado período podem ser obtidas de duas formas: através da diferença de nível de um instante inicial e um instante final ou pela aferição do valor acumulado.

5 A INTERFACE FÍSICA E ECONÔMICA PROPOSTA

Aplicando-se o conceito de UEN em todos os estágios do modelo completo de processamento conjunto obtém-se a integração do sistema de monitoramento - que agindo no processo produtivo pode, dentro de determinados parâmetros técnicos, alterar quantidades ou volumes processados - e do modelo econômico - que permitindo a tomada de decisão - transforma em valores financeiros as quantidades ou volumes da produção - que resulta no Modelo Físico-Econômico de Processamento de Produção de Produtos Conjuntos como mostrado na figura 5.2.

O **processo adicional alternativo** é constituído pelos co-produtos, a_0 , a_1 e a_2 , onde quantidade Qa_0 representa o volume de produção do produto a_0 , que pode ser vendido como tal ou, alternativamente, passar por um processamento adicional no estágio A1 e ser processado com o volume Qa_1 . Este, por sua vez, pode ser vendido como tal ou passar por um estágio A2 com o volume Qa_2 e assim, sucessivamente.

A equação 5.1 representa o resultado da $MSBCa$ do processamento alternativo.

$$MSBCa = \sum_{i=1}^n [Qa_i \times (PVa_i - DPFa_i - CVa_i) - CFPa_i] \quad (5.1)$$

Figura 5.2 Modelo físico-econômico para processamento conjunto

O **processo adicional obrigatório** é representado pelo co-produto **b**, que só pode ser comercializado após passar por estágios de processamentos obrigatórios. O produto **b₁** é obtido somente após passar pelos estágios B0 e B1, em quantidades medidas por **Qb₁**.

A equação 5.2 representa o resultado da $MSBCb$ do processamento adicional obrigatório.

$$MSBCb = Qb_n \times (PVb_n - DPFb_n - CVb_n) - \sum_{i=1}^n CFPb_i \quad (5.2)$$

O **processo em múltiplas opções** é representado pelos co-produtos c_0 , c_1 ou c_2 , que podem ser comercializados após o processamento em múltiplas opções, de acordo com o melhor ganho.

A equação 5.3 representa o resultado da MSBCc do processamento em múltiplas opções.

$$MSBCc = \sum_{i=1}^n [Qc_i \times (Pvc_i - \%DPFc_i - CVc_i) - CFPc_i] \quad (5.3)$$

A equação 5.4 representa a RES – apuração do resultado do processamento.

$$RES = \sum_{i=a,b,c} MSBC_i - CT \quad (5.4)$$

Em todo processo de transformação de matéria prima a produto acabado existe um fator de correção chamado de rendimento. É o resultado da fração ou diferença da quantidade que foi produzida e a quantidade que poderia ser produzida a partir de uma quantidade de matéria prima. Ao baixo rendimento chamamos de desperdício ou perda. Este desperdício tem um custo que deve ser incluído ao custo do processamento, portanto deve constar no cálculo da MBC.

Podemos definir η como

$$\eta = \frac{Q_{real}}{Q_{ideal}} \quad (5.5)$$

onde

Q_{REAL} = quantidade produzida por unidade de tempo; e

Q_{IDEAL} = quantidade ideal de ser produzida por unidade de tempo.

Incluindo-se o fator η na equação da MSBC temos

$$MSBC = \eta \times Q \times [PVu \times (1 - DPFu) - CVu] - CPF \quad (5.6)$$

O resultado total do processamento conjunto é

$$RES = \sum MSBC - CT \quad (5.7)$$

onde

CT = Custo conjunto total do processamento.

Esse novo modelo de gestão possibilita a tomada de decisão de maneira rápida e segura com base na análise dos seguintes pontos:

PONTO DE EQUILÍBRIO

O conceito de Ponto de Equilíbrio (PE) segundo TOLEDO (1998), aplicado ao modelo de BRUNSTEIN (1994), é obtido quando a RES - Resultados do Processamento - é nulo, ou seja,

$$RES = 0 \quad (5.8)$$

e, portanto,

$$\sum MBC = \sum CFP + CT \quad (5.9)$$

Aplicando-se esta equação na planilha em MS Excel é possível identificar para um *mix* definido entre os produtos obtidos em todas as configurações, processamento conjunto adicional obrigatório, alternativo ou múltiplas opções, um valor de processamento conjunto onde $RES = 0$.

Para uma determinada Quantidade de matéria prima processada no estágio de processamento conjunto desde o $RES=0$ até a capacidade máxima de processamento é o intervalo que a empresa deve operar.

Se o valor da RES é satisfatório acima de Q_{min} mantém-se a produção. Caso contrário deve-se aumentar a quantidade de processamento até limite de Q_{max} . Esta operação é feita através do Sistema de Monitoramento.

MARGEM BRUTA DE CONTRIBUIÇÃO

Os conceitos de MBC possibilitam verificar até que ponto a margem de um único produto é importante na RES. Esta verificação é feita fixando-se a Quantidade de Processamento Conjunto e alterando-se o *mix* dos produtos *a*, *b* e *c*. Poderá existir um produto cuja margem de contribuição seja negativa, contudo o que importa é a maximização do RES.

A alteração do *mix* também é feita através do Sistema de Monitoramento.

MÍNIMA PRODUÇÃO

Quando o *mix* é fixado e o RES não é satisfatório devemos aumentar o Q (volume de processamento conjunto) de tal forma que resulte em lucro.

MÁXIMO LUCRO

Quando o Q (volume de processamento conjunto) é fixo devemos alterar o *mix* de tal forma que resulte numa máxima RES.

$$RES = \sum MBC - CF = Lucro \quad (5.10)$$

Dentro desses limites a qualquer instante é possível identificar a melhor condição de processamento que uma vez escolhida pode ser implementado imediatamente através do Sistema de Monitoramento.

Para um *mix* de produtos definido, só interessam resultados da RES maior que zero, ou seja, com lucro mínimo.

$$\sum MBC = CF + LucroMínimo \quad (5.11)$$

Para outra situação com quantidade de processamento definida, deve ser simulado um *mix* onde temos o seguinte:

$$LucroMínimo \leq \sum MBC - CF \leq LucroMáximo \quad (5.12)$$

O lucro será mínimo quando o produto de menor contribuição é processado em maior quantidade, caso contrário, o lucro será máximo.

A figura 5.3 mostra gráfico do Ponto de Equilíbrio em quantidade de processamento para o lucro zero (1) e lucro mínimo (2).

Figura 5.3 Pontos de Equilíbrio para lucro zero e mínimo.

A figura 5.4 mostra o gráfico da variação do ponto de equilíbrio da mesma quantidade produzida em dois *mix* diferentes. Foram estabelecidas as seguintes condições:

Caso 1: $Q = 20$, $MBC_{min} > CF$, RES = lucro mínimo.

Caso 2: $Q = 20$, $MBC_{max} > CF$, RES = lucro máximo.

Observa-se no gráfico da figura 5.4 que a quantidade de processamento pode, no mínimo, ser: aproximadamente 12, sem prejuízo, no caso 2; e aproximadamente 20, no caso 1.

Figura 5.4 Ponto de Equilíbrio para lucro máximo e mínimo.

Se a quantidade do processamento conjunto for aumentada, será uma outra situação para cálculo do melhor *mix*. Isso se estenderá até o valor da máxima quantidade no processamento conjunto que é o limite da capacidade de produção.

6 SIMULAÇÃO DE UMA USINA DE AÇÚCAR E ÁLCOOL

Para implementar a interface físico-econômica escolheu-se como modelo de análise uma usina de açúcar e álcool.

Os dados adotados no estudo são particulares de uma pequena usina produtora de destilado e álcool. Não produz açúcar e utiliza boa parte do bagaço como combustível. O excedente é comercializado a granel.

A cadencia da produção foi calculada por estimativa e não representa a realidade, pois no momento da simulação a usina estava em período de entressafra (parada). Para uma simulação que seja representativa, é necessário que se faça um levantamento da cadencia real da usina através de cronometragem ou amostragem que juntamente com a capacidade nominal da instalação se tenha a real capacidade de produção da usina. Através desse estudo se estabelece a capacidade em cada UEN identificando-se os gargalos no processo produtivo.

6.1 DESCRIÇÃO DO PROCESSO

O processamento da cana de açúcar resulta na obtenção dos co-produtos álcool e açúcar e o subproduto bagaço, como mostra a figura 6.1 abaixo.

Figura 6.1 Configuração do processamento conjunto de uma usina de açúcar e álcool

Processamento Conjunto: neste processamento a matéria prima, cana de açúcar, é moída obtendo-se o caldo (garapa) e o bagaço.

Processamento Adicional Alternativo: Neste processamento o caldo de cana passa pelo processo de fermentação durante 24 horas. A seguir o fermentado é submetido ao processo de destilação na denominada coluna “A” que resulta nos produtos

aguardente ou destilado alcoólico (álcool com no máximo 70 gl). De qualquer dos produtos obtidos da coluna “A”, pode-se obter álcool (acima de 70 gl) – que pode ser anidro, hidratado ou neutro - através da destilação em outra coluna.

Processamento Adicional Obrigatório: O caldo da cana é submetido a aquecimento até o ponto de cristalização do açúcar, denominado de açúcar mascavo. Submetendo o açúcar mascavo a um processo de clareamento (lavagem com solução à base de soda cáustica) obtém-se o açúcar cristal.

Processamento Adicional em Múltiplas Opções: O subproduto bagaço é utilizado pela maioria das usinas como combustível para as caldeiras de produção de vapor. Uma parte do vapor é consumida no acionamento da turbina das moendas, outra é consumida no processamento do açúcar e o escape (vapor que sai das turbinas) no aquecimento das colunas de destilação. Caso haja sobra de vapor, este pode ser utilizado na geração de energia elétrica para acionamento de motores e bombas, e o excedente é vendido para a rede de energia elétrica. O excedente do bagaço pode ser vendido no estado natural ou transformado em ração animal numa autoclave chamada de hidrolisador.

6.2 DADOS FÍSICOS DO PROCESSO

Os dados físicos³ do processo estabelecidos para a simulação foram os seguintes:

Tabela 6.1 Resumo dos produtos e quantidades obtidos de uma tonelada de cana.

PRODUTO	QUANTIDADE
Caldo	583 l
Destilado	150 l
Álcool	75 l
Açúcar	120 kg
Bagaço	300 kg
Vapor	200 kgf
Energia Elétrica	12 kW

6.3 CENÁRIOS PARA A SIMULAÇÃO

A usina adotada é uma agroindústria de porte médio bem característica no ramo sucroalcooleiro, cujos produtos mais significativos são o destilado e o álcool.

As condições de processamento dessa agroindústria são: capacidade de moagem de 300.000 t, por safra, a uma velocidade nominal de 40 t/h e máxima de 60 t/h; e uma produção máxima de álcool de 50% do destilado produzido.

Para a safra de 2004, cuja duração é de 7 meses, está previsto a moagem de 200.000 t de cana da seguinte forma: 70.000 t de cana própria, 80.000 t de cana de parceria e 50.000 t de terceiros por aquisição.

Quanto aos custos para a safra, o fixo total é de R\$ 2.400.000,00. Para cada 100.000 t a mais do previsto haverá um acréscimo de R\$ 2.000.000,00 e para cada 100.000 t a menos haverá um decréscimo de R\$ 200.000,00.

A estratégia de como ajustar o processo dependerá primeiramente do preço do álcool e a seguir do preço da cana. O preço do destilado varia na mesma proporção do preço do álcool. Existe uma expectativa de haver uma queda, no mínimo de 10%, no preço do álcool para além das 200.000 t e um aumento de 10% no preço da cana adquirida de terceiros.

Foram executados 13 cenários de simulação desta agroindústria para a safra de 2004, onde as condições de processamento e os resultados são mostrados nas tabelas 6.2 e 6.3.

Tabela 6.2 Custos e Preços

Cenários	Custo Fixo R\$	Preço	Preço de Venda Líq.	
		Cana t	Destilado R\$/l	Álcool R\$/l
1 a 4	2.000.000,00	27,30	0,35	0,70
5 a 7	2.200.000,00	28,81	0,35	0,70
8 a 10	2.400.000,00	28,81	0,35	0,70
11 a 13	4.400.000,00	29,20	0,32	0,64

³ Estes valores são relativos à qualidade da cana e região do plantio. Também está considerada a marca e característica dos equipamentos da usina.

Tabela 6.3 Apuração do Resultado do Processamento

Cenários	Moagem t / h	100% destilado		50% álcool/destilado	
		RES		RES	
		Instantâneo	Total	Instantâneo	Total
		R\$ / h	R\$	R\$ / h	R\$
1	0	-396,83	-2.000.000,00	-396,83	-2.000.000,00
2	5	-267,26	-1.346.997,46	-260,44	-1.312.599,46
3	10	-137,70	-693.994,90	-124,05	-625.198,90
4	15	-8,13	-40.992,34	12,34	-62.201,66
5	20	47,62	240.015,18	76,43	385.217,28
6	25	168,65	850.018,68	204,67	1.031.521,98
7	30	289,69	1.460.022,78	332,90	1.677.826,38
8	35	371,04	1.870.041,60	421,45	2.124.130,78
9	40	492,07	2.480.030,38	549,69	2.770.435,08
10	45	613,10	3.090.034,18	677,92	3.416.716,80
11	50	90,27	454.981,53	163,27	822.901,46
12	55	186,60	940.479,12	266,90	1.345.191,78
13	60	282,93	1.425.977,94	370,53	1.867.481,94

6.4 DESCRIÇÃO DA IMPLEMENTAÇÃO DA SIMULAÇÃO

A implementação da simulação foi realizada conforme as etapas descritas a seguir:

1.ª etapa: Definição da produção planejada- quantidade de moagem da cana e do *mix* entre álcool, destilado alcoólico e açúcar (no caso não produzido). A definição tanto das quantidades de processamento como “mix” deve ser fixada ao maior RES

2.ª etapa: Regular a produção através do sistema de monitoramento DeltaV. A regulagem de equipamentos e máquinas como velocidade de esteiras de cana, rotação abertura de moendas, produção de vapor e regulagem de colunas de destilação, devem ser ajustados para produzir a quantidade planejada.

3.ª etapa: Colocar a planta em marcha e de tempo em tempo coletar dados através do DeltaV e processar na planilha eletrônica do modelo econômico. Os dados coletados pelo DeltaV, passam pelo Fluxograma Dinâmico onde se podem observar as alterações ou discrepâncias ocorridas. O fluxograma também calcula os η em todas as UEN.

4.a etapa: Comparar o resultado das MBC de cada produto e RES com os respectivos valores planejados instantâneos e com os valores médios acumulados. A seguir, planejar e corrigir as distorções novamente através do DeltaV proceder desta forma até o cumprimento da gestão que ao final deve apresentar o RES igual ou melhor que o planejado.

Figura 6.2 Gráfico do RES⁴ da safra 2004 * Velocidade de Moagem

As figuras 6.3 e 6.4 mostram os resultados da simulação do cenário 9, que cenário real adotado pela empresa em estudo, para a safra de 2004, e os resultados da interface gráfica do DeltaV são seguintes:

Qmoagem	= 39,2 t/h.
Qálcool	= 734,2 l
Qdestilado	= 1468,4 l
Qbagaço	= 1180,6 kg/h
Qenergia	= 91,5 kW.h
Qvapor	= 5896,3 kgf.h

O caldo e o açúcar não estão em produção.

⁴ RES = ARP (Resultado do processamento no período = Apuração do resultado no período)

Figura 6.3 Planilha de Resultados da empresa em estudo.

Obs.: a $RES_{real} = -49,53 < RES_{planejada} = 481,06$.

O resultado acima, de forma isolada, não é representativo pois apresenta o valor num determinado instante que pode ser diferente do valor planejado. É significativo quando comparado com o valor planejado instantâneo e a média do resultado acumulado tanto planejado quanto realizado.

Figura 6.4 Tela do fluxograma dinâmico da empresa em estudo.

O fato do RESreal ser negativo não implica em que o processo está gerando prejuízo.

A diferença entre o resultado real e o planejado foi induzido com uma variação na quantidade de moagem que é representada por uma variação aleatória de mais ou menos 5 toneladas.

Esta variação aleatória foi gerada por uma função randômica. Este tipo de variação ocorre nas plantas industriais em função dos desajustes nos equipamentos do processo. A correção desses desajustes podem ser feitos através da correção de parâmetros físicos da instalação.

7 CONCLUSÕES

O uso das variáveis econômicas na monitoração do processo permite otimizar os resultados, valorizando os produtos que trazem maior contribuição à empresa.

É possível identificar as quantidades processadas de cada produto, considerando dados reais apurados durante o processamento pelo sistema de monitoramento, o que garante a confiabilidade dos resultados.

A administração do processo produtivo através do sistema integrado – que agrega o sistema de monitoramento e o modelo econômico - facilita as tomadas de decisões quanto ao andamento da produção, pois as variações ocorridas são instantaneamente identificadas e as distorções podem ser corrigidas, de tal forma a atingir o resultado previsto. O melhor resultado, como já visto, é obtido através de acompanhamento do desempenho da produção comparado com o resultado adotado através de simulações do modelo, objeto deste trabalho.

A manipulação de dados seguro por meio eletrônico eliminando possíveis erros humanos, portanto mais confiáveis; dados coletados e valores do resultado muito próximos da realidade; informações mais confiáveis e seguras e decisões mais precisas; resultados instantâneos e resultados acumulados por períodos determinados; possibilidade de gestão à distância do processo produtivo através de meios e dispositivos automáticos; as limitações físicas do processo produtivo como rendimentos, capacidades de produção podem ser controladas pelo sistema de monitoração, que é parte integrante do próprio modelo de gestão proposto; e alterações de valores de mercado como demanda, preços de produtos e matéria prima, custos de mão de obra e insumos podem ser simulados.

Uma vez definidas, outras configurações de produção, como quantidade no processamento conjunto e *mix*, podem ser imediatamente implementada dentro de restrições físicas do processo.

O sistema de monitoramento proposto neste trabalho tem condição de controlar e atuar no processo produtivo, de forma a atingir o objetivo de maximizar o resultado RES.

É possível definir os pontos de quantidades mínima e máxima e, a partir deles, estabelecer a condição de contorno da produção. A produção deve ser operada dentro desses valores, para garantir resultados positivos durante todo o período de processamento.

O sistema monitorado permite atuar no processo, ajustando o volume de trabalho às condições econômicas acima descritas, em intervalos de tempo tão pequenos quanto permitido pelas características dos equipamentos utilizados no processo.

O ajuste do processo leva a definir o *set point* dos equipamentos, facilitando o trabalho tanto da operação - sem risco de erro por parte do operador – quanto do gerenciamento eficiente - por parte da administração.

Entretanto, outras possibilidades - como a variação do preço de venda de cada produto em função da oferta e do mercado, e o aumento de custos decorrente da utilização mais intensa dos equipamentos – devem ser considerados.

Essas duas situações levam a RES a um comportamento diferente daquele apresentado nesta tese, e mais próximo da realidade. Assim, novas investigações – que contemplem tais aspectos – devem ser implementadas com o auxílio do sistema de simulação proposto, cujo espectro de abrangência é suficientemente amplo para incluir outras variáveis que não aquelas aqui relatadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, E. L. **Introdução à pesquisa operacional**. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2000. 277 p.
- BRUNSTEIN, I. **PRO-174 Economia de empresas**. Apostila de Curso – Departamento de Engenharia de Produção, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo: USP, 2001.
- _____. **Uma proposta de modelagem econômica de processos químicos com produção de produtos conjuntos**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA, 10., 1994, São Paulo. Anais do 10º Congresso Brasileiro de Engenharia Química. São Paulo: USP, 1994. p.1149-1154.
- BRUNSTEIN, I.; TOMIYA, E. H. **Modelo econômico de empresa sucro alcooleira**. G & P, São Paulo, v.2, n.3, p. 264-280, dez. 1995.
- EMERSON PROCESS MANAGEMENT. **PantWeb**: uma arquitetura revolucionária de automação de controle de processos. [Sorocaba]:[s.n.], [2004].
- FESTO DIDACTIC. **Process Control System**: Control of temperature, flow, pressure and filling level. Manual. Denkendorf: Frank Ebel, 1998. 90 p.
- FUSCO, J. P. A. **Unidades estratégicas de negócios**: uma ferramenta para gestão competitiva de empresas. G&P, São Paulo, v.4, n.1, p.36-51, abr. 1997.
- GAITHER, N.; FRAZIER, G. **Administração da produção e operações**. 8. ed. São Paulo: Pioneira, 2002. 586 p.
- HUGOT, E. **Manual da engenharia açucareira**. 1 ed. São Paulo: Mestre Jou, 1977. 544 p.
- INSTITUTO CUBANO DE INVESTIGACIONES DE LOS DERIVADOS DE LA CAÑA DE AZÚCAR. **La industria de los derivados de la caña de azúcar**. Havana: Editorial Científico-Técnica, 198-?. 576 p.
- MARTINS, E. **Contabilidade de custos**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 1991.
- MILLER, R. W. **Flowmeter engineering handbook**. 2. ed. New York: McGraw-Hill, 1989.
- MILSANT, M. **Automatisme a sequences**. 3. ed. Paris: Eyrolles, 1991.
- PEREIRA, A. **A “conversa” no barramento Foundation Fieldbus**. [s.l.]:[s.n.], [2003]
Disponível em: <http://www.augusto.sp13.net>
Acesso em: 31 mar. 2004.
- PEREIRA, A. P.; SANTOS, L. **Arquiteturas Híbridas de Controle de Processos**: do sonho do passado à realidade dos dias de hoje. [s.l.]:[s.n.], [2003]
Disponível em: <http://www.augusto.sp13.net>
Acesso em: 31 mar. 2004.

- PEREIRA, A. P.; SANTOS, L. **Gerenciamento de ativos**: exemplos de diminuição de custos no projeto e durante a operação. [s.l.]:[s.n.], [2003]
Disponível em: <http://www.augusto.sp13.net>
Acesso em: 31 mar. 2004.
- PEREIRA, A. P.; VERHAPPEN, I. **Foundation Fieldbus**: a pocket guide. USA: [s.n.], 2002. ISBN 1-55617-775-5.
- RELCOM. **Fieldbus Wiring Guide**. rev. A. Forest Grove: [s.n.], 2004. ref. 501-123.
- ROSA, L. C. **Modelo econômico para empresa agro-industrial**. 1999. 126 f. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia de Produção, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.
- TOLEDO, N. N. Custos Industriais. In: CONTADOR, J. C. (Org.). **Gestão de operações**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1998. 367-382 p.
- TOMIYA, E.H. **Modelo econômico de empresa sucroalcooleira**. 1994. 158 f. Dissertação (Mestrado) Departamento de Engenharia, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 1994. 2 v.
- TOUILLEZ, R.; CHAPNIS, M.; CROS, J. P. **Tecnologie de l'automatisation**. Paris: Desforges, 1991.

FISICAL AND ECONOMIC INTERFACE FOR CO-PRODUCTION PROCESS MANAGEMENT

Abstrat: This work describes fisical and economic interface for co-production process management. The economic model is based on a co-production process, a typical continuos process plant. The simulation system is based on a Professional Continuos Process Monitorating System. The simulation was make on a sugarcane process, a typical brasilian company.

Key-words:*Economical model of company, co-production process management, continuos process monitorating system.*