

SIMULAÇÃO DE UM PROCESSO DE TRANSFERÊNCIA E ESTOCAGEM DE GLP UTILIZANDO REDES DE PETRI

SÉRGIO L.S. TEBEL, JOÃO A.F. ABRO, FÁLVIO NEVES JR., L.V.R.D. E ARRUDA, M. AURIZIO TAZZA

CPGEI, CEFET - PR

Av. Sete de Setembro, 3165, 80230 - 901 Curitiba, PR, BRASIL

E-mails: {stebel, joao, neves, arruda, tazza} @cpgei.cefetpr.br

Resumo— Este artigo apresenta um modelo de simulação para a operação de transferência e estocagem de GLP (Gás Liquefeito de Petróleo) numa refinaria, utilizando Redes de Petri. O modelo proposto integra tanto a parte contínua (preenchimento e esvaziamento) das esferas de GLP quanto a parte discreta de controle operacional da transferência. Como vantagem, o modelo permite a visualização e simulação do problema, realizando testes dos planos de envio e recebimento, apesar da complexidade das operações a serem realizadas. Além disso, possibilita o diagnóstico de pontos críticos da planta.

Abstract— This work develops a simulation model to the LPG (Liquefied Petroleum Gas) transfer and storage operations. The proposed model, based on Petri Nets, integrates the continuous and discrete parts of the process. The model allows the visualization and simulation of the problem. It helps the test and correct its scheduling plans despite the complexity of the operations. It also makes possible to find the system bottleneck.

Keywords— Petri Nets, Refinery, Liquefied Petroleum Gas, Storage.

1 Introdução

A otimização dos processos operacionais tem se revelado um fator crítico de sucesso para as organizações, via bilizando a obtenção de ganhos de produtividade, a melhoria dos níveis de serviço e atendimento aos seus clientes, assim como a contínua redução dos custos operacionais. A alocação ótima dos recursos produtivos, considerando as restrições monetárias, físicas e operacionais impostas pela estrutura e processos produtivos, representa uma constante preocupação para as organizações, quais quer que sejam suas áreas de atuação. Em diversas atividades de negócio, tais como a programação da alocação de pessoas, a programação de ordens de produção, seqüência de atividades, de fronteira - sempre como problema clássico de otimização: como utilizar recursos críticos da melhor forma possível?

As refinarias de petróleo, desde a década de 50, empregam recursos computacionais direcionados nas atividades de *planning* (planejamento) e *scheduling* (programação), utilizando técnicas de programação linear, que permanecem como a metodologia mais empregada para modelagem de plantas químicas, apesar das limitações quanto à capacidade de modelagem.

Como intuito de aumentar a capacidade de decisão do operador, no momento de tomada de decisão, faz-se necessário o uso de técnicas de modelagem de simulação baseadas em Redes de Petri que permitam ao operador visualizar o comportamento de um processo de estocagem e distribuição de GLP. A simulação dinâmica, realizada através de um simulador das Redes de Petri (Drathetal., 1998) permite o diagnóstico de pontos críticos do problema e a experimentação de diferentes abordagens para sua solução. Através deste modelo, obtém-se também conclusões que

auxiliam na modelagem matemática do processo de otimização do sistema.

2 Desenvolvimento

2.1 Descrição do Problema

O gás liquefeito de petróleo (GLP) é basicamente uma mistura de hidrocarbonetos com 3 ou 4 átomos de carbono e recebe este nome pela possibilidade de liquefação por compressão à temperatura ambiente. O GLP pode ser separado das frações mais leves do petróleo ou das mais pesadas do gás natural. O fato de o GLP poder ser liquefeito por compressão relativamente baixas permite o armazenamento de grandes quantidades do produto em esferas. À pressão atmosférica e temperatura ambiente é um produto gasoso. Nas condições de armazenamento e transporte encontra-se na fase líquida. Para que os vazamentos de gás sejam facilmente identificados, compostos odorantes baseados em xofos são adicionados, apenas para lhe conferir um odor característico.

Um problema encontrado em algumas refinarias é o déficit de GLP para atender o mercado, como o caso da refinaria de Araucária (REPAR) que produz apenas 3/4 de sua demanda. O complemento deste produto é suprido por navios pelo porto de Paranaguá e transportado à REPAR por um sistema de poliduto, sendo depois distribuído às bases das distribuidoras (Schechtmanetal., 2000).

O recebimento de gás do poliduto implica em várias decisões a serem tomadas pelo programador, para a operação do sistema de armazenamento. A tomada de decisão por parte do programador é dificultada pela complexidade e pelo caráter dinâmico do sistema durante a otimização da planta. Uma descrição completa do problema pode ser encontrada em Stebeletal., 2001a.

2.2 O Modelo em Redes de Petri

O processo de armazenamento e distribuição de GLP é contínuo. As esferas são alinhadas com os dutos e então preenchidas (ou esvaziadas) de maneira contínua, em função das vazões dos equipamentos envolvidos nas operações. Por outro lado, as operações de decisão podem ser consideradas eventos discretos no tempo, por exemplo, o início de recebimento. Destemodo, a modelagem do processo de estocagem e distribuição de GLP pode ser realizada por Redes de Petri (Macielel et al., 1996). Neste trabalho, foram utilizadas as redes de tipo temporizadas (Reisig, 1985; Merlin, 1974). Nesta classe de redes, o tempo para a realização de uma transição (Cardoso e Valente, 1997) é alocado às transições, determinando um tempo mínimo até que uma transição esteja habilitada e possa ser disparada. Através da definição dos tempos e codificação da duração de cada tarefa do processo (tarefas de recebimento, período de repouso e análise, e envio de gás).

O modelo em redes de Petri foi escolhido por permitir simulações dinâmicas de instâncias do problema, a partir das quais é possível a detecção de gargalos, identificação de problemas no planejamento e ainda visando a otimização do sistema.

O modelo foi separado em duas partes principais, uma de recepção de gás e outra de distribuição. O modelo de recepção trata as duas fontes de gás presentes no processo, que são:

- o fluxo constante de gás (C3 e C4) proveniente do processo de refino;
- o fluxo proveniente de fontes externas, representadas nos casos por um poliduto (R) de recebimento, ligando um terminal a uma refinaria, por onde o gás GLP/C3, descarregado por navios até o terminal, é enviado ao parque de estocagem da refinaria.

Após a recepção, o gás deve permanecer durante um tempo mínimo nas esferas de armazenamento para a acomodação. Concomitantemente, é realizada uma análise para garantir a qualidade e pureza do gás recebido. Uma vez tendo sido testado e liberado, o gás está pronto para distribuição.

O processo de distribuição também é realizado por duas tubulações existentes no parque de armazenamento. Um dos dutos conduz o gás para as empresas locais e o outro para o parque de estocagem em outra localidade (poliduto (E) de envio). As empresas locais recebem remessas de gás proveniente de uma esfera de estocagem por bombeio ou ainda C3 e C4 misturados no momento do envio, em proporções iguais. Nos bombeios para o poliduto (E) deve haver um acúmulo de envio de GLP por C3. Esta cotadeve ser a oferta de poliduto utilizado por vários produtos, não sendo, portanto, de uso exclusivo de gás.

Para modelar o processo de recebimento, a estocagem e o envio de GLP, a Rede de Petri foi dividida em blocos, responsáveis pelos processos de

recepção, armazenamento e envio de gás. Os processos de recepção e envio, por sua vez, foram modelados levando em consideração o caráter contínuo (Drathetal., 1998). Desta forma, estes modelos permitem a visualização dos estados intermediários nos quais se encontram os processos. Isto foi realizado através da discretização dos fluxos de gás, utilizando transições temporizadas. Cada marca, nesta parte do modelo, representa uma quantidade de 50 m³ de gás. Este valor foi determinado por ser o máximo denominador comum entre as várias vazões do sistema de dutos. O processo de refino produz gás a uma vazão de 100 m³/h, sendo 50 m³/h a vazão de gás C3 e 50 m³/h a vazão de gás C4. O poliduto (E) transporta GLP por gás C3 a uma vazão de 250 m³/h. O duto de distribuição de gás para os clientes locais, bem como o poliduto (R), possuem vazões de 375 m³/h.

As vazões dos dutos do sistema, assim como os tempos de bombeio para enchimento e esvaziamento das esferas, são apresentados na tabela 1. O tempo necessário para que uma marca (representando 50 m³ de gás) entre ou saia de uma esfera foi modelado pela alocação de tempos às transições presentes nos modelos de recepção e envio.

Tabela 1. Vazões dos Dutos e Tempos de Bombeio para Esferas.

Duto	Vazão (m ³ /h)	Tempos de Bombeio	
		Esfera 1300m ³	Esfera 2600m ³
Poliduto (R)	375 m ³ /h	±3,5h	±7h
Proc. Unido	100 m ³ /h	13h	26h
Proc. C3/C4	50 m ³ /h	26h	52h
Poliduto (E)	250 m ³ /h	±5h	±10h
Dist. Local	375 m ³ /h	±3,5h	±7h

2.3 O Modelo do Recebimento do Gás

A figura 1 apresenta o modelo de recebimento do gás. Este modelo inicia sua operação quando é colocada uma marca no lugar "Continuar Recebimento" que habilita o início do processo de recebimento de gás. A presença de uma marca neste lugar habilita o disparo da transição denominada "Recebendo". Esta transição é temporizada e seu tempo de espera representa o tempo necessário para que seja recebida uma certa quantidade de gás (discretizado para representar 50 m³). No exemplo da figura 1, considera-se o fluxo de gás de 50 m³/h (vindo de um duto do processo de produção) sendo, portanto, necessária uma hora para que esta transição esteja habilitada para disparo, neste caso. Após este tempo, a transição é disparada e uma marca representando os 50 m³ recebidos é colocada no lugar intermediário "Rec50" (50 m³ recebidos). Uma marca neste lugar habilita a transição "t₁", que coloca uma marca no lugar denominado "Esfera 1300", outra marca no lugar "Teste de Cheio" e mais uma no lugar "Habilitação".

Uma marca no lugar "Teste de Cheio" habilita o processo de verificação e a capacidade da esfera (em marcas) já foi preenchida. O lugar "Esfera 1300" possui uma capacidade limitada de marcas,

representando a quantidade de gás que a esfera comporta. No caso das esferas de 1300m³, esta capacidade é dada pelo número de marcas (50m³) que completam a capacidade da esfera. Nestes casos, esta capacidade é de 26 marcas (26x50=1300m³).

Enquanto a capacidade máxima do lugar “Esfera 1300” não for alcançada, a marca em “Teste de Cheio” dispara a transição t₂, logo após colocando uma marca no lugar “Não Cheio”.

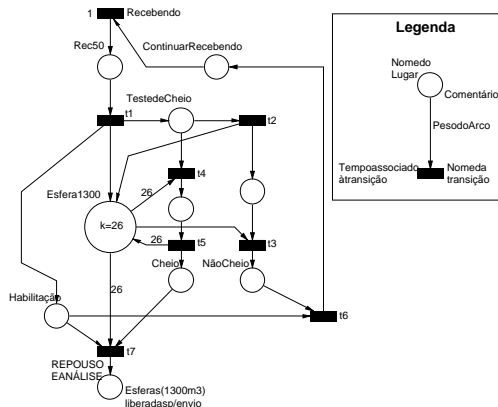


Figura 1. Modelo do Recebimento de Gás nas Esferas.

Esta marca permite que se dispare a transição t₆, permitindo que se continue o processo de recebimento. Caso o lugar “Esfera 1300” esteja totalmente preenchido (com 26 marcas), a transição t₄ é disparada (ao invés de t₂), logo após, a transição t₅ é disparada, colocando uma marca no lugar “Cheio”. Esta marca habilita o final do processo de recebimento, disparando a transição t₇ que libera a esfera para armazenagem e análise de gás.

Este modelo permite que mudanças no fluxo de recebimento apenas alterem a temporização da transição “Recebendo”. Esta temporização pode ser definida pelo programador, possibilitando o controle total da simulação. Outra vantagem deste modelo é que, a qualquer momento, o operador pode saber quanto gás já foi recebido e quanto ainda falta receber, tendo a informação completa sobre o estado do modelo sendo simulado.

Para que o processo de recebimento de gás no sistema possa ter início, é necessária a alocação de dois recursos distintos: um duto ou uma esfera. Devido à presença de esferas de estoque em duas diferentes dimensões de duas linhas de recebimento de gás (Poliduto Re Processo), com diferentes vazões, foram utilizados quatro blocos como o da figura 1 para modelar o recebimento do gás no parque de estoque. Na figura 2, estes blocos são representados dentro de um retângulo tracejado identificado pelo nome “Modelo de Recebimento”.

Como os dutos são independentes, é necessário modelar o paralelismo no processo de recebimento, pois as duas tubulações podem estar transportando gás simultaneamente e enchendo duas esferas de armazenamento ao mesmo tempo.

2.4 Seleção dos dutos e esferas

Na figura 2, para que o processo de recebimento tenha início, é necessária a alocação de um duto, no caso o ligando ao poliduto (R). É necessária também, simultaneamente, a alocação de uma esfera, no caso da figura, uma com capacidade de 1300m³. No lugar denominado E-1300 existem quatro marcas, indicando a existência de quatro esferas com esta capacidade disponível para o processo de recebimento de gás. É necessária também a presença de uma quantidade de marcas no lugar denominado “GLP proveniente do Poliduto R”, que é igual à quantidade de gás disponível para o recebimento, sendo que cada marca representa 50m³ de gás. O processo de refino produz um fluxo constante de gás, representado neste modelo por uma quantidade infinita (um sinal “+”) no lugar “C3+ C4=GLP proveniente do Processo”. Isto indica a presença constante de marcas disponíveis para a alocação neste lugar.

O processo de recebimento tem início no momento da alocação dos recursos, quando ocorre o disparo da transição de recebimento de cada um dos blocos “Modelo de Recebimento”. No caso de recebimento de gás pelo poliduto (R), é necessário que o operador coloque uma quantidade de marcas no lugar “GLP proveniente do poliduto (R)”. O disparo da transição inicial de um bloco de recebimento retira as marcas deste lugar, indicando que este poliduto será utilizado, e retira também uma marca do lugar “E-1300” ou do lugar “E-2600”, indicando a utilização de uma esfera deste tipo para o recebimento.

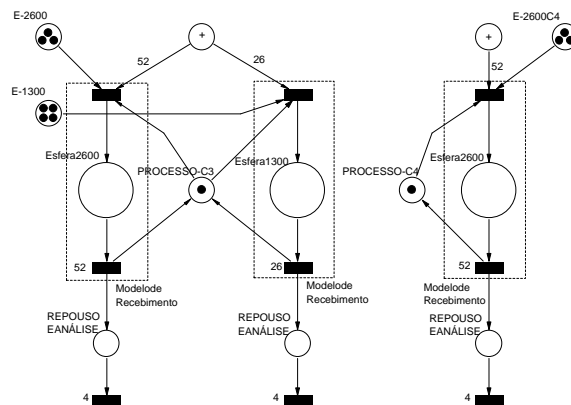


Figura 2. Seleção das Esferas e Dutos para Recebimento de GLP

Este modelo representa a competição por recursos compartilhados (esferas e dutos). Os tempos para o preenchimento das esferas com gás dependem tanto do fluxo do duto de recebimento quanto da capacidade da esfera. Para se calcular estes tempos, se divide a capacidade da esfera (1300 ou 2600m³) pelo fluxo de recebimento (375m³ para o poliduto R e 100m³ para o processo de refino) chegando aos valores apresentados na tabela 1.

Para completar o modelo de recebimento de gás é necessário também tratar duas outras situações: uma na qual os fluxos provenientes do processo de refino não estão alinhados e outra quando o gás recebido pelo poliduto (R) é C3 e não GLP. No caso em que os fluxos de C3 e C4 procedentes do refino são separados, é necessário aloca-los em esferas separadas, uma para receber gás C3 e outra para receber gás C4. O gás C4, por suas características físicas, precisa ser armazenado numa esfera de maior capacidade e resistência à pressão. Destemodo, quando os fluxos são separados, o gás C3 é armazenado numa das 7 esferas disponíveis para armazenamento de GLP (de 1300m³ e 3 de 2600 m³), enquanto o C4 é armazenado numa das 3 esferas (de 2600m³) disponíveis especificamente para este fim. Quando os fluxos são divididos, a marca existente no lugar denominado "Processo" é retirada e são colocadas duas outras marcas na rede, nos lugares "Processo C3" e "Processo C4", que modelam o recebimento dos gases em esferas diferentes. Esta parte do modelo é apresentada na figura 3.

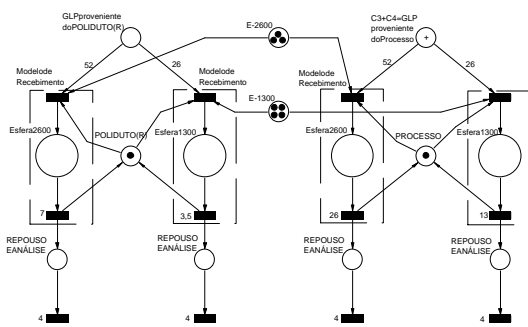


Figura 3. Seleção das Esferas e Dutos para Recebimento de C3 Separado de C4 Provenientes do Processo de Refino.

No caso do recebimento de C3 pelo poliduto (R), o funcionamento é idêntico ao caso em que este produto é GLP (figura 2, lado esquerdo).

2.5 O Modelo do Envio de Gás

Para o processo de distribuição foi desenvolvido um modelo similar. O modelo para a seleção dos canais

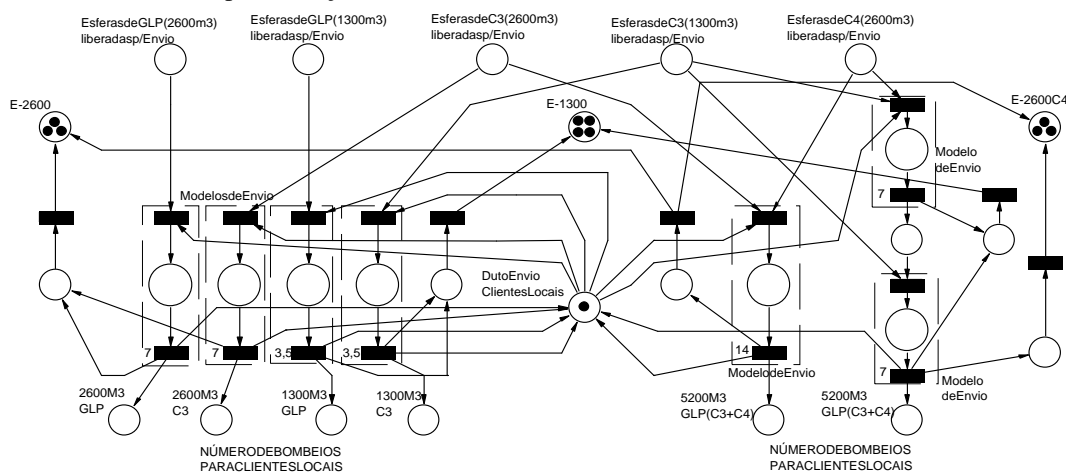


Figura 4. Seleção das Esferas e Gasodutos para Envio de GLP, C3 ou C3+C4 para os Clientes Locais.

de envio do gás para os clientes locais é apresentado na figura 4. Este modelo representa, através dos conflitos, a alocação do único duto disponível para envio do gás, representado por um amarelo no lugar denominado "Duto Envio Clientes Locais".

Na figura 4, os blocos denominados "Modelo de Envio" representam o processo de envio, que é modelado por uma rede similar à do processo de recebimento apresentado na figura 1. Nestes blocos é alocado um tempo indicando a previsão de término do processo de envio. Esta previsão é realizada a partir das vazões médias dos dutos e dos volumes de gás sendo enviados. É possível enviar várias combinações de produtos através do gasoduto, em vários volumes distintos. Pode-se enviar GLP, ou enviar somente gás C3, através de esferas de 1300 ou 2600m³ cheias com estes produtos, ou enviar um gás GLP formado por 50% de C3 e 50% de C4; Porém, neste último caso, é preciso utilizar uma esfera de C4 (2600m³) em combinação com uma esfera de C3 (2600m³) ou duas esferas de C3 (de 1300m³).

Quando a combinação de uma esfera de C4 (2600m³) e duas esferas de C3 (1300m³), ocorre um caso especial que deve ser tratado. Neste caso, o processo de envio deve enviar primeiramente metade do conteúdo da esfera de C4 simultaneamente com o conteúdo de uma esfera de C3. Isto é representado pelo primeiro bloco de envio no fluxo de fluxo mais à direita na figura 4. Após o envio do conteúdo desta esfera de C3, esta é liberada e uma outra esfera de C3 é alocada para continuar o processo de envio. A única restrição é que, no momento do início do bombeio, uma esfera de C4 (2600m³) e uma de C3 (1300m³) estejam prontas para envio, e mais uma esfera de C3 (1300m³) já esteja sendo encheda, para estar disponível no momento oportuno. Esta situação deve ser garantida pelo operador do modelo de simulação.

Na figura 5 é apresentado o modelo completo em rede de Petri. Nas áreas tracejadas desta figura podem ser visualizados os modelos de recebimento (Área 1) e de envio de gás (Área 2).

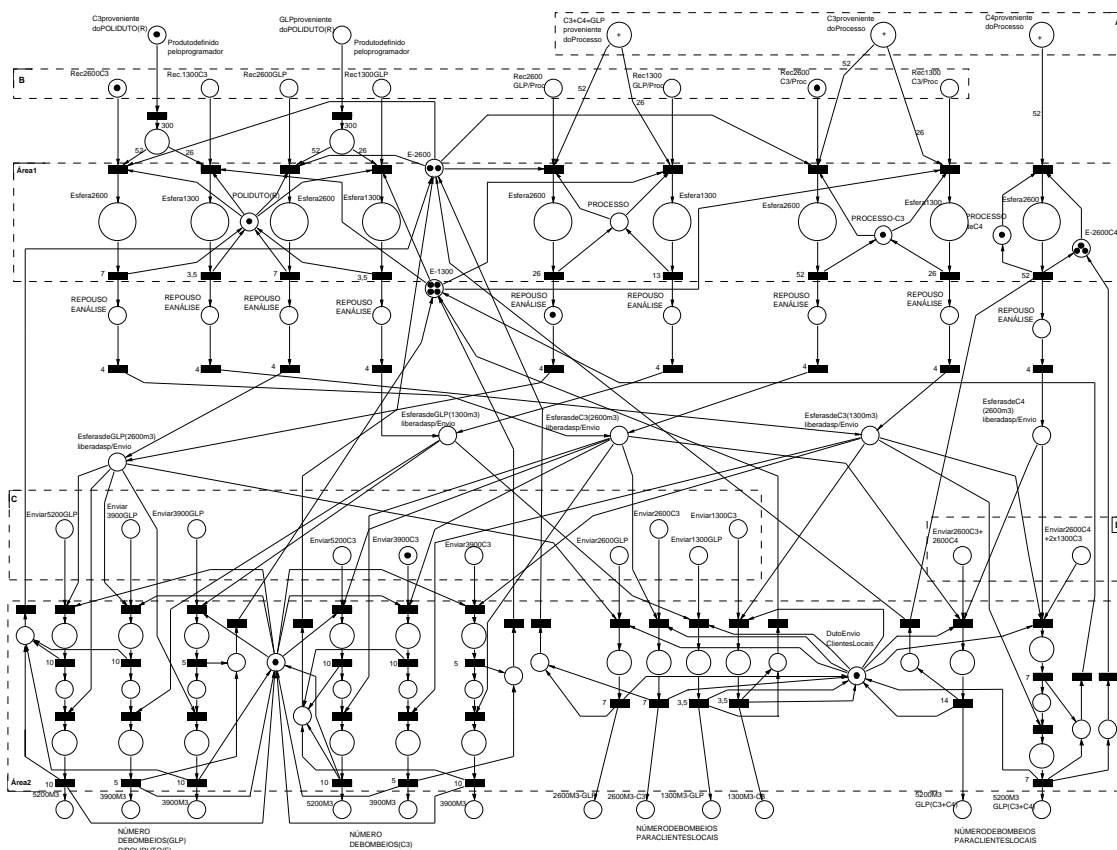


Figura 5. Modelo Completo em Redes de Petri.

3 Simulação do Modo

3.1 Auxílio à Tomada de Decisão

A modelagem do sistema de recebimento, armazenagem e envio de gás permite ao operador realizar simulações controladas do comportamento do sistema real. A rede pode ser controlada em alguns pontos, como nos locais de conflito de rede, de modo a obter subsídios para uma posterior tomada de decisão.

Os pontos de controle operacional da simulação estão representados na figura 5 através das áreas tracejadas e identificadas por letras.

A área de controle A representa a decisão de separar as correntes de propano (C3) e butano (C4) provenientes do processo de refino. Esta decisão deve ser tomada pelo operador da simulação, com base no planejamento da refinaria.

A escolha de qual tamanho de esfera será alocada pelo processo de recebimento é um conflito que deve ser resolvido pela escolha do tipo de esfera que será utilizada. Esta situação pode ser controlada pela colocação de marcas nos lugares destacados na área de controle B.

Numa determinada situação em que o operador queira informar a demanda respectiva do produto para um destino, este deverá colocar marcas nos lugares destacados na área de controle C. O envio de propano e butano simultaneamente para clientes locais é apresentado na área de controle D.

3.2 Estudo de Caso

Uma situação encontrada na prática é o déficit de gás para atender o mercado (item 2.1). Neste estudo de caso, será simulado o recebimento de uma quota de 15.000 m³ (300 marcas de 50 m³) de gás C3. Nesta situação, deve-se colocar uma marca no lugar denominado "C3 proveniente do poliduto (R)". Para separar as correntes de C3 e C4 do processo, deve-se colocar marcas nos lugares "C3 proveniente do processo" e "C4 proveniente do processo" (área A). Neste momento, deve-se selecionar os tipos de esferas que irão receber os gases. Este controle é realizado colocando marcas nos lugares de seleção de esferas para recebimento (área B). As marcas nestes lugares devem ser colocadas à medida que o processo é simulado. Nesta simulação, foi selecionada inicialmente para o recebimento de C3 proveniente do poliduto (R) uma esfera de 2600 m³ (umamarca no lugar "Rec2600C3"). De modo análogo, foi também selecionado o tipo de esfera que irá receber C3 da unidade de processo (umamarca no lugar "Rec2600 C3/Proc").

A partir deste ponto inicia-se a simulação. As esferas são alocadas, e o processo de recebimento começa. Quando uma esfera termina de receber, ela passa para o estado de repouso/análise (4 horas). Concluída esta etapa, a esfera está disponível para o processo de envio.

Normalmente o processo de envio é um processo de negociação entre a refinaria e seus clientes. No início da simulação apenas a demanda para o poliduto

(E) estava acertada, sendo de 3900 m³ (C3), com início 12 unidades de tempo (UT) após o começo da simulação (uma UT equivale a uma hora de bombeio na refinaria). O envio de produto para o 'poliduto E' deverá satisfazer uma cota mínima, sendo esta igual ao volume de duas esferas de 2600 m³ ou uma de 2600 m³ mais uma de 1300 m³. Para garantir a continuidade desta operação é necessário que, quando iniciado o envio da primeira esfera, exista uma segunda esfera cheia, que deverá ficar reservada para enviar para o mesmo destino assim que acabar o envio da primeira.

Após 31 UTs, constatou-se que não havia mais esferas para a continuidade do recebimento. Esta situação, na prática, força um parar do recebimento do poliduto (R), aumentando o custo operacional do sistema.

Algumas alternativas para evitar esta situação crítica foram identificadas. Como a vazão de recebimento do processo de refino é muito menor do que a vazão de recebimento do poliduto, é interessante optar pelas esferas menores (1300 m³) para este recebimento. Este fato ficou evidenciado através de simulações, pois a alocação de esferas maiores para o processo aumenta a possibilidade de ocorrer falta de espaço para a continuidade operacional. Considerando que havia uma esfera de GLP em repouso no início da simulação, esta poderia ter sido agendada para enviar para clientes locais o mais antecipado possível, liberando deste modo mais uma esfera para o recebimento.

4 Conclusão

Neste projeto foi demonstrado a factibilidade da modelagem de um processo contínuo controlado por eventos discretos. Este modelo permitiu integrar o processo tanto a parte contínua (preenchimento e esvaziamento) quanto a parte discreta de controle operacional além de permitir a visualização e simulação de algumas instâncias do problema e, a partir delas, otimizar o sistema. Com a alteração de algumas restrições, este modelo pode ser aplicado em refinarias que tenham cenário parecido com o modelado.

O modelo desenvolvido pode ser utilizado para simular planos de recebimento e envio, de modo a detectar (e corrigir) possíveis problemas que venham ser encontrados. Devido à complexidade do modelo, fica claro que o processo de planejamento não é trivial e a possibilidade de simulação gráfica do processo através de um simulador de Redes de Petri facilita muito o teste dos planos. Além disso, o próprio processo de modelagem permite a detecção dos pontos críticos e permite uma análise matemática do problema.

Visando a aplicação deste modelo em situações reais para auxílio à tomada de decisão operacional, algumas etapas complementares devem ser realizadas:

- o desenvolvimento de uma interface amigável para o usuário final (operador de refinaria), para a operação do modelo em Redes de Petri de modo transparente;
- a otimização do sistema, esta etapa foi desenvolvida por Stebel et al. (2001b). O modelo de otimização está baseado em técnicas de programação inteira mista.

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio financeiro da Agência Nacional do Petróleo do CTPetro/Financiadora de Estudos e Projetos (PRH-10/CEFET-PR). O segundo autor agradece o apoio financeiro do CNPQ.

Referência Bibliográfica

- Cardoso, J. e Valente, R. (1997). "REDES DE PETRI". Editora da UFSC, Florianópolis, SC.
- Drath, R.; Engmann, U. and Schwuchow, S. (1998). "Hybrid Aspects of Modelling Manufacturing Systems by Using Modified Petri Nets". Preprints of the 5th IFAC Workshop on Intelligent Manufacturing Systems. Gramado - RS, Brazil.
- Maciel, P. R. M.; Lins, R. D. e Cunha, P. R. F. (1996). "INTRODUÇÃO ÀS REDES DE PETRI E APLICAÇÕES". Departamento de Informática - Universidade Federal de Pernambuco. 10⁰ Escola de Computação.
- Merlin, A. (1974). A Study of the Recoverability of Computational Systems, Dept. of Information and Computer Science, PhD Dissertation, Univ. of California.
- Reisig, W. (1985). Petri Nets - An Introduction, Springer-Verlag.
- Schechtman, R.; Vieira, J. V. C.; Moreira, J. G. S.; Costa, L. S. e Nascimento, D. L. (2000). A Infraestrutura de GLP na Região Sul. *Anais do Rio Oil & Gas Expo and Conference*.
- Stebel, S. L., Fabro, J. A., Neves Jr., F., Arruda, L. V. R. e Tazza, M. (2001a). Modelagem da Estocagem e Distribuição de Gás Líquido Feito de Petróleo Utilizando Redes de Petri. IISNCA - Salvador, Brasil.
- Stebel, S. L., Neves Jr., F., Arruda, L. V. R.; Watanabe, F. (2001b). Otimização Inteira Mista para o Problema da Estocagem e Distribuição de GLP em uma Refinaria de Petróleo. Artigo aceito para publicação no XXXIII - SBPO.