

OTIMIZAÇÃO DE PROCESSOS ATRAVÉS DO TRATAMENTO DOS DADOS OBTIDOS UTILIZANDO A TÉCNICA DE RECONCILIAÇÃO DE DADOS.

¹ERNESTO BERTOZO

²EDUARDO INGLEZ DE SOUZA

Resumo

Neste trabalho, tem-se o intuito de otimizar o processo de uma indústria, aplicando a reconciliação de dados como tratamento matemático para sua análise. Serão analisados os processos de queima do gás natural e de produção de hidrogênio, e serão validadas as variáveis inerentes ao processo através do software VALI, que faz a reconciliação dos dados. Com isso é possível mostrar quais são as melhores condições de operação do processo, reconciliando os dados de entrada, de saída e de operação dos equipamentos, melhorando assim as suas performances. A ação é dada sem alterações nos equipamentos ou na instrumentação, fazendo somente sugestões de alterações em variáveis do processo tais como vazões e temperaturas, por exemplo.

O software citado opera de maneira preditiva, calculando como os equipamentos estão operando e comparando estes dados com os dados da instrumentação, possibilitando que se possa evitar paradas desnecessárias para manutenção, bem como reparo de equipamentos e de instrumentos quando a performance e calibração dos mesmos não estiverem corretas.

Com isso, a otimização do processo é obtida sem alterações no “lay-out” da planta, podendo melhorar a performance da mesma, apenas alterando as variáveis do processo e eliminando paradas de manutenção e de calibração de instrumentos desnecessárias.

Palavras chave: Otimização , Reconciliação de dados , Gases industriais

1) Introdução

1.1) Validação dos Dados

A validação dos dados é uma técnica que usa a redundância, a qual está disponível no processo como a fonte de informação para corrigir as medidas do processo e extrair indicadores-chave de performance (KPIs – Key Performance Indicators). Cada medida é corrigida tão sutilmente quanto possível, de tal maneira que as medições corrigidas satisfaçam todas as incertezas do processo e os balanços de massa e energia são fechados. O conceito está ilustrado na equação

$$\text{Min} \sum_i \left(\frac{y_i^* - y_i}{\sigma_i} \right)^2 = \left(\frac{y_1^* - y_1}{\sigma_1} \right)^2 + \left(\frac{y_2^* - y_2}{\sigma_2} \right)^2 + \dots + \left(\frac{y_N^* - y_N}{\sigma_N} \right)^2$$

sujeito a

$$f(x_j, y_i^*) = 0$$

sujeito à $F(y, x) = 0$

$G(y, x) = 0$

y^* é o valor reconciliado da medida i

y é o valor medido da medida i

σ_y é o desvio esperado da medida i

x_j é a variável não medida j

σ_{xj} é o desvio posterior da variável x

$F(y, x) = 0$ são as restrições do processo.

$G(y, x) > 0$ são as restrições de desigualdade.

(limites...)

(1)

A validação se distingue da simulação através da forma como são analisados os resultados e empregada a equação (1). Enquanto a simulação é usada para avaliar o impacto da modificação de um parâmetro do processo, a validação usa a redundância de informação das medidas do processo para monitorar sua performance. A tabela abaixo identifica as principais diferenças entre simulação e validação.

Tabela 1 – Quadro comparativo entre simulação e validação

Validação	versus	Simulação
Usa modelo para melhorar dados	↔	Usa dados para melhorar modelo
Entradas e saídas são independentes	↔	Calcula as saídas a partir das entradas
Performance monitorada	↔	Performance prevista
As medidas são corrigidas com base na precisão	↔	As especificações devem ser verificadas com exatidão
A redundância é uma fonte de informação	↔	A redundância é uma fonte de problemas

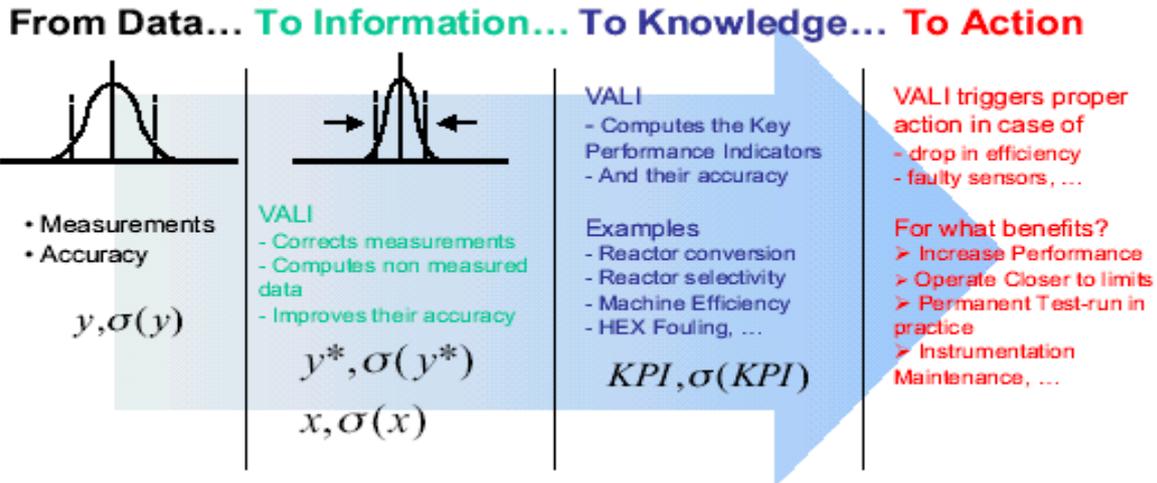


Figura 1 - Esquema da validação de dados

A figura 1 apresenta o fluxo que o esquema de validação de dados segue. Inicia-se com a leitura das informações da planta, seguida de uma correção destas medidas, retornando com os valores validados e suas respectivas precisões. A etapa seguinte consiste em analisar os dados e tomar as ações corretivas necessárias.

1.2) Soluções do Software VALI

O VALI usa a redundância de informação e leis de conservação de massa e energia para corrigir medições e convertê-las em informação confiável e precisa. As medições da planta, incluindo análise de laboratório, são corrigidas e os valores não medidos são calculados, assim como sua precisão. Embora haja outras publicações sobre este tópico, o conceito nem sempre é de conhecimento dos gerentes de processo. Os usuários das soluções do software VALI podem confirmar os benefícios financeiros, mas enfatizam muito mais o conhecimento que ganham no que concerne a planta. Isto permite direcionar o processo na busca da performance máxima.

Conforme indicado na figura 1, o VALI fornece o desvio padrão dos dados. Esta informação é muito importante e não é encontrada pela maior parte das outras ferramentas CAPE (computer aided process engineering). O que mais dá confiança do estado da planta é um resultado com seu desvio padrão. Por exemplo, um indicativo de $35 \pm 5\%$ é menos confiável que $36.2 \pm 0.3\%$.

Caso a temperatura ideal admitida fosse de 700°C , não é possível operar próximo do limite quando tem-se o valor de $695 \pm 14^\circ \text{C}$. O mais seguro é trabalhar com $690 \pm 4^\circ \text{C}$, por exemplo.

Dominar os dados de processo dá suporte a decisões corretas para alcançar uma performance máxima da planta.

1.3) Funcionamento do VALI

O VALI possui as seguintes características:

- Banco de dados de compostos químicos, propriedades físico-químicas, métodos preditivos das propriedades termodinâmicas, cinética de reações químicas, entre outras.

- Técnica do SQP/IP (successive quadratic programming) para solução de problemas de otimização e reconciliação de dados;
- Detecção de erros grosseiros e remoção opcional do conjunto de dados de entrada;
- Fácil de usar (interface gráfica de usuário intuitiva, facilidade para adicionar novas equações);
- Relatório minucioso e configurável.

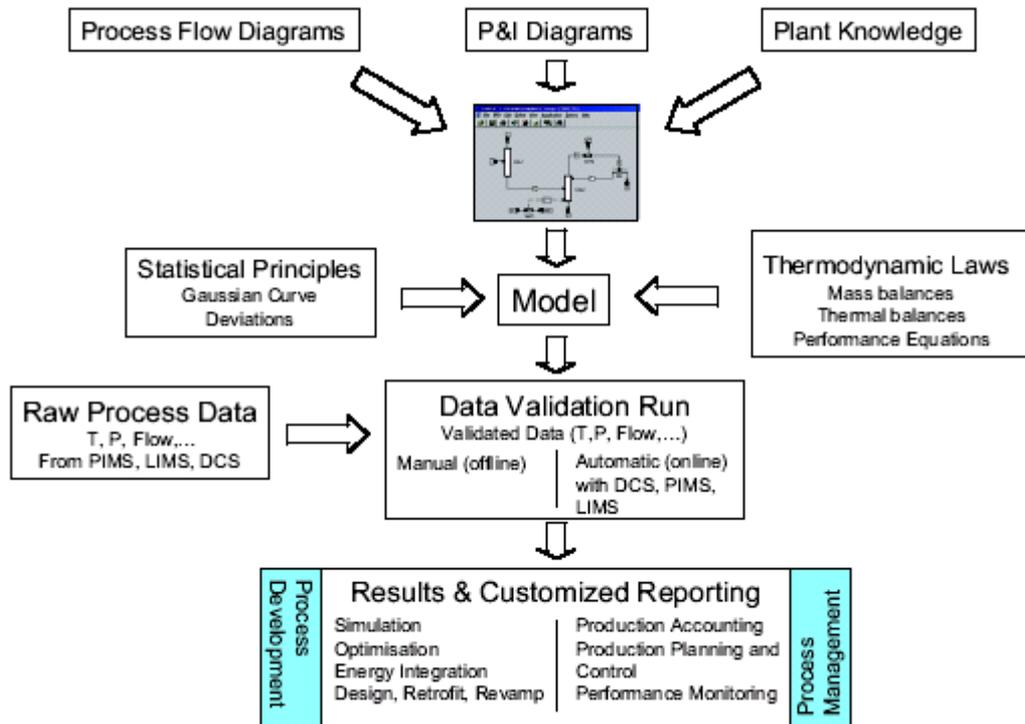


Figura 2 - Atuação do VALI

As aplicações do VALI são inúmeras e incluem:

- Monitoramento da performance do processo, relatório “on-line dos KPIs”, tais como resultados, seletividade da reação, abordagem do equilíbrio de fases, consumo de energia e eficiência do equipamento.
- Contabilidade da produção – procedimento rigoroso e automático para a contabilidade da produção baseado em balanços fechados de massa e energia e regras termodinâmicas.
- Testes da performance – auditoria de performance de usinas de força tem recebido o reconhecimento VDI 2048.
- Estudos de engenharia (reajustes de planta)
- Integração de energia em escala industrial.
- Gerenciamento da qualidade e segurança.

Benefícios:

- Um quadro mais claro da performance do processo.
- Operação mais próxima dos limites.
- Performance melhorada.
- Equilíbrio e controle de massa diário.
- Redução de perdas na produção.
- Equilíbrio e dosagem de compostos químicos.

- Identificação de sensores defeituosos (evitando recalibração desnecessária)
- Redução de custos de operação (consumo de energia, redução da emissão de CO2, ponto ótimo de operação).
- Custos de manutenção reduzidos.
- Custos de laboratório reduzidos, etc.

2.) Aplicações

2.1) Combustor de Gás Natural

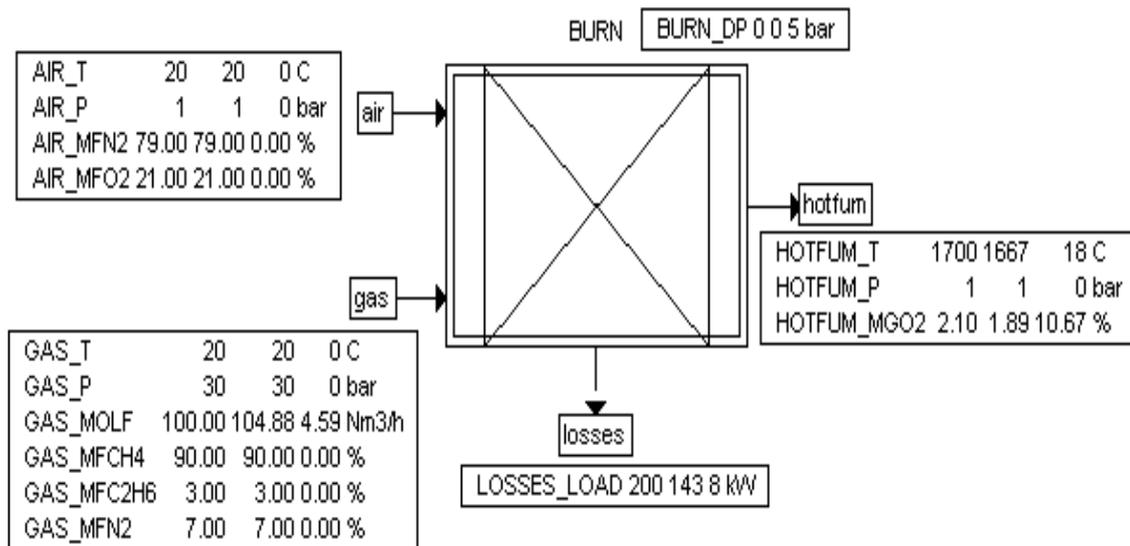


Figura 3 - Fluxograma básico do processo de combustão com gás natural

Tabela 2 – Quadro dos dados medidos na planta e reconciliados online pelo VALI

Tag name	MEDIDAS	PRECISÃO.	RECONCILIADAS	PRECISÃO
AIR_MFN2	79	CST	79	
AIR_MFO2	21	CST	21	
AIR_P	1	0,1	1,025	7,21E-02
AIR_T	20	CST	20	
BURN_DP	5,00E-02	5%	5,00E-02	5%
GAS_MFC2H6	3	CST	3	
GAS_MFCH4	90	CST	90	
GAS_MFN2	7	CST	7	
GAS_MOLF	100	5%	104,86	4,59%
GAS_P	30	0,1	30	0,1
GAS_T	20	CST	20	
HOTFUM_MGO2	2,1	10%	1,8882	10,70%
HOTFUM_P	1	0,1	0,97501	7,07E-02
HOTFUM_T	1700	20	1667,1	17,8
LOSSES_LOAD	200	10%	142,92	8,45

2.2) Produção de Hidrogênio a partir de Metanol e Água

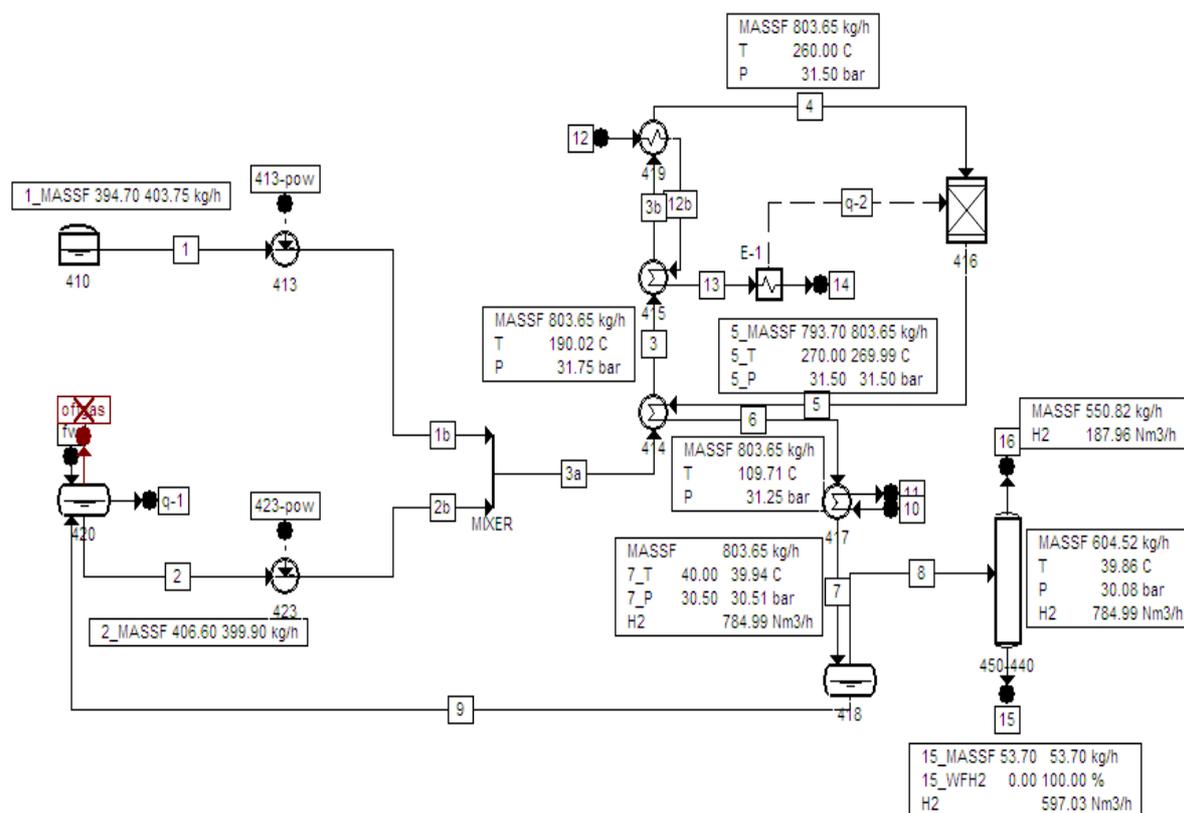


Figura 4 – Fluxograma do processo de produção de Hidrogênio a partir de Metanol e Água

Tabela 3 – Valores medidos e reconciliados do processo de produção de Hidrogênio.

TAG	MEDIDAS	PRECISÃO	RECONCILIADOS	PRECISÃO
10_MASSF	6410.0	5.00 %	6413.5	4.93 %
10_P	50.000	5.00 %	50.000	5.00 %
10_T	35.000	2.00	34.913	1.53
11_P	45.000	5.00 %	45.000	5.00 %
11_T	45.000	2.00	45.086	1.54
12_MASSF	47490.	5.00 %	47287.	5.00 %
12_P	20.000	5.00 %	20.000	3.34 %
12_T	280.00	5.00	277.16	2.89
13_P	18.000	5.00 %	18.000	3.72 %
13_T	270.00	5.00	269.32	2.89
14_T	260.00	5.00	263.47	2.93
15_MASSF	53.700	5.00 %	53.700	5.00 %
15_P	30.000	5.00 %	30.000	5.00 %
15_WFC1OL	0.0000	CST	0.0000	
15_WFCO	10.000	CST	10.000	

15_WFCO2	0.0000	CST	0.0000	
15_WFH2		OFF	99.999	0%
15_WFH2O	0.0000	CST	0.0000	
16_P	12.500	5.00 %	12.500	5.00 %
1_MASSF	394.70	5.00 %	411.35	3.06 %
1_P	10.000	5.00 %	10.000	5.00 %
1_T	20.000	2.00	19.997	2.00
2_MASSF	406.60	5.00 %	400.25	2.51 %
2_T	20.000	5.00 %	19.673	4.72 %
3A_P	31.750	5.00 %	31.751	5.00 %
3_T	190.00	2.00	190.00	1.99
410_MASS1	100.00	5.00 %	100.00	5.00 %
413_EFFIC	80.000	5.00 %	80.000	5.00 %
414_DP1	0.25000	CST	0.25000	
414_DP2	0.0000	CST	0.0000	
415_DP1	0.10000	CST	0.10000	
415_DP2	0.12500	CST	0.12500	
419_DP1	0.10000	CST	0.10000	
419_DP2	0.12500	CST	0.12500	
420_DP	0.0000	CST	0.0000	
423_EFFIC	80.000	5.00 %	80.000	5.00 %
4_T	260.00	2.00	260.00	2.00
5_MASSF	803.30	5.00 %	811.59	2.60 %
5_P	31.250	5.00 %	31.250	5.00 %
5_T	271.00	2.00	271.00	2.00
5_WFC1OL	54.000	5.00 %	54.543	4.88 %
5_WFCO	33.000	5.00 %	32.927	5.00 %
5_WFCO2	61.900	5.00 %	61.130	1.12 %
5_WFH2	89.000	5.00 %	88.654	1.03 %
5_WFH2O	20.400	5.00 %	21.257	3.52 %
7_P	30.500	5.00 %	30.517	4.97 %
7_T	40.000	2.00	39.850	1.42
9_MASSF	203.00	5.00 %	195.57	3.53 %
9_P	30.000	5.00 %	30.146	4.94 %
9_T	40.000	2.00	39.775	1.42
9_WFC1OL		OFF	12.430	9.03 %
9_WFCO		OFF	0.43603E-04	13.9 %
9_WFCO2		OFF	0.28232	10.3 %
9_WFH2		OFF	0.36763E-04	12.1 %
9_WFH2O		OFF	87.288	1.32 %
E-1_DP1	0.60000	CST	0.60000	
FW_P	10.000	5.00 %	10.000	5.00 %
FW_T	20.000	2.00 %	20.000	2.00 %
MIXER_DP1	0.0000	CST	0.0000	

3) Discussão dos resultados

Os processos analisados com o software VALI são típicos da indústria química. Por isso os resultados obtidos com a queima de gás natural e produção de hidrogênio podem ser extrapolados para uma série de outras atividades. Dentre estas pode-se citar : indústria petroquímica, farmacêutica, alimentícia, metalúrgica, agroindustrial e nuclear. Além do processo este software também é muito utilizado no setor de utilidades, o qual amplia ainda mais sua faixa de aplicação.

Para os dois processos analisados acima, nota-se que algumas variáveis indicam um desvio das informações adquiridas em relação ao estado real. Isto na prática implica em condições sub-ótimas de operação em relação ao pleno potencial instalado. Como decorrência desta condição a lucratividade, assim como a qualidade do produto, podem estar comprometidos.

Através da reconciliação de dados adequada, obtém-se informações que servem como base para decisões relacionadas ao controle da planta, à qualidade do produto, à contabilidade da produção e à detecção de falhas relacionadas à segurança. Desta maneira, os resultados da contabilidade estarão em concordância com os resultados da engenharia, os quais, a seu tempo, estarão em concordância com os resultados do planejamento.

4) Referências bibliográficas .

BELSIM S.A., VALI user's guide, Release version 11.06 , Bélgica , 2002.

Abstract

This work has the principal concern of optimize the industry process, applying the data reconciliation like a mathematic treatment for the analyses of their self. The processes, which will be analyzed, are the process of natural gas burn and the production of hydrogen from methanol and water. The inherent variables of process will be validated through the software VALI, software that makes the data reconciliation. In this way, is possible to show what are the best operation conditions and making the data reconciliation of the inputs and outputs, equipments operation, and improve the best performance for their. The action is made without alteration in the equipments and instrumentation, but by suggestion of alterations in process variables like flow and temperatures, for example.

The software described works in a predict way, calculating how the equipments work, and making the confrontation of this data with the instrumentation data, avoiding unnecessary maintenance and also the equipments repair when the performance and the calibration of their self are not correct.

In the end, the process optimization is obtained without alteration in the plant lay-out, allowing the improve of performance, and being able to modifying only the process variables and making the elimination of unnecessary maintenance stops and instrumentation calibration.