



SEMPPG
Apresentação

Reiner
Requião

Objetivos

Descritivo do
Processo

Metodologia

Dependência das
medições

Erros Grosseiros
Guia ISO

Correção

Resultado da
medição

Simulação

Validação

Conclusão

Dúvidas

Simulação de uma Coluna de Destilação: Estimativa da medição e validação de um caso Industrial

XI Seminário de Pesquisa, Criação, Inovação e Pós-Graduação - SEMPPG

Autor: Reiner Requião de Souza

Orientador: Ricardo Kalid

Co-Orientador: Yuri Guerrieri

UFBA - Universidade Federal da Bahia
PEI - Programa de Pós Graduação em Engenharia Industrial
PROTEC - Processos e Tecnologia

13/10/2010





Sumário

SEMPPG
Apresentação

Reiner
Requião

Objetivos

Descritivo do
Processo

Metodologia

Dependência das
medições

Erros Grosseiros
Guia *ISO*

Correção

Resultado da
medição

Simulação

Validação

Conclusão

Dúvidas

- 1 Objetivos
- 2 Descritivo do Processo
- 3 Metodologia
 - Dependência das medições
 - Erros Grosseiros
 - Guia *ISO*
- 4 Correção
- 5 Resultado da medição
- 6 Simulação
- 7 Validação
- 8 Conclusão
- 9 Dúvidas



Sumário

SEMPPG
Apresentação

Reiner
Requião

Objetivos

Descritivo do
Processo

Metodologia
Dependência das
medições
Erros Grosseiros
Guia *ISO*

Correção

Resultado da
medição

Simulação

Validação

Conclusão

Dúvidas

- 1 Objetivos
- 2 Descritivo do Processo
- 3 Metodologia
 - Dependência das medições
 - Erros Grosseiros
 - Guia *ISO*
- 4 Correção
- 5 Resultado da medição
- 6 Simulação
- 7 Validação
- 8 Conclusão
- 9 Dúvidas



Objetivos

SEMPPG
Apresentação

Reiner
Requião

Objetivos

Descritivo do
Processo

Metodologia

Dependência das
medições

Erros Grosseiros

Guia ISO

Correção

Resultado da
medição

Simulação

Validação

Conclusão

Dúvidas

- Validar a simulação feita em UniSim



Objetivos

SEMPPG
Apresentação

Reiner
Requião

Objetivos

Descritivo do
Processo

Metodologia

Dependência das
medições

Erros Grosseiros

Guia *ISO*

Correção

Resultado da
medição

Simulação

Validação

Conclusão

Dúvidas

- Validar a simulação feita em UniSim
 - Segurança nos dados experimentais



Sumário

SEMPPG
Apresentação

Reiner
Requião

Objetivos

Descritivo do
Processo

Metodologia
Dependência das
medições
Erros Grosseiros
Guia *ISO*

Correção

Resultado da
medição

Simulação

Validação

Conclusão

Dúvidas

- 1 Objetivos
- 2 Descritivo do Processo
- 3 Metodologia
 - Dependência das medições
 - Erros Grosseiros
 - Guia *ISO*
- 4 Correção
- 5 Resultado da medição
- 6 Simulação
- 7 Validação
- 8 Conclusão
- 9 Dúvidas



Descritivo do Processo

SEMPPG
Apresentação

Reiner
Requião

Objetivos

Descritivo do
Processo

Metodologia
Dependência das
medições
Erros Grosseiros
Guia ISO

Correção

Resultado da
medição

Simulação

Validação

Conclusão

Dúvidas

- Sistema de Recuperação de Solvente
 - Processo de Polimerização (*Slurry*)
- Alimentação com Solvente - 95% nC_6
- Os outros 5% são Hidrocarbonetos pesados (<32 Carbonos)
- Destilado é composto de nC_6 puro
 - Exigência para que não ocorra desativação da Reação de Polimerização
- Fornecimento de energia: Vapor de 15 kgf/m^2
 - Limita a temperatura do Reboiler a 200° C



Diagrama da Coluna Simulada

SEMPPG
Apresentação

Reiner
Requião

Objetivos

Descritivo do
Processo

Metodologia

Dependência das
medições

Erros Grosseiros
Guia ISO

Correção

Resultado da
medição

Simulação

Validação

Conclusão

Dúvidas

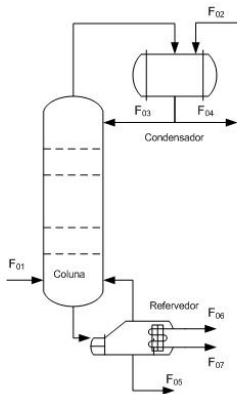


Figura: Diagrama da Coluna de Destilação

Tabela: Dados da Coluna de Destilação

Dados	Descritivo
Tipo	Pratos Valvulados
Nº de Pratos	33
Diâmetro	1,4m
Espaçamento entre pratos	0,60m
Prato de Alimentação	33 (base)
Condensador	Total



Sumário

SEMPPG
Apresentação

Reiner
Requião

Objetivos

Descritivo do
Processo

Metodologia

Dependência das
medições

Erros Grosseiros
Guia *ISO*

Correção

Resultado da
medição

Simulação

Validação

Conclusão

Dúvidas

- 1 Objetivos
- 2 Descritivo do Processo
- 3 Metodologia**
 - Dependência das medições
 - Erros Grosseiros
 - Guia *ISO*
- 4 Correção
- 5 Resultado da medição
- 6 Simulação
- 7 Validação
- 8 Conclusão
- 9 Dúvidas



Por que tratar os dados?

SEMPPG
Apresentação

Reiner
Requião

Objetivos

Descritivo do
Processo

Metodologia

Dependência das
medições

Erros Grosseiros
Guia *ISO*

Correção

Resultado da
medição

Simulação

Validação

Conclusão

Dúvidas

- Os dados não eram confiáveis!



Por que tratar os dados?

SEMPPG
Apresentação

Reiner
Requião

Objetivos

Descritivo do
Processo

Metodologia

Dependência das
medições

Erros Grosseiros
Guia ISO

Correção

Resultado da
medição

Simulação

Validação

Conclusão

Dúvidas

- Os dados não eram confiáveis!
- Não há períodos de manutenção preventiva;



Por que tratar os dados?

SEMPPG
Apresentação

Reiner
Requião

Objetivos

Descritivo do
Processo

Metodologia

Dependência das
medições

Erros Grosseiros
Guia ISO

Correção

Resultado da
medição

Simulação

Validação

Conclusão

Dúvidas

- Os dados não eram confiáveis!
- Não há períodos de manutenção preventiva;
- Não houve fornecimento de certificados de calibração;



Por que tratar os dados?

SEMPPG
Apresentação

Reiner
Requião

Objetivos

Descritivo do
Processo

Metodologia

Dependência das
medições

Erros Grosseiros
Guia ISO

Correção

Resultado da
medição

Simulação

Validação

Conclusão

Dúvidas

- Os dados não eram confiáveis!
- Não há períodos de manutenção preventiva;
- Não houve fornecimento de certificados de calibração;
- Estima que os equipamentos são velhos;



Por que tratar os dados?

SEMPPG
Apresentação

Reiner
Requião

Objetivos

Descritivo do
Processo

Metodologia

Dependência das
medições

Erros Grosseiros
Guia ISO

Correção

Resultado da
medição

Simulação

Validação

Conclusão

Dúvidas

- Os dados não eram confiáveis!
- Não há períodos de manutenção preventiva;
- Não houve fornecimento de certificados de calibração;
- Estima que os equipamentos são velhos;
- Não havia incerteza associada as medições;



Metodologia

SEMPPG
Apresentação

Reiner
Requião

Objetivos

Descritivo do
Processo

Metodologia

Dependência das
medições

Erros Grosseiros
Guia ISO

Correção

Resultado da
medição

Simulação

Validação

Conclusão

Dúvidas

1 Verificação da dependência dos dados;



Metodologia

SEMPPG
Apresentação

Reiner
Requião

Objetivos

Descritivo do
Processo

Metodologia

Dependência das
medições

Erros Grosseiros

Guia ISO

Correção

Resultado da
medição

Simulação

Validação

Conclusão

Dúvidas

- 1 Verificação da dependência dos dados;
- 2 Tratamento de Erros Grosseiros;



Metodologia

SEMPPG
Apresentação

Reiner
Requião

Objetivos

Descritivo do
Processo

Metodologia

Dependência das
medições

Erros Grosseiros

Guia ISO

Correção

Resultado da
medição

Simulação

Validação

Conclusão

Dúvidas

- 1 Verificação da dependência dos dados;
- 2 Tratamento de Erros Grosseiros;
- 3 Correção baseada em referências termodinâmicas;



Metodologia

SEMPPG
Apresentação

Reiner
Requião

Objetivos

Descritivo do
Processo

Metodologia

Dependência das
medições

Erros Grosseiros

Guia ISO

Correção

Resultado da
medição

Simulação

Validação

Conclusão

Dúvidas

- 1 Verificação da dependência dos dados;
- 2 Tratamento de Erros Grosseiros;
- 3 Correção baseada em referências termodinâmicas;
- 4 Estimativa da incerteza de medição;



Sumário

SEMPPG
Apresentação

Reiner
Requião

Objetivos

Descritivo do
Processo

Metodologia

Dependência das
medições

Erros Grosseiros
Guia *ISO*

Correção

Resultado da
medição

Simulação

Validação

Conclusão

Dúvidas

- 1 Objetivos
- 2 Descritivo do Processo
- 3 Metodologia**
 - Dependência das medições
 - Erros Grosseiros
 - Guia *ISO*
- 4 Correção
- 5 Resultado da medição
- 6 Simulação
- 7 Validação
- 8 Conclusão
- 9 Dúvidas



Dependência das medições

SEMPPG
Apresentação

Reiner
Requião

Objetivos

Descritivo do
Processo

Metodologia

Dependência das
medições

Erros Grosseiros
Guia ISO

Correção

Resultado da
medição

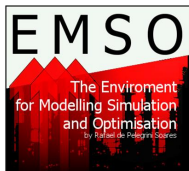
Simulação

Validação

Conclusão

Dúvidas

- Garantir que os dados coletados são independentes;
 - Exigência para aplicar o método do Guia *ISO*





Dependência das medições

SEMPPG
Apresentação

Reiner
Requião

Objetivos

Descritivo do
Processo

Metodologia

Dependência das
medições

Erros Grosseiros
Guia ISO

Correção

Resultado da
medição

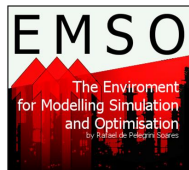
Simulação

Validação

Conclusão

Dúvidas

- Garantir que os dados coletados são independentes;
 - Exigência para aplicar o método do Guia *ISO*
- Utilização do software EMSO para modelagem dinâmica;





Dependência das medições

SEMPPG
Apresentação

Reiner
Requião

Objetivos

Descritivo do
Processo

Metodologia

Dependência das
medições

Erros Grosseiros
Guia ISO

Correção

Resultado da
medição

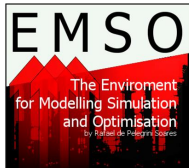
Simulação

Validação

Conclusão

Dúvidas

- Garantir que os dados coletados são independentes;
 - Exigência para aplicar o método do Guia *ISO*
- Utilização do software EMSO para modelagem dinâmica;
- Metodologia:
 - Perturbação degrau na vazão de alimentação





Dependência das medições

SEMPPG
Apresentação

Reiner
Requião

Objetivos

Descritivo do
Processo

Metodologia

Dependência das
medições

Erros Grosseiros
Guia ISO

Correção

Resultado da
medição

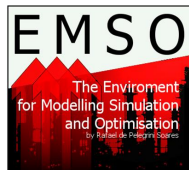
Simulação

Validação

Conclusão

Dúvidas

- Garantir que os dados coletados são independentes;
 - Exigência para aplicar o método do Guia *ISO*
- Utilização do software EMSO para modelagem dinâmica;
- Metodologia:
 - Perturbação degrau na vazão de alimentação
 - Verificar o tempo que a variável leva para atingir o novo estado estacionário





Dependência das medições

SEMPPG
Apresentação

Reiner
Requião

Objetivos

Descritivo do
Processo

Metodologia

Dependência das
medições

Erros Grosseiros
Guia ISO

Correção

Resultado da
medição

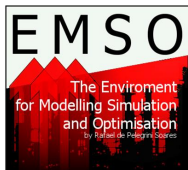
Simulação

Validação

Conclusão

Dúvidas

- Garantir que os dados coletados são independentes;
 - Exigência para aplicar o método do Guia *ISO*
- Utilização do software EMSO para modelagem dinâmica;
- Metodologia:
 - Perturbação degrau na vazão de alimentação
 - Verificar o tempo que a variável leva para atingir o novo estado estacionário
 - Tempo de independência = 3x tempo observado





Dependência das medições - Temperatura

SEMPPG
Apresentação

Reiner
Requião

Objetivos

Descritivo do
Processo

Metodologia

Dependência das
medições

Erros Grosseiros
Guia ISO

Correção

Resultado da
medição

Simulação

Validação

Conclusão

Dúvidas

Tempo de independência = 1500s;

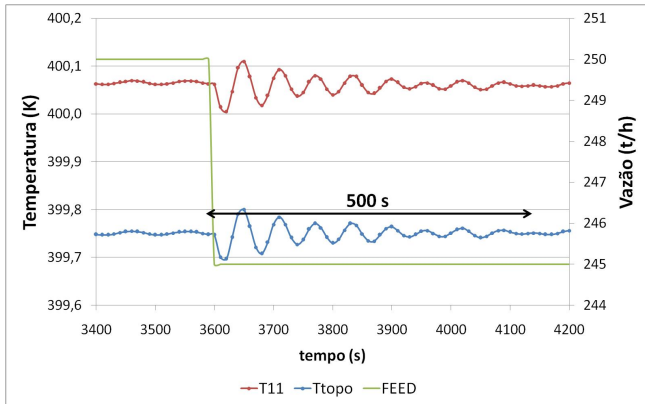


Figura: Dependência da variável temperatura



Dependência das medições - Pressão

SEMPPG
Apresentação

Reiner
Requião

Objetivos

Descritivo do
Processo

Metodologia

Dependência das
medições

Erros Grosseiros
Guia ISO

Correção

Resultado da
medição

Simulação

Validação

Conclusão

Dúvidas

Tempo de independência = 1500s;

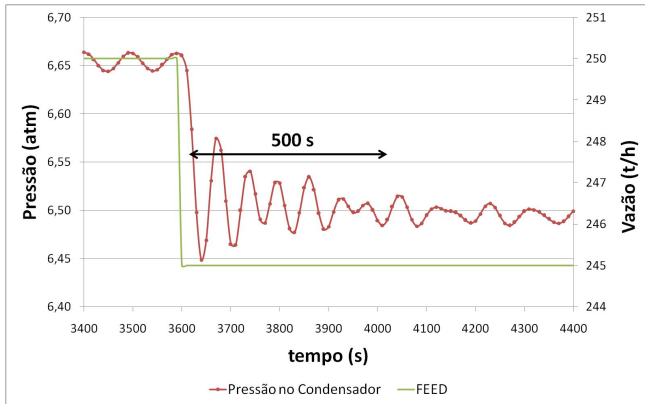


Figura: Dependência da variável pressão



Dependência das medições - Vazão

SEMPPG
Apresentação

Reiner
Requião

Objetivos

Descritivo do
Processo

Metodologia

Dependência das
medições

Erros Grosseiros
Guia ISO

Correção

Resultado da
medição

Simulação

Validação

Conclusão

Dúvidas

Tempo de independência = 1500s;

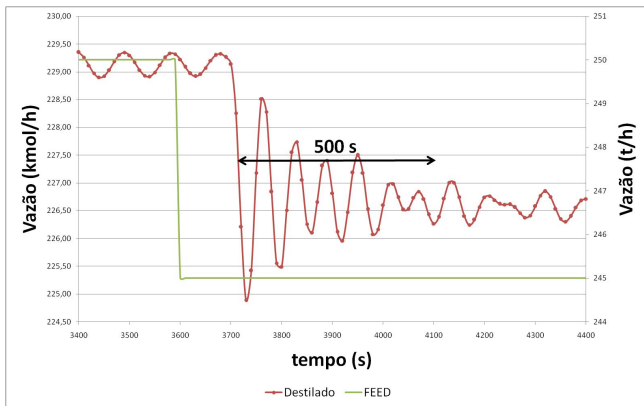


Figura: Dependência da variável vazão



Sumário

SEMPPG
Apresentação

Reiner
Requião

Objetivos

Descritivo do
Processo

Metodologia
Dependência das
medições

Erros Grosseiros
Guia *ISO*

Correção

Resultado da
medição

Simulação

Validação

Conclusão

Dúvidas

- 1 Objetivos
- 2 Descritivo do Processo
- 3 Metodologia**
 - Dependência das medições
 - **Erros Grosseiros**
 - Guia *ISO*
- 4 Correção
- 5 Resultado da medição
- 6 Simulação
- 7 Validação
- 8 Conclusão
- 9 Dúvidas



Erros Grosseiros

SEMPPG
Apresentação

Reiner
Requião

Objetivos

Descritivo do
Processo

Metodologia

Dependência das
medições

Erros Grosseiros

Guia ISO

Correção

Resultado da
medição

Simulação

Validação

Conclusão

Dúvidas

- Impactam de forma significativa nas médias e desvios padrão das medições;

$$\frac{d_i}{s(X_i)} < \frac{d_{max}}{\sigma(X_i)} \quad (1)$$

número de leituras n	$\frac{d_{max}}{\sigma}$	número de leituras n	$\frac{d_{max}}{\sigma}$
2	1,15	15	2,13
3	1,38	20	2,24
4	1,54	25	2,33
5	1,65	30	2,39
6	1,73	40	2,49
7	1,80	50	2,57
8	1,86	100	2,81
9	1,92	300	3,14
10	1,96	500	3,29
		1000	3,48

Figura: Tabela com o critério de chavenet



Sumário

SEMPPG
Apresentação

Reiner
Requião

Objetivos

Descritivo do
Processo

Metodologia
Dependência das
medições
Erros Grosseiros
Guia *ISO*

Correção

Resultado da
medição

Simulação

Validação

Conclusão

Dúvidas

- 1 Objetivos
- 2 Descritivo do Processo
- 3 Metodologia**
 - Dependência das medições
 - Erros Grosseiros
 - Guia *ISO*
- 4 Correção
- 5 Resultado da medição
- 6 Simulação
- 7 Validação
- 8 Conclusão
- 9 Dúvidas



Guia *ISO*

SEMPPG
Apresentação

Reiner
Requião

Objetivos

Descritivo do
Processo

Metodologia

Dependência das
medições

Erros Grosseiros

Guia *ISO*

Correção

Resultado da
medição

Simulação

Validação

Conclusão

Dúvidas

- Importância do guia *ISO*
- função de medição:

$$Y = f(X_i) \quad (2)$$

- Onde X_i será determinado pela função metrológica:

$$X_i = Q_i + R_i + C_i \quad (3)$$

- O valor mais esperado será:

$$x_i = E[X_i] = q_i + r_i + c_i \quad (4)$$

- a resolução (r_i) é igual a 0;



Guia ISO - Incerteza de medição

SEMPPG
Apresentação

Reiner
Requião

Objetivos

Descritivo do
Processo

Metodologia

Dependência das
medições

Erros Grosseiros

Guia ISO

Correção

Resultado da
medição

Simulação

Validação

Conclusão

Dúvidas

- Incerteza = dúvida!
- Equação para determinação da incerteza de x_i :

$$u(x_i) = \sqrt{u(q_i)^2 + u(r_i)^2 + u(c_i)^2} \quad (5)$$

- A incerteza $u(q_i)$ é considerada tipo A e será determinado estatisticamente:

$$u(q_i) \rightarrow u_A = s(q_i) = \frac{s(Q_i)}{\sqrt{n}} \quad (6)$$

- onde $s(Q_i)$

$$s(Q_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{k=1}^n (Q_{i,k} - q_i)^2} \quad (7)$$



Guia ISO - Incerteza de medição

SEMPPG
Apresentação

Reiner
Requião

Objetivos

Descritivo do
Processo

Metodologia
Dependência das
medições
Erros Grosseiros
Guia ISO

Correção

Resultado da
medição

Simulação

Validação

Conclusão

Dúvidas

- A incerteza $u(r_i)$ é devido a resolução do instrumento.
- Sendo a resolução igual a δ então considerando uma distribuição uniforme o valor $u(r_i)$ será igual a $\frac{\delta}{\sqrt{12}}$;



Guia ISO - Incerteza de medição

SEMPPG

Apresentação

Reiner
Requião

Objetivos

Descritivo do
Processo

Metodologia

Dependência das
medições

Erros Grosseiros

Guia ISO

Correção

Resultado da
medição

Simulação

Validação

Conclusão

Dúvidas

- A incerteza $u(r_i)$ é devido a resolução do instrumento.
- Sendo a resolução igual a δ então considerando uma distribuição uniforme o valor $u(r_i)$ será igual a $\frac{\delta}{\sqrt{12}}$;
- A incerteza $u(c_i)$ é relacionada as correções da variável medida e geralmente é do tipo B;



Guia ISO - Incerteza de medição

SEMPPG

Apresentação

Reiner

Requião

Objetivos

Descritivo do
Processo

Metodologia

Dependência das
medições

Erros Grosseiros

Guia ISO

Correção

Resultado da
medição

Simulação

Validação

Conclusão

Dúvidas

- A incerteza $u(r_i)$ é devido a resolução do instrumento.
- Sendo a resolução igual a δ então considerando uma distribuição uniforme o valor $u(r_i)$ será igual a $\frac{\delta}{\sqrt{12}}$;
- A incerteza $u(c_i)$ é relacionada as correções da variável medida e geralmente é do tipo B;
- Foi considerada duas incertezas:



Guia ISO - Incerteza de medição

SEMPPG

Apresentação

Reiner

Requião

Objetivos

Descritivo do
Processo

Metodologia

Dependência das
medições

Erros Grosseiros

Guia ISO

Correção

Resultado da
medição

Simulação

Validação

Conclusão

Dúvidas

- A incerteza $u(r_i)$ é devido a resolução do instrumento.
- Sendo a resolução igual a δ então considerando uma distribuição uniforme o valor $u(r_i)$ será igual a $\frac{\delta}{\sqrt{12}}$;
- A incerteza $u(c_i)$ é relacionada as correções da variável medida e geralmente é do tipo B;
- Foi considerada duas incertezas:
 - Relacionada ao tipo instrumento;



Guia ISO - Incerteza de medição

SEMPPG

Apresentação

Reiner

Requião

Objetivos

Descritivo do
Processo

Metodologia

Dependência das
medições

Erros Grosseiros

Guia ISO

Correção

Resultado da
medição

Simulação

Validação

Conclusão

Dúvidas

- A incerteza $u(r_i)$ é devido a resolução do instrumento.
- Sendo a resolução igual a δ então considerando uma distribuição uniforme o valor $u(r_i)$ será igual a $\frac{\delta}{\sqrt{12}}$;
- A incerteza $u(c_i)$ é relacionada as correções da variável medida e geralmente é do tipo B;
- Foi considerada duas incertezas:
 - Relacionada ao tipo instrumento;
 - Relacionada ao modelo termodinâmico;



Tabela com incerteza da resolução e do tipo de equipamento

SEMPPG
Apresentação

Reiner
Requição

Objetivos

Descritivo do
Processo

Metodologia

Dependência das
medições

Erros Grosseiros
Guia ISO

Correção

Resultado da
medição

Simulação

Validação

Conclusão

Dúvidas

Variáveis	TAG	Função metrológica	Instrumento		Resolução (R_i)	
			Tipo	u_{B-inst}	δ_i	$u(r_i)$
Vazão de Alimentação (t/h)	F01	$X_{F01} = Q_{F1} + R_{F1} + C_{F1}$	Placa de Orifício	10% do valor medido	0,5	0,15
Vazão de Refluxo (t/h)	F03	$X_{F3} = Q_{F3} + R_{F3} + C_{F3}$			0,5	0,15
Vazão de Residuo (t/h)	F05	$X_{F5} = Q_{F5} + R_{F5} + C_{F5}$			0,5	0,15
Vazão de Vapor (t/h)	F06	$X_{F6} = Q_{F6} + R_{F6} + C_{F6}$			0,5	0,15
Pressão do Condensador (atm)	Pcd	$X_{Pcd} = Q_{Pcd} + R_{Pcd} + C_{Pcd}$	Manômetro digital	0,5% do valor medido	0,1	0,03
Pressão do Reboiler (atm)	Prb	$X_{Prb} = Q_{Prb} + R_{Pcd} + C_{Prb}$			0,1	0,03
Temperatura Alimentação (°C)	TF1	$X_{TF1} = Q_{TF1} + R_{TF1} + C_{TF1}$	Termopar tipo J	1,5% do valor medido	0,1	0,03
Temperatura no prato 33 (°C)	T33	$X_{T33} = Q_{T33} + R_{T33} + C_{T33}$			0,1	0,03
Temperatura no prato 22 (°C)	T22	$X_{T22} = Q_{T22} + R_{T22} + C_{T22}$			0,1	0,03
Temperatura no prato 11 (°C)	T11	$X_{T11} = Q_{T11} + R_{T11} + C_{T11}$			0,1	0,03
Temperatura no prato 01 (°C)	T1	$X_{T1} = Q_{T1} + R_{T1} + C_{T1}$			0,1	0,03

Figura: Tabela com a incerteza da resolução e do tipo de equipamento



Incerteza da correção

SEMPPG
Apresentação

Reiner
Requião

Objetivos

Descritivo do
Processo

Metodologia

Dependência das
medições

Erros Grosseiros

Guia ISO

Correção

Resultado da
medição

Simulação

Validação

Conclusão

Dúvidas

- Identificação do ponto de referência;
- Escolha da variável confiável;
- Cálculo dos dados termodinâmicos;
- Incerteza associada ao modelo termodinâmico;
- Cálculo do valor mais provável da variável duvidosa e sua incerteza;
- Correções das variáveis medidas;



Resultado da medição

SEMPPG
Apresentação

Reiner
Requião

Objetivos

Descritivo do
Processo

Metodologia

Dependência das
medições

Erros Grosseiros
Guia ISO

Correção

Resultado da
medição

Simulação

Validação

Conclusão

Dúvidas

- Será fornecido a incerteza expandida
- Nível de confiança = 90% (processos industriais)
- Fator de abrangência k estimado por uma distribuição t-Student:
 - Calcular o grau de liberdade efetivo por W-S

$$U(y) = ku_c(y) \quad (8)$$

$$\frac{u_c^4(y)}{\nu_{ef}} = \sum_{i=1}^N \frac{(u_i(y))^4}{\nu_i} \quad (9)$$



ISO S1

SEMPPG
Apresentação

Reiner
Requião

Objetivos

Descritivo do
Processo

Metodologia

Dependência das
medições

Erros Grosseiros

Guia ISO

Correção

Resultado da
medição

Simulação

Validação

Conclusão

Dúvidas

- Para equações não lineares será aplicado o método do ISO-S1
- propagação das funções de densidade de probabilidade usando Método de Monte Carlo
- Nível de confiança = 90% (processos industriais)
- Para o valor mais provável foi adotada a média da distribuição



Sumário

SEMPPG
Apresentação

Reiner
Requião

Objetivos

Descritivo do
Processo

Metodologia

Dependência das
medições

Erros Grosseiros
Guia *ISO*

Correção

Resultado da
medição

Simulação

Validação

Conclusão

Dúvidas

- 1 Objetivos
- 2 Descritivo do Processo
- 3 Metodologia
 - Dependência das medições
 - Erros Grosseiros
 - Guia *ISO*
- 4 Correção**
- 5 Resultado da medição
- 6 Simulação
- 7 Validação
- 8 Conclusão
- 9 Dúvidas



Correção da medida

SEMPPG
Apresentação

Reiner
Requião

Objetivos

Descritivo do
Processo

Metodologia

Dependência das
medições

Erros Grosseiros
Guia ISO

Correção

Resultado da
medição

Simulação

Validação

Conclusão

Dúvidas

- Correção das variáveis de vazão e pressão igual a zero;
- Correção da temperatura:
 - Premissa 1: Destilado só é composto de nC_6 ;
 - Par pressão temperatura não casam;
 - Premissa 2: Os valores de pressão estão corretos;
 - O Cálculo da pressão de saturação ($P_{C_6}^{sat}$) é dado por Peng-Robinson;
 - A incerteza associada a esse cálculo é devido:
 - Peng e Robinson calcularam o erro comparando com a Eq. de Benedict;
 - Benedict compara com um valor experimental (sem a incerteza associada);

$$u(P_{C_6}^{sat}) = \sqrt{u(PR)^2 + u(BD)^2} \quad (10)$$



Par Pressão x Temperatura

SEMPPG
Apresentação

Reiner
Requião

Objetivos

Descritivo do
Processo

Metodologia

Dependência das
medições

Erros Grosseiros
Guia ISO

Correção

Resultado da
medição

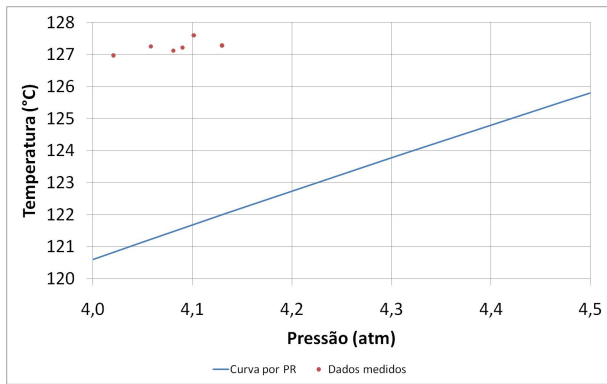
Simulação

Validação

Conclusão

Dúvidas

Figura: Comparativo dos medidos e a curva de saturação





Correção da temperatura

SEMPPG
Apresentação

Reiner
Requião

Objetivos

Descritivo do
Processo

Metodologia

Dependência das
medições

Erros Grosseiros
Guia ISO

Correção

Resultado da
medição

Simulação

Validação

Conclusão

Dúvidas

- Calculou-se:

$$P_{C_6,sup}^{sat} = P_{C_6}^{sat} + u(P_{C_6}^{sat})$$

$$P_{C_6,inf}^{sat} = P_{C_6}^{sat} - u(P_{C_6}^{sat})$$

- Calcula-se o par $[T_{C_6,inf}^{sat}, P_{C_6,inf}^{sat}]$ e $[P_{C_6,sup}^{sat}, T_{C_6,sup}^{sat}]$

$$c_T = T_{C_6,Sat}^{sat} - T_{prato1} \quad (11)$$

$$u(c_T) = \frac{(T_{C_6,sup}^{sat} - T_{C_6,inf}^{sat})}{\sqrt{3}} \quad (12)$$



Sumário

SEMPPG
Apresentação

Reiner
Requião

Objetivos

Descritivo do
Processo

Metodologia

Dependência das
medições

Erros Grosseiros
Guia *ISO*

Correção

Resultado da
medição

Simulação

Validação

Conclusão

Dúvidas

- 1 Objetivos
- 2 Descritivo do Processo
- 3 Metodologia
 - Dependência das medições
 - Erros Grosseiros
 - Guia *ISO*
- 4 Correção
- 5 Resultado da medição**
- 6 Simulação
- 7 Validação
- 8 Conclusão
- 9 Dúvidas



Dados da função metrológica

SEMPPG
Apresentação

Reiner
Requião

Objetivos

Descritivo do
Processo

Metodologia

Dependência das
medições

Erros Grosseiros
Guia ISO

Correção

Resultado da
medição

Simulação

Validação

Conclusão

Dúvidas

Figura: Tabela com os dados da função metrológica

Variáveis	TAG	Pontos	x_i	q_i	$u(q_i)$	v_{qi}	c_i	u_{g-inst}	v_{inst}	u_{CT}	v_{CT}	$u(c_i)$	$u(r_i)$	v_{ri}
Vazão de Alimentação (t/h)	F01	2	29,0532	29,0532	0,0404	6	0	2,9053	10	0	2	2,9053	0,1443	2
Vazão de Refluxo (t/h)	F03	2	6,0041	6,0041	0,0191	6	0	0,6004	10	0	2	0,6004	0,1443	2
Vazão de Resíduo (t/h)	F05	2	3,7454	3,7454	0,0505	6	0	0,7491	2	0	2	0,7491	0,1443	2
Vazão de Vapor (t/h)	F06	2	6,4042	6,4042	0,0124	6	0	0,6404	10	0	2	0,6404	0,1443	2
Pressão do Condensador (atm)	Pcd	2	4,0842	4,0842	0,0166	6	0	0,0204	30	0	2	0,0204	0,0289	2
Pressão do <i>Reboiler</i> (atm)	Pib	2	4,3034	4,3034	0,0047	6	0	0,0215	30	0	2	0,0215	0,0289	2
Temperatura Alimentação (°C)	TF1	6	91,4821	97,3278	0,0747	2	-5,8457	1,4599	10	1,1882	2	1,8823	0,0289	2
Temperatura no prato 33 (°C)	T33	2	126,3172	132,1629	0,1238	6	-5,8457	1,9824	10	1,1882	2	2,3113	0,0289	2
Temperatura no prato 22 (°C)	T22	2	126,8205	132,6662	0,1104	6	-5,8457	1,9900	10	1,1882	2	2,3177	0,0289	2
Temperatura no prato 11 (°C)	T11	2	125,9265	131,7722	0,1208	6	-5,8457	1,9766	10	1,1882	2	2,3062	0,0289	2
Temperatura no prato 01 (°C)	T1	2	121,4600	127,3057	0,1220	6	-5,8457	1,9096	10	1,1882	2	2,2491	0,0289	2



Tabela com os resultados da medição

SEMPPG
Apresentação

Reiner
Requião

Figura: Tabela com os resultados da medição

Variáveis	TAG	Função de medição	y_i	$u_c(y)$	y_{cr}	k	$U(y)$	Resultado da medição
Vazão de Alimentação (t/h)	F01	$Y_{F1} = X_{F1}$	29,0532	2,9092	10	1,8125	5,2728	29,1 ± 5,3
Vazão de NHX Condensador (t/h)	F02	$Y_{F2} = \alpha \cdot X_{F3}$	1,4978	0,6768	NA ¹	NA ¹	0,378 a 2,466	0,4 ≤ F02 ≤ 2,5
Vazão de Refluxo (t/h)	F03	$Y_{F3} = X_{F3}$	6,0041	0,6178	11	1,7959	1,1095	6,1 ± 1,2
Vazão de Destilado (t/h)	F04	$Y_{F4} = X_{F1} + X_{F2} - X_{F5}$	26,8057	3,0832	12	2,3534	7,2558	26,9 ± 7,3
Vazão de Resíduo (t/h)	F05	$Y_{F5} = X_{F5}$	3,7454	0,7645	3	2,3534	1,7992	3,8 ± 1,8
Vazão de Vapor (t/h)	F06	$Y_{F6} = X_{F6}$	6,4042	0,6566	10	1,8125	1,1901	6,5 ± 1,2
Pressão do Condensador (atm)	Pcd	$Y_{Pcd} = X_{Pcd}$	4,0842	0,0391	9	1,8331	0,0716	4,09 ± 0,08
Pressão do Reboiler (atm)	Prb	$Y_{Prb} = X_{Prb}$	4,3034	0,0363	7	1,8946	0,0688	4,31 ± 0,07
Temperatura Alimentação (°C)	TF1	$Y_{TF1} = X_{TF1}$	91,4821	1,8840	11	1,7959	3,3835	91,5 ± 3,4
Temperatura no prato 33 (°C)	T33	$Y_{T33} = X_{T33}$	126,3172	2,3147	12	1,7823	4,1255	126,4 ± 4,2
Temperatura no prato 22 (°C)	T22	$Y_{T22} = X_{T22}$	126,8205	2,3205	12	1,7823	4,1359	126,9 ± 4,2
Temperatura no prato 11 (°C)	T11	$Y_{T11} = X_{T11}$	125,9265	2,3096	12	1,7823	4,1163	126 ± 4,2
Temperatura no prato 01 (°C)	T1	$Y_{T1} = X_{T1}$	121,4600	2,2526	12	1,7823	4,0147	121,5 ± 4,1

NA – Não se Aplica: Método ISO-S1 – Propagação de PDF através do Método de Monte Carlo



PDF da vazão de nC_6

SEMPPG
Apresentação

Reiner
Requião

Objetivos

Descritivo do
Processo

Metodologia

Dependência das
medições

Erros Grosseiros
Guia ISO

Correção

Resultado da
medição

Simulação

Validação

Conclusão

Dúvidas

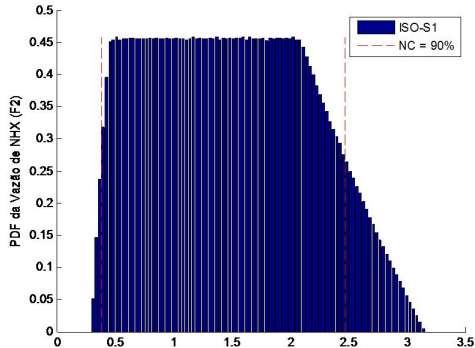


Figura: Pdf da vazão de n-hexano



Sumário

SEMPPG
Apresentação

Reiner
Requião

Objetivos

Descritivo do
Processo

Metodologia

Dependência das
medições

Erros Grosseiros
Guia *ISO*

Correção

Resultado da
medição

Simulação

Validação

Conclusão

Dúvidas

- 1 Objetivos
- 2 Descritivo do Processo
- 3 Metodologia
 - Dependência das medições
 - Erros Grosseiros
 - Guia *ISO*
- 4 Correção
- 5 Resultado da medição
- 6 Simulação**
- 7 Validação
- 8 Conclusão
- 9 Dúvidas



Entradas no sistema

SEMPPG
Apresentação

Reiner
Requião

Objetivos

Descritivo do
Processo

Metodologia

Dependência das
medições

Erros Grosseiros
Guia ISO

Correção

Resultado da
medição

Simulação

Validação

Conclusão

Dúvidas

	F_{02}	F_{01}
Fração de vapor	0	0
Temperatura (°C)	121,4	97,43
Pressão (atm)	4,08	4,30
Vazão mássica (t/h)	3	29,02
Composição (% mássica)		
n-C6	1,00	0,950
n-C13	0,00	0,025
n-C20	0,00	0,025

Figura: Entradas do programa



Sistema simulado

SEMPPG
Apresentação

Reiner
Requião

Objetivos

Descritivo do
Processo

Metodologia

Dependência das
medições

Erros Grosseiros
Guia ISO

Correção

Resultado da
medição

Simulação

Validação

Conclusão

Dúvidas

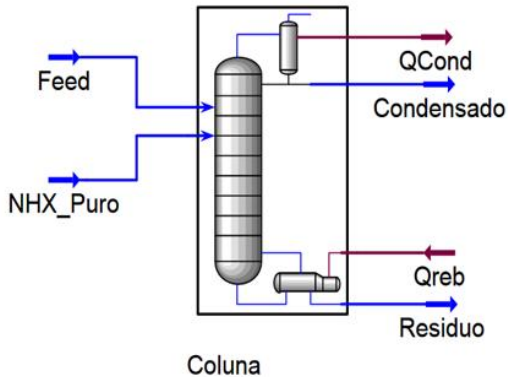


Figura: Sistema simulado em UNISIM



Saídas do sistema

SEMPPG
Apresentação

Reiner
Requião

Objetivos

Descritivo do
Processo

Metodologia

Dependência das
medições

Erros Grosseiros
Guia ISO

Correção

Resultado da
medição

Simulação

Validação

Conclusão

Dúvidas

	Resíduo	Condensador
Fração de vapor	0	0
Temperatura (°C)	197,37	121,46
Pressão (atm)	4,3	4,08
Vazão mássica (t/h)	1,77	30,25
Composição (% mássica)		
n-C6	0,182	1,000
n-C13	0,409	6,47E-19
n-C20	0,409	3,86E-22

Figura: Saídas do programa



Sumário

SEMPPG
Apresentação

Reiner
Requião

Objetivos

Descritivo do
Processo

Metodologia

Dependência das
medições

Erros Grosseiros
Guia *ISO*

Correção

Resultado da
medição

Simulação

Validação

Conclusão

Dúvidas

- 1 Objetivos
- 2 Descritivo do Processo
- 3 Metodologia
 - Dependência das medições
 - Erros Grosseiros
 - Guia *ISO*
- 4 Correção
- 5 Resultado da medição
- 6 Simulação
- 7 Validação**
- 8 Conclusão
- 9 Dúvidas



Comparação do Perfil de Temperatura

SEMPPG
Apresentação

Reiner
Requião

Objetivos

Descritivo do
Processo

Metodologia

Dependência das
medições

Erros Grosseiros
Guia ISO

Correção

Resultado da
medição

Simulação

Validação

Conclusão

Dúvidas

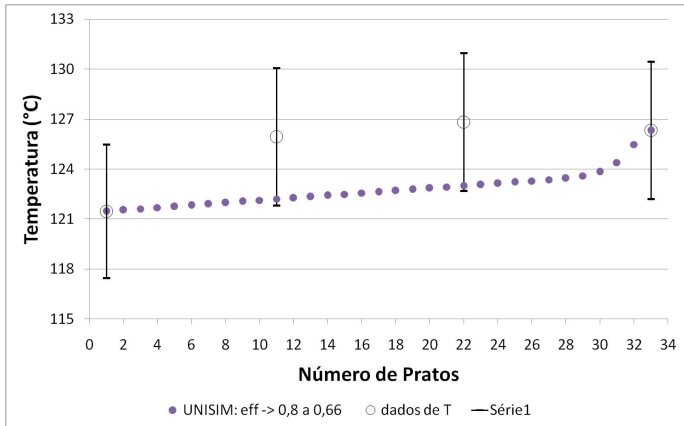


Figura: Comparação do perfil de temperatura da coluna



Comparação do resultado da medição x UNISIM

SEMPPG
Apresentação

Reiner
Requião

Objetivos

Descritivo do
Processo

Metodologia

Dependência das
medições

Erros Grosseiros
Guia ISO

Correção

Resultado da
medição

Simulação

Validação

Conclusão

Dúvidas

Figura: Tabela comparativa do resultado de medição com UNISIM

Variáveis	TAG	Resultado da medição	UNISIM	Discrepância ¹	Dentro do Intervalo
Vazão de Alimentação (t/h)	F01	29,1 ± 5,3	29,1	Valor Fomecido	
Vazão de NHX Condensador (t/h)	F02	1,5; [0,4:2,5]	1,5	Valor Fomecido	
Vazão de Refluxo (t/h)	F03	6,1 ± 1,2	6,47	-7,76%	SIM
Vazão de Destilado (t/h)	F04	26,9 ± 7,3	28,5	-6,45%	SIM
Vazão de Resíduo (t/h)	F05	3,8 ± 1,8	2,1	43,99%	SIM
Vazão de Vapor (t/h)	F06	6,5 ± 1,2	6,33	1,23%	SIM
Pressão do Condensador (atm)	P _{cd}	4,09 ± 0,08	4,08	Valor Fomecido	
Pressão do Reboiler (atm)	P _{rb}	4,31 ± 0,07	4,30	Valor Fomecido	
Temperatura Alimentação (°C)	TF1	91,5 ± 3,4	91,5	Valor Fomecido	
Temperatura no prato 33 (°C)	T33	126,4 ± 4,2	126,3	Valor Fomecido	
Temperatura no prato 22 (°C)	T22	126,9 ± 4,2	122,9	3,07%	SIM
Temperatura no prato 11 (°C)	T11	126 ± 4,2	122,1	3,00%	SIM
Temperatura no prato 01 (°C)	T1	121,5 ± 4,1	121,5	Valor Fomecido	

¹ Valores de discrepância em relação ao resultado de medição.



Sumário

SEMPPG
Apresentação

Reiner
Requião

Objetivos

Descritivo do
Processo

Metodologia

Dependência das
medições

Erros Grosseiros
Guia *ISO*

Correção

Resultado da
medição

Simulação

Validação

Conclusão

Dúvidas

- 1 Objetivos
- 2 Descritivo do Processo
- 3 Metodologia
 - Dependência das medições
 - Erros Grosseiros
 - Guia *ISO*
- 4 Correção
- 5 Resultado da medição
- 6 Simulação
- 7 Validação
- 8 Conclusão**
- 9 Dúvidas



Conclusão

SEMPPG
Apresentação

Reiner
Requião

Objetivos

Descritivo do
Processo

Metodologia

Dependência das
medições

Erros Grosseiros
Guia ISO

Correção

Resultado da
medição

Simulação

Validação

Conclusão

Dúvidas

- Oportunidades de melhorias:
 - Troca/manutenção dos equipamentos com baixa confiabilidade
 - Implantação de analisador de linha ou medições periódicas das correntes;
 - Estudo de eficiência energética da coluna (grandes ganhos)
- Os simuladores podem ser utilizados:
 - Treinamentos de funcionários;
 - Estudo sobre novos pontos operacionais;
 - Estudo sobre eficiência energética;
- Essas pequenas melhorias podem incrementar o processo reduzido os custos operacionais;



Sumário

SEMPPG
Apresentação

Reiner
Requião

Objetivos

Descritivo do
Processo

Metodologia
Dependência das
medições
Erros Grosseiros
Guia *ISO*

Correção

Resultado da
medição

Simulação

Validação

Conclusão

Dúvidas

- 1 Objetivos
- 2 Descritivo do Processo
- 3 Metodologia
 - Dependência das medições
 - Erros Grosseiros
 - Guia *ISO*
- 4 Correção
- 5 Resultado da medição
- 6 Simulação
- 7 Validação
- 8 Conclusão
- 9 Dúvidas



Dúvidas

SEMPPG
Apresentação

Reiner
Requião

Objetivos

Descritivo do
Processo

Metodologia
Dependência das
medições
Erros Grosseiros
Guia ISO

Correção

Resultado da
medição

Simulação

Validação

Conclusão

Dúvidas

Dúvidas?