



ALTERNATIVAS para a AUTOMATIZAÇÃO de um COZIMENTO de AÇÚCAR

Eduardo Munhoz

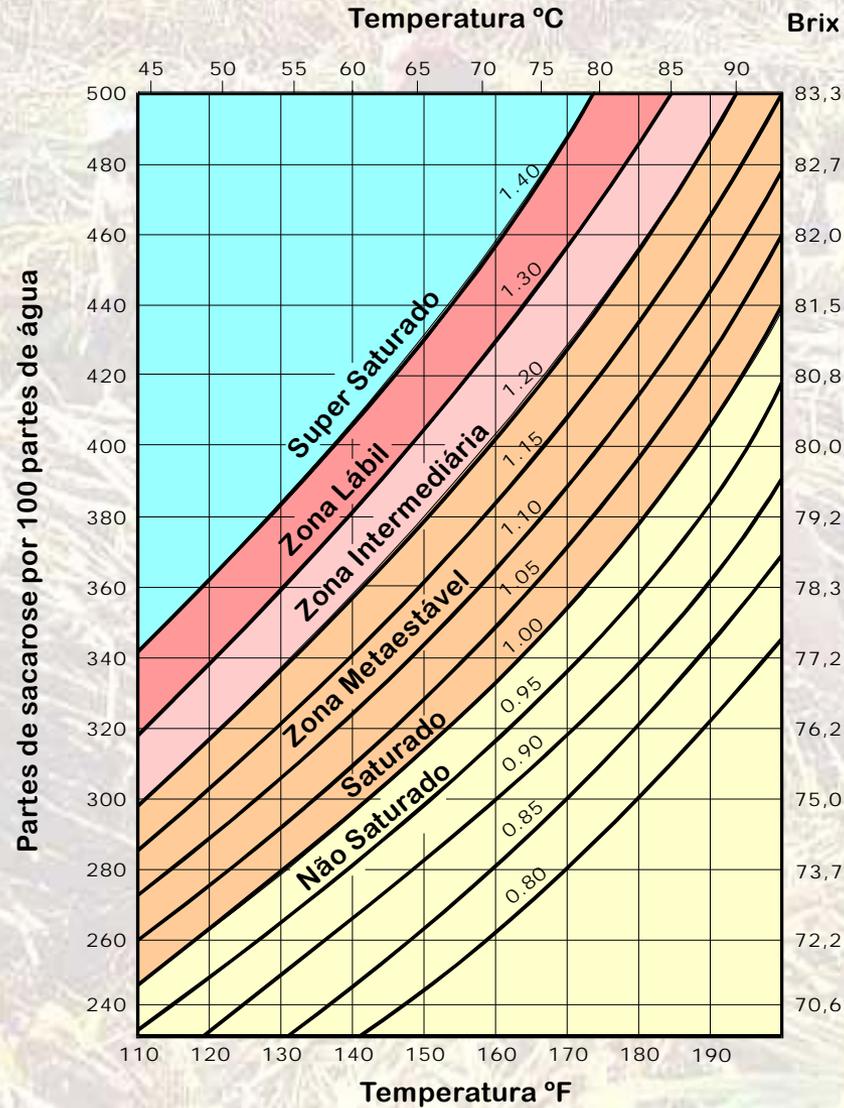
Cozimento de Açúcar

É o processo de cristalização do açúcar por evaporação de água dentro de uma vaso de pressão desenhado para manipular materiais densos e viscosos.

Processo de Cristalização

É o processo de transferência de massa entre a solução açucarada e os cristais de sacarose, que acontece quando se excede o ponto crítico da força de atração molecular e as moléculas mudam para o estado sólido na sua forma cristalina.

Curvas de Saturação das Soluções Açucaradas



Sobre-saturação

Numa solução açucarada, a cristalização acontece somente se a solução está sobre-saturada (ou seja, a solução deve ter mais componentes sólidos que a água capaz de dissolver ditos componentes a determinada temperatura).

Zona Metaestável

É a região mais perto à curva de saturação, onde os cristais existentes na massa crescem sem que haja formação de novos cristais.

Se encontra entre as curvas de saturação 1.0 e 1.2

É a região da curva onde se efetua a “semeadura” e o corredor em que deve ser mantido o cozimento

Zona Intermediária

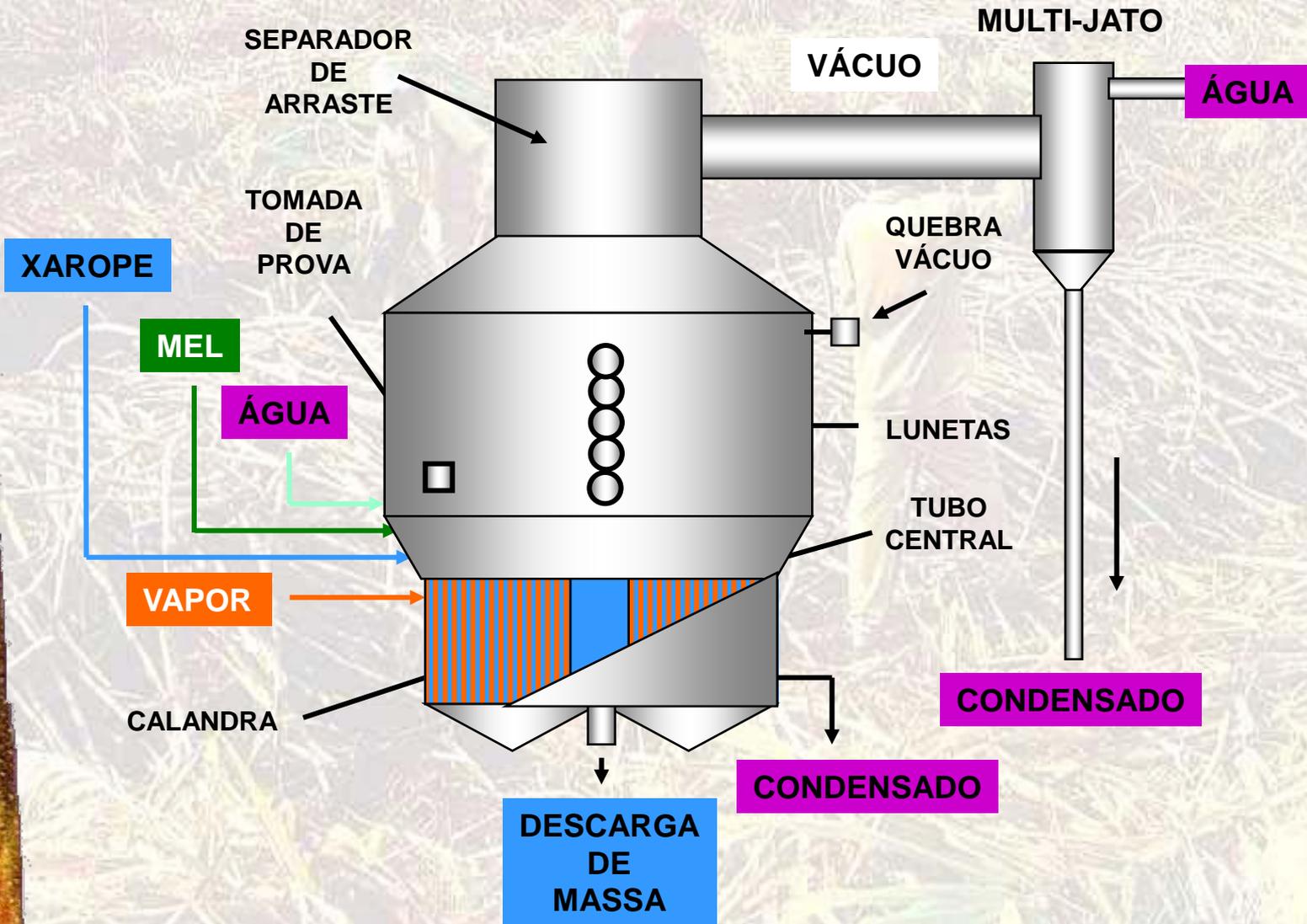
Nesta zona haverá formação de cristais somente em presença de outros cristais existentes.

Os cristais pré-existentes e os novos crescem juntos.

Nesta zona haverá formação de novos cristais independentemente da presença ou não de cristais existentes.

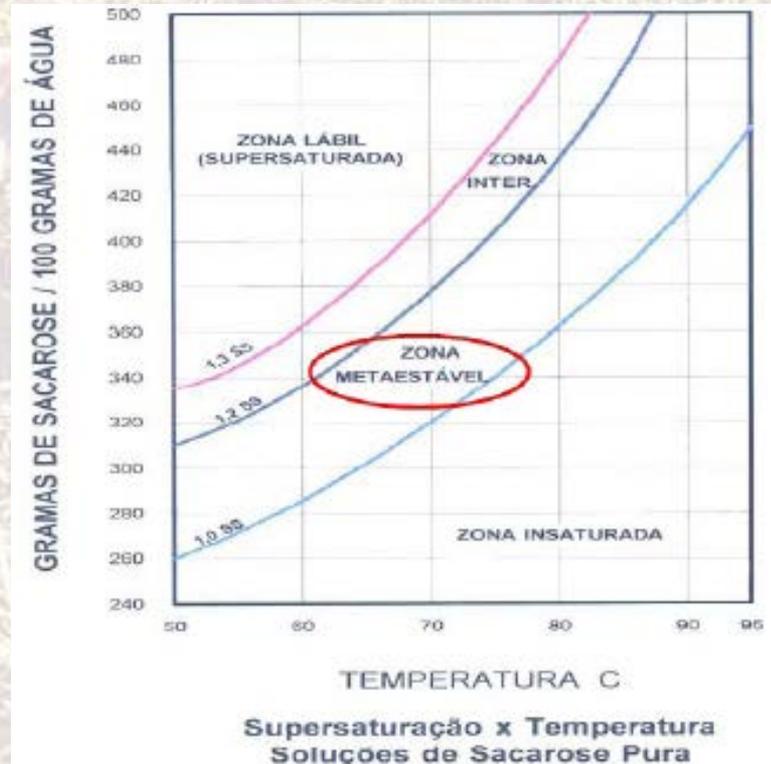
Os cristais novos e os existentes crescem juntos.

Tacho Batelada Típico



Zona Metaestável

Toda a base de funcionamento de um bom controle automático de cozimento consiste em identificar e adotar o tipo certo de sensor de concentração/ consistência. Um bom cozimento é aquele que consegue que todos os cristais semeados no início da operação sejam recuperados no final, sem perder nem um cristal por fusão ou diluição e sem que se forme nenhum novo cristal adicional por nucleação espontânea. Ou seja, o cozimento automático deve ser conduzido dentro de um estreito corredor chamado de Zona Metaestável.



Tipos de sensores

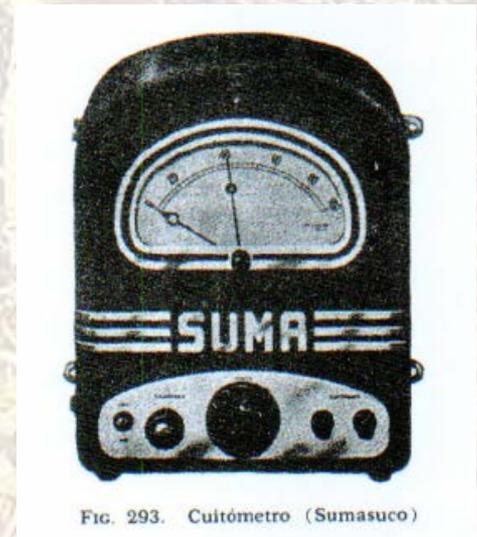
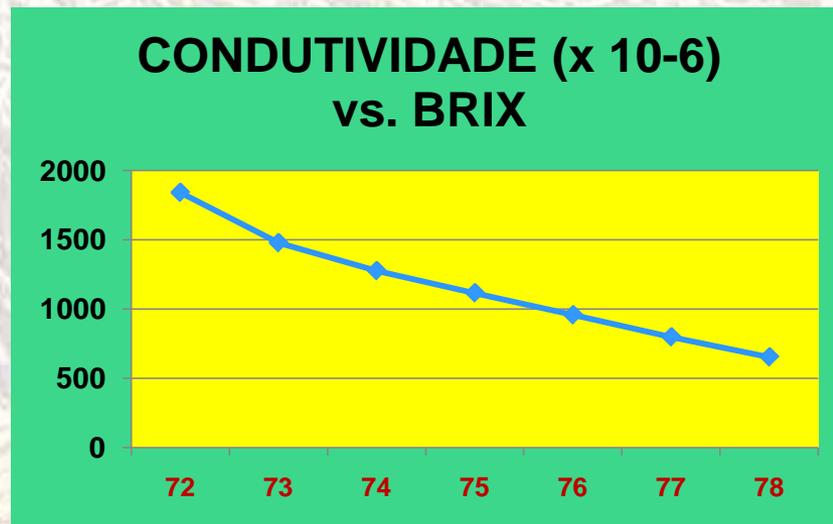
- **Condutividade/ Resistividade**
- **Atrito/ Esforço eletromecânico**
- **Radiofrequência**
- **Microondas**

Condutividade - Cuitômetro

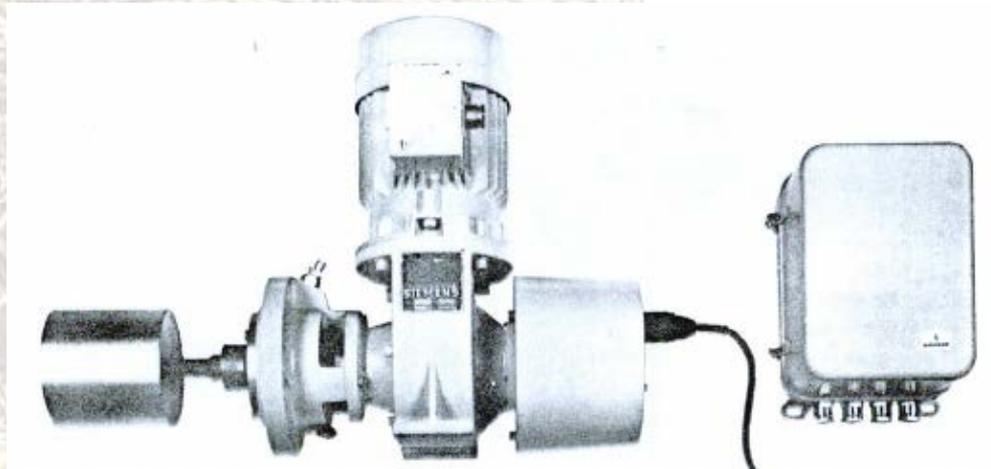
Hugot escrevia, em 1962:

.....“O trabalho do tacheiro é certamente o mais importante dos trabalhos da fábrica. Ainda que tende a ser mais e mais simplificado e de ser possível o controle por instrumentos, o cozimento de açúcar é evidentemente uma questão de destreza”.....

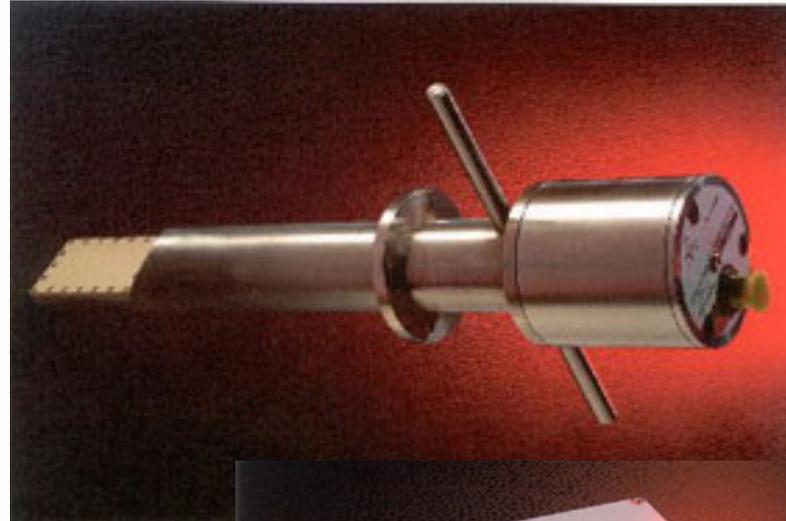
E a seguir recomenda o uso do “Cuitômetro” que basicamente, é um par de eletrodos que medem a condutividade da massa cocida



Sondas de consistência por atrito



Sondas de Concentração de Radiofrequência

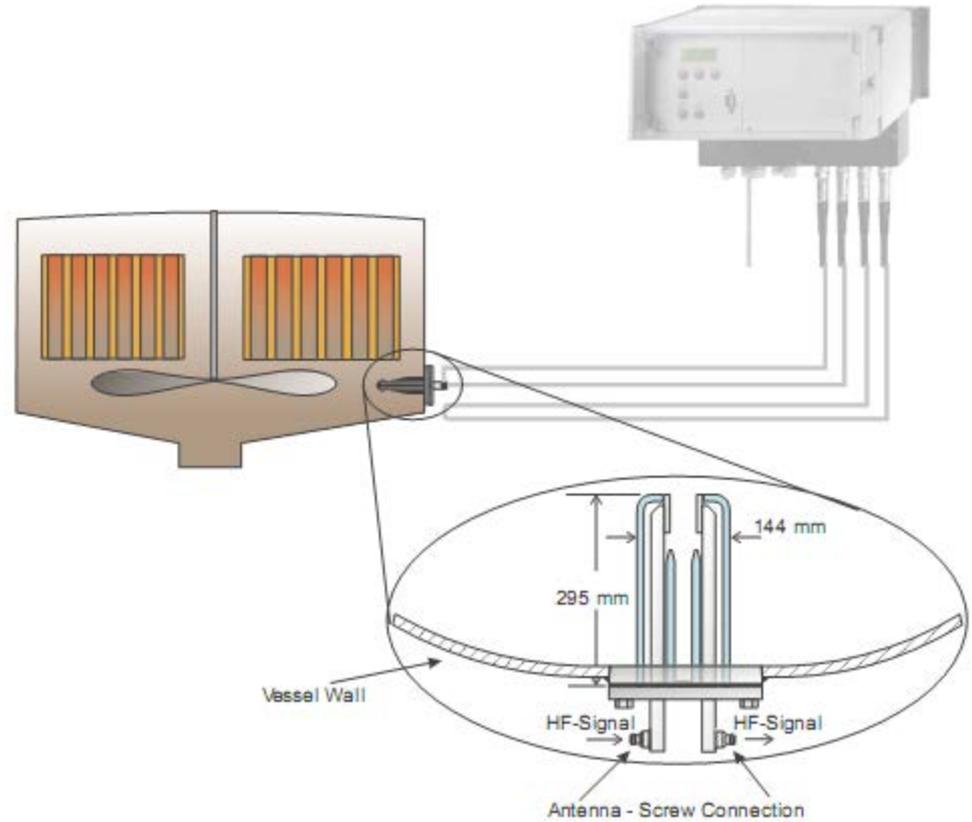
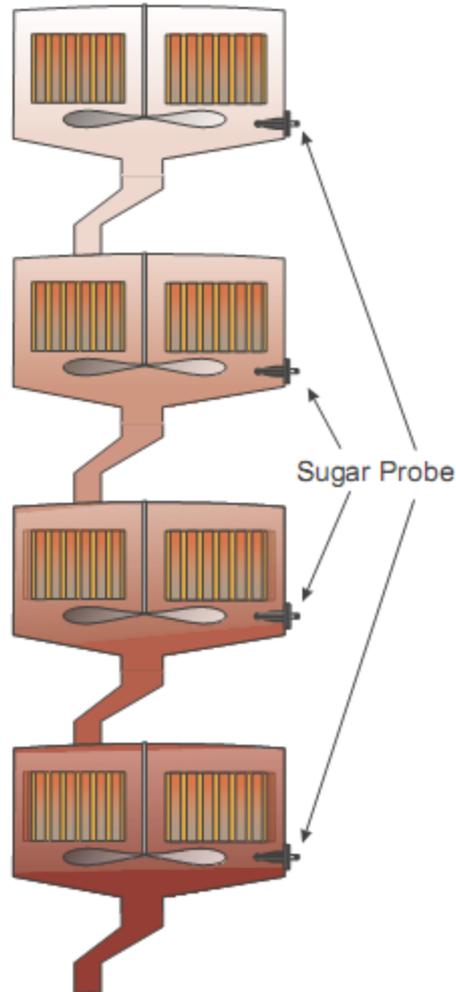


Sonda de concentração de Microondas

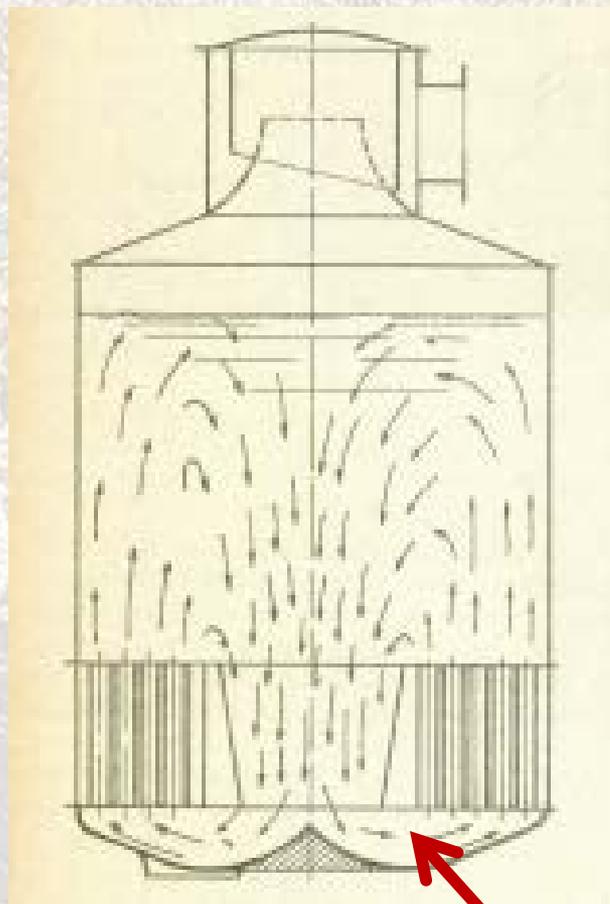


Sonda de concentração de Microondas

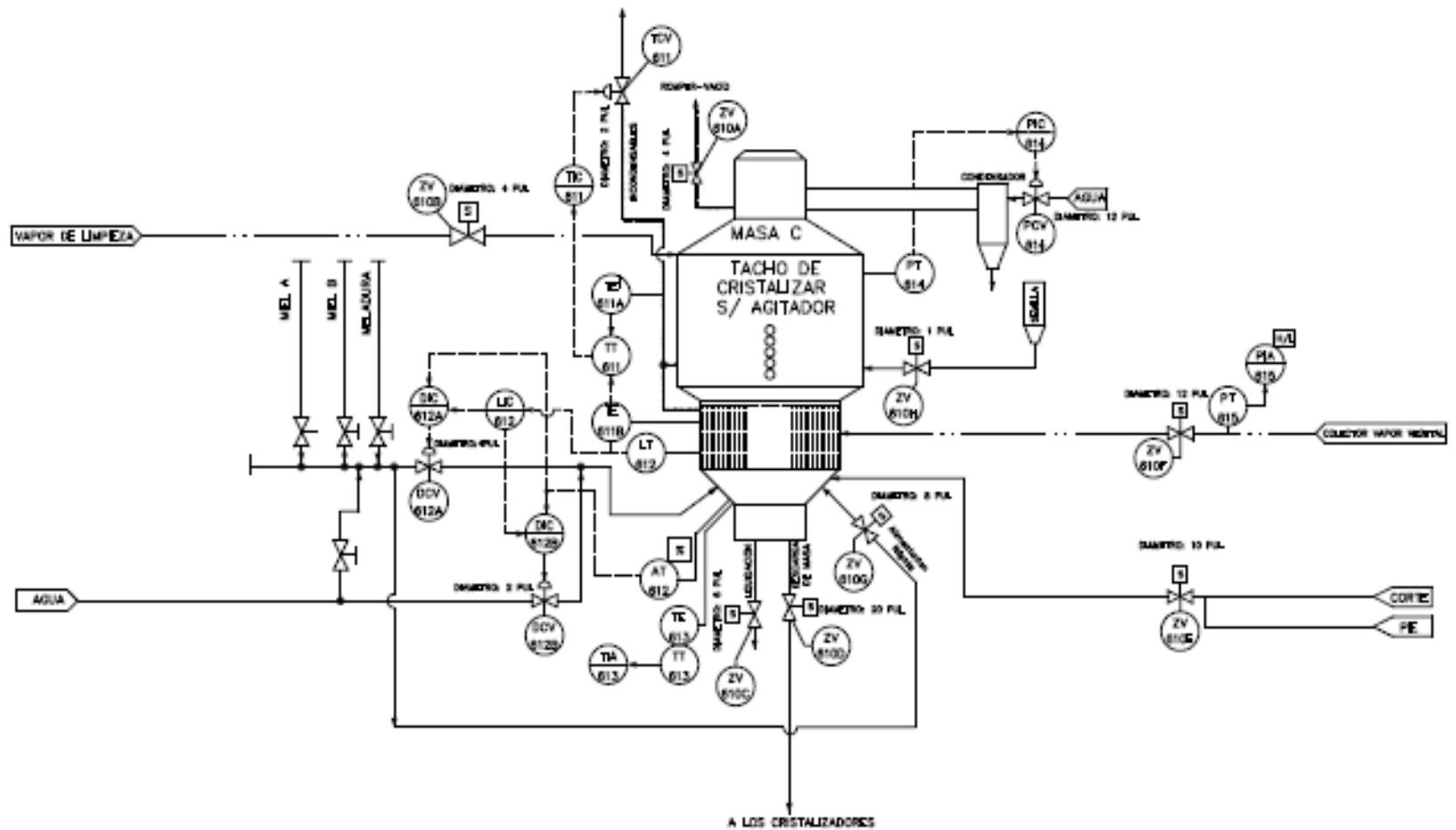
1) Continuous Cooking Pans



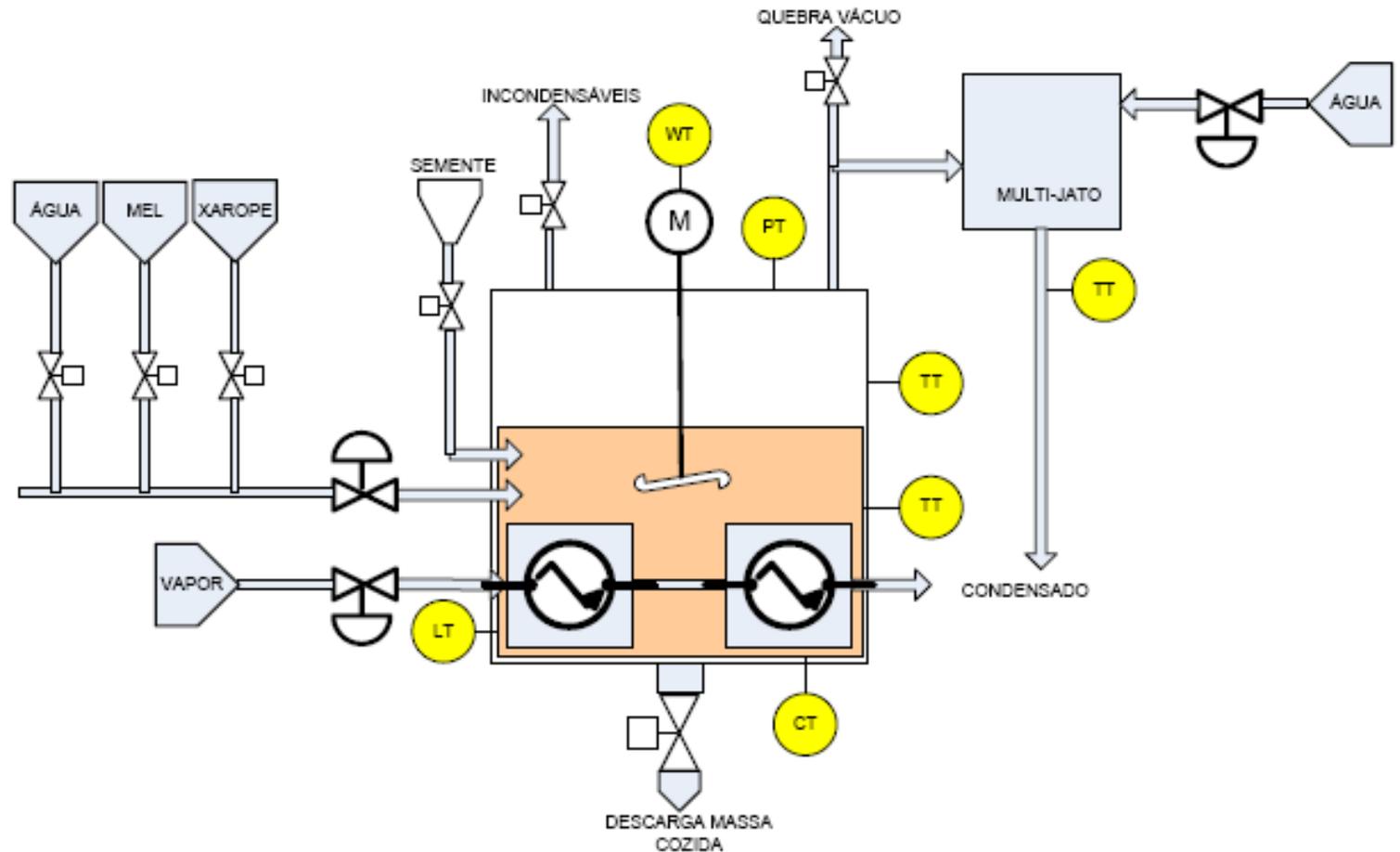
Circulação num tacho de batelada



**PONTO DE MEDIÇÃO DO
NÍVEL E DA CONSISTÊNCIA**

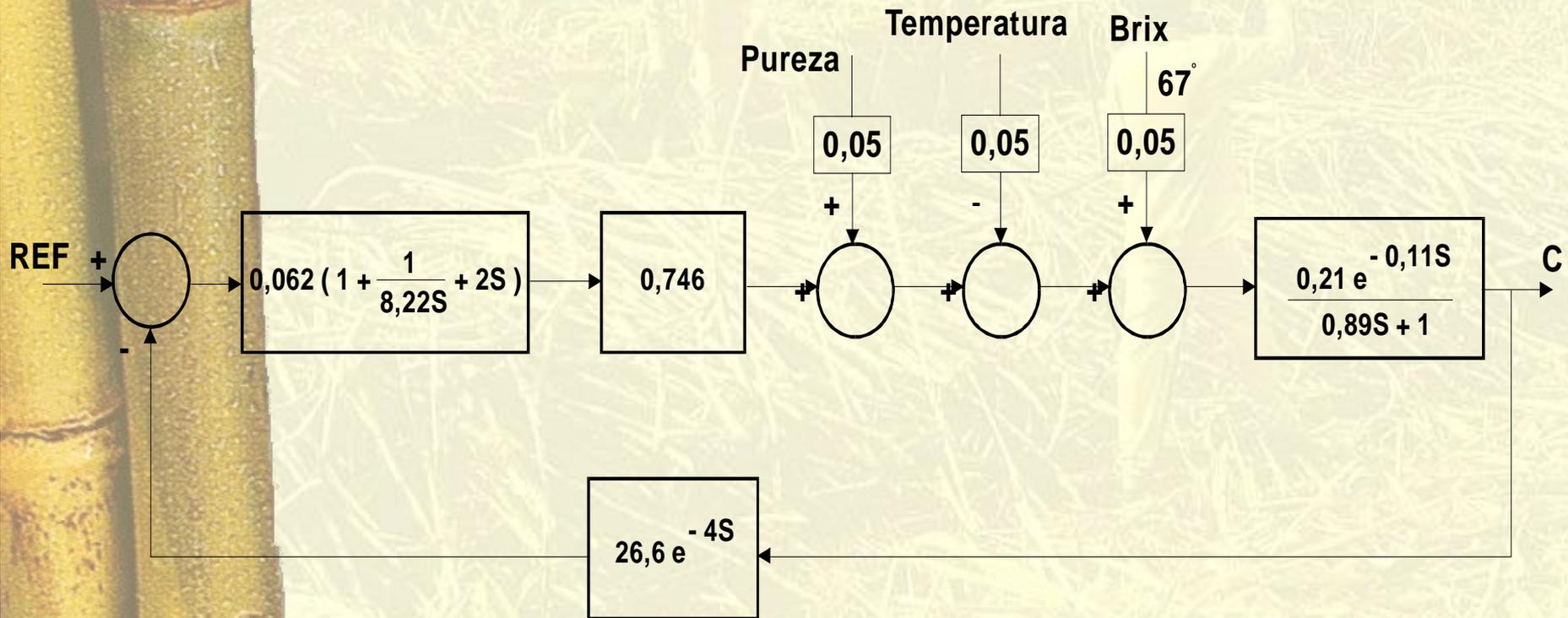


Medições e Pontos de Atuação



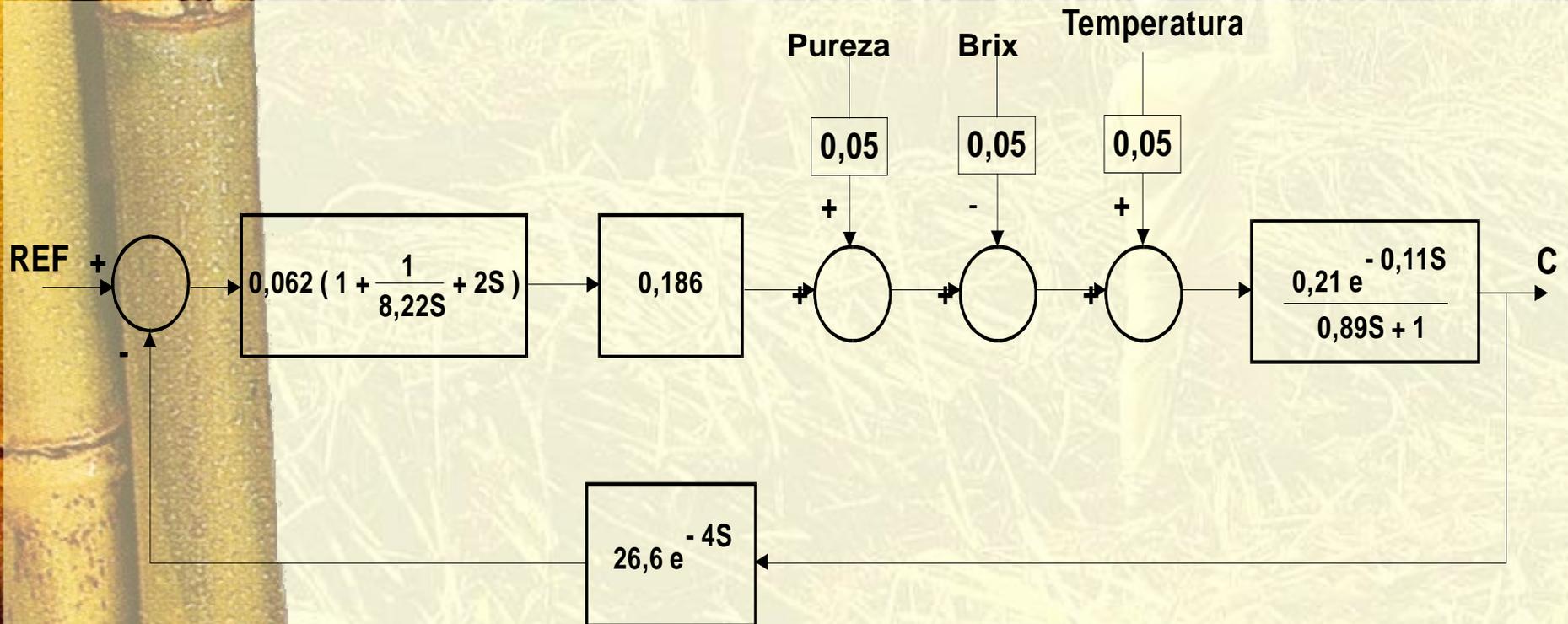
Modelo Matemático

Concentração para Semeadura



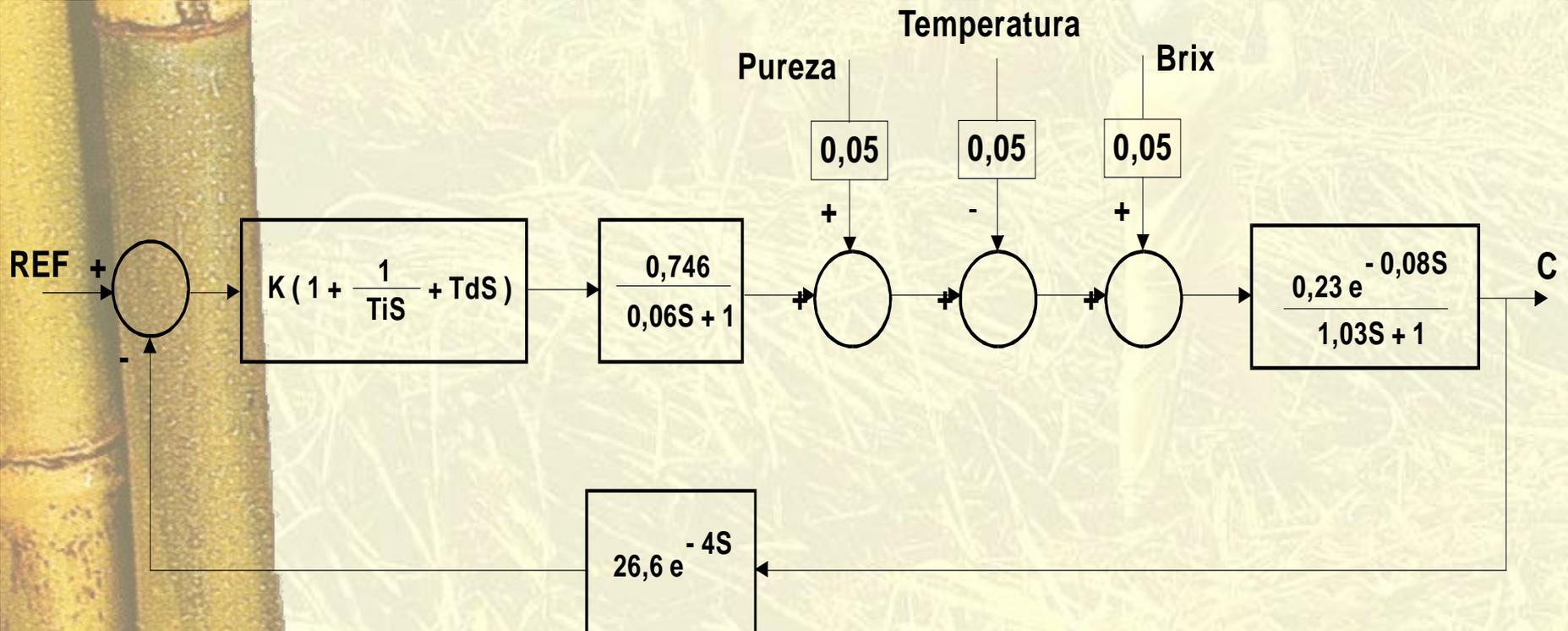
Modelo Matemático

Formação de Grãos



Modelo Matemático

Alimentação para o crescimento dos cristais



Estratégia de Controle (1)

ESTÁGIO	AÇÃO	CONTROLE
Carga do tacho	Válvula de vapor fechada	0%
	Agitador mecânico parado	Off
	Início da formação de vácuo	Válvula de água do multijato
	Estabilização do vácuo em -28" Hg	Válvula de água do multijato
	Alimentar a solução até cobrir a calandra	Válvula de alimentação 100% aberta
Concentração	Manter o vácuo em -28" Hg	Válvula de água do multijato
	Ligar o agitador mecânico	On
	Manter o nível do produto acima da calandra	Válvula de alimentação
	Alimentar o tacho com vapor	Válvula de vapor

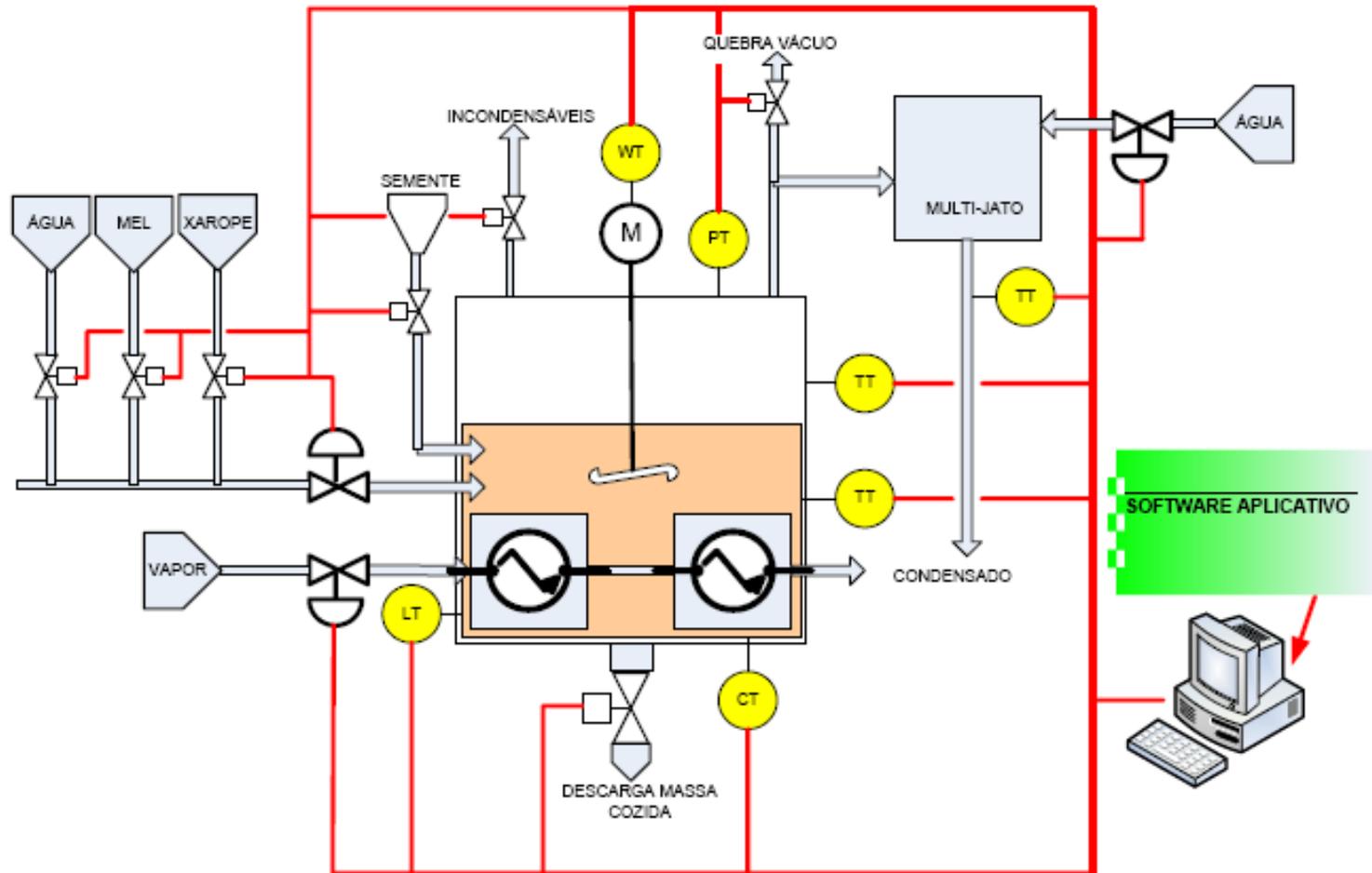
Estratégia de Controle (2)

ESTÁGIO	AÇÃO	CONTROLE
Concentração	A supersaturação atinge 1.06 (74° Bx).	
	Fechar alimentação	Válvula de alimentação
	Reduzir o vapor	Válvula de vapor
Semeadura	A supersaturação atinge 1.11 (75° Bx)	
	Introduzir a semente	Válvula on-off do tachinho de semente
	A alimentação de vapor se mantém no mínimo durante 2 minutos	Válvula de vapor
Cristalização Fase 1	Manter a alimentação de vapor em 20 PSI	Válvula de vapor
	Manter a supersaturação em 1.15 (76° Bx)	Válvula de alimentação

Estratégia de Controle (3)

ESTÁGIO	AÇÃO	CONTROLE
Cristalização Fase 2	Alimentar o produto mantendo a supersaturação em 1.15 (76° Bx)	Válvula de vapor
	Atingir 100% do volume do tacho	Válvula de alimentação
	Fechar a válvula de alimentação	Válvula de alimentação em 0%
Aperto da massa	O agitador mecânico atinge a sua máxima potencia	
	Fechar a válvula de vapor	Válvula de vapor em 0%
Fim da batelada	Desligar o agitador mecânico	Off
	Quebrar o vácuo. Fechar a válvula de água do multijato	Válvula quebra-vácuo on. Válvula de água de alimentação em 0%
Descarregar o tacho	Abrir a válvula de descarga de fundo	Válvula de descarga em 100%

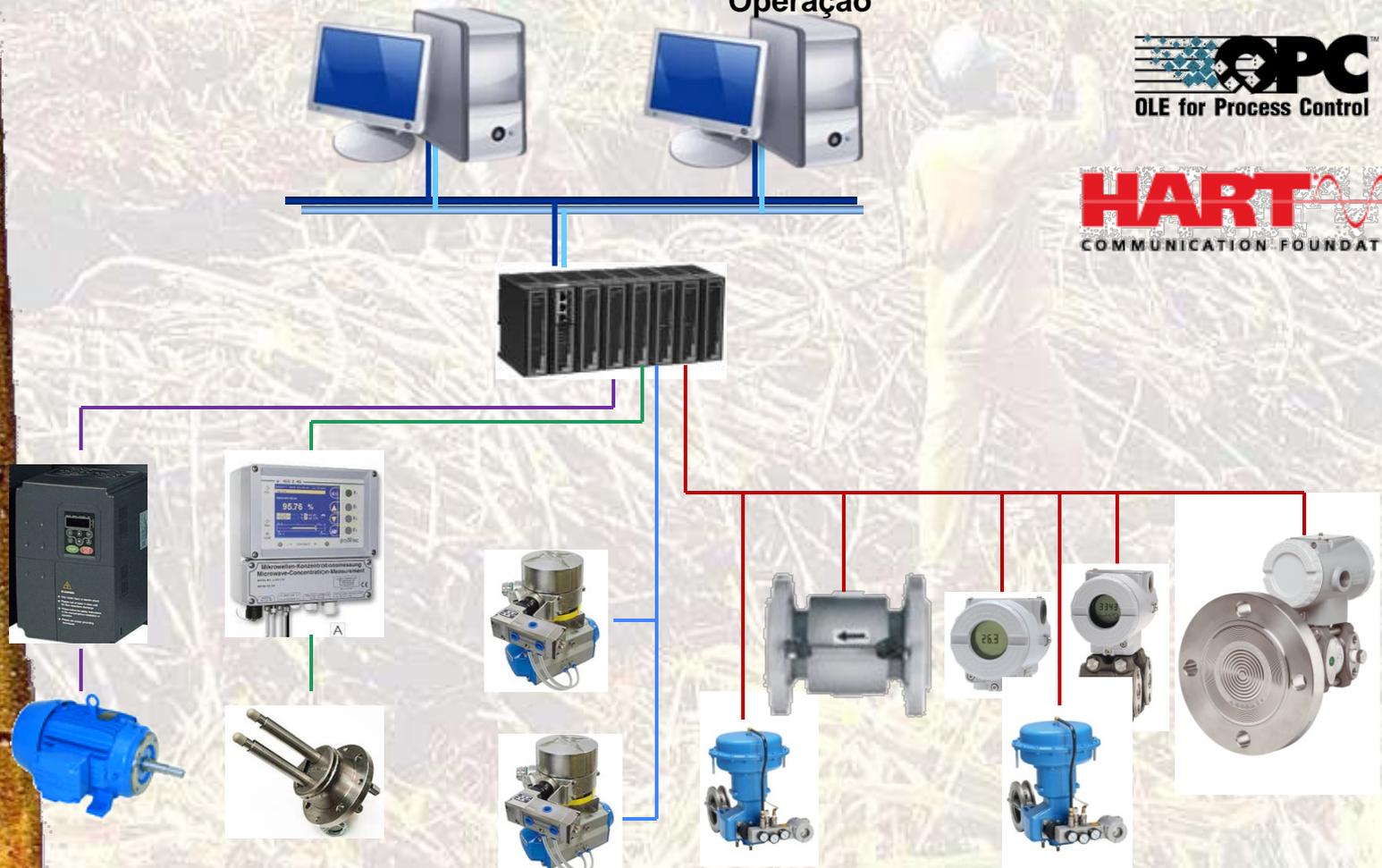
Comunicação entre os elementos de campo e o Sistema de Controle



Arquitetura

Estação de Operação
e Servidor OPC

Estação de Engenharia e
Operação



Exemplo de tela para o operador

OVER VIEW
FACE PLATE
RT TRENVD
HT TRENVD
GRAPH
DETAIL
CHANGE

COM 1
COM 2
COM
ALARM LIST
ACK
PREV
MAIN

USINA MARACÁI S.A. AÇ. ALCOOL smar
COZEDOR 1

CHAVE MC
 CAMPO

CO2.2
CO2.3
123
MEIS
CENT.
GRUPO

21 / 9 / 98
 09:19:25

SEQUÊNCIA DE OPERAÇÃO

CRISTALIZAÇÃO

SEMEADURA

PROGRAMAÇÃO

CICLOS: A M START

STATUS DE ALARMES

50.00	N. ESPELHO (N1)
50.00	N. FINAL (NF)
50.00	N. PI VAPOR (NV)
50.00	N. ZERO (N0)
50.00	N. LAVAGEM (NL)
-15.00	P. INICIAL (P0)
-15.00	P. TRABALHO (P1)
-15.00	P. QUEBRA VÁCUO (P2)
-15.00	P. INICIAL LAVAGEM (P3)
50.00	P. SEMENTE 1 (PS1)
50.00	P. SEMENTE 2 (PS2)
50.00	CONC. CHOQUE (CC)
50.00	CONC. FINAL (CF)
325.00	T. LIMPEZA (TL)
■	NÍVEL ALTO SEMENTEIRA
■	FALTA SEMENTE
■	MT. TQ. SEMENTE PARADO

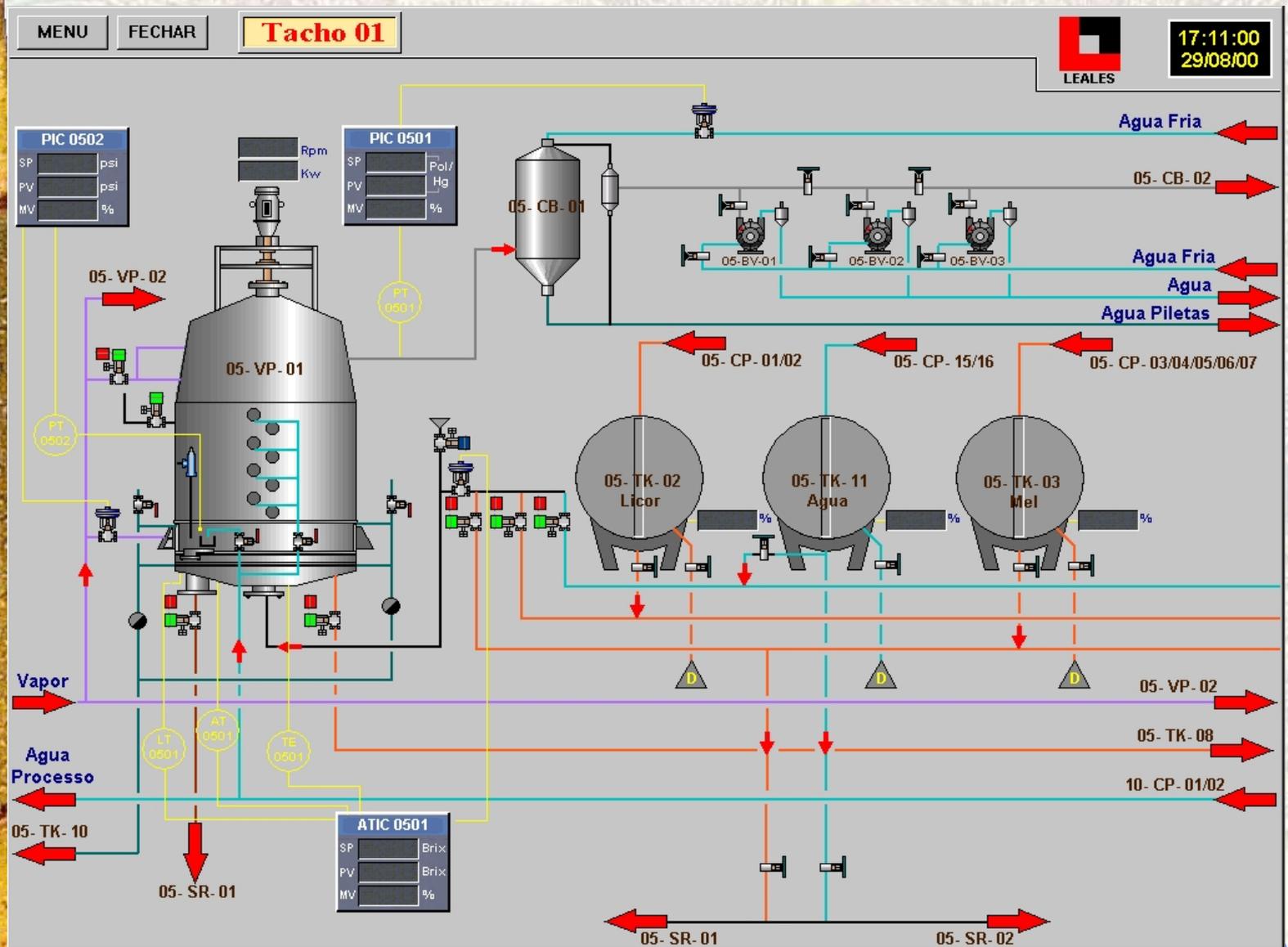
P1_SEME - VALV:FPLATEP

VALV. SEMENTE COZ. 1

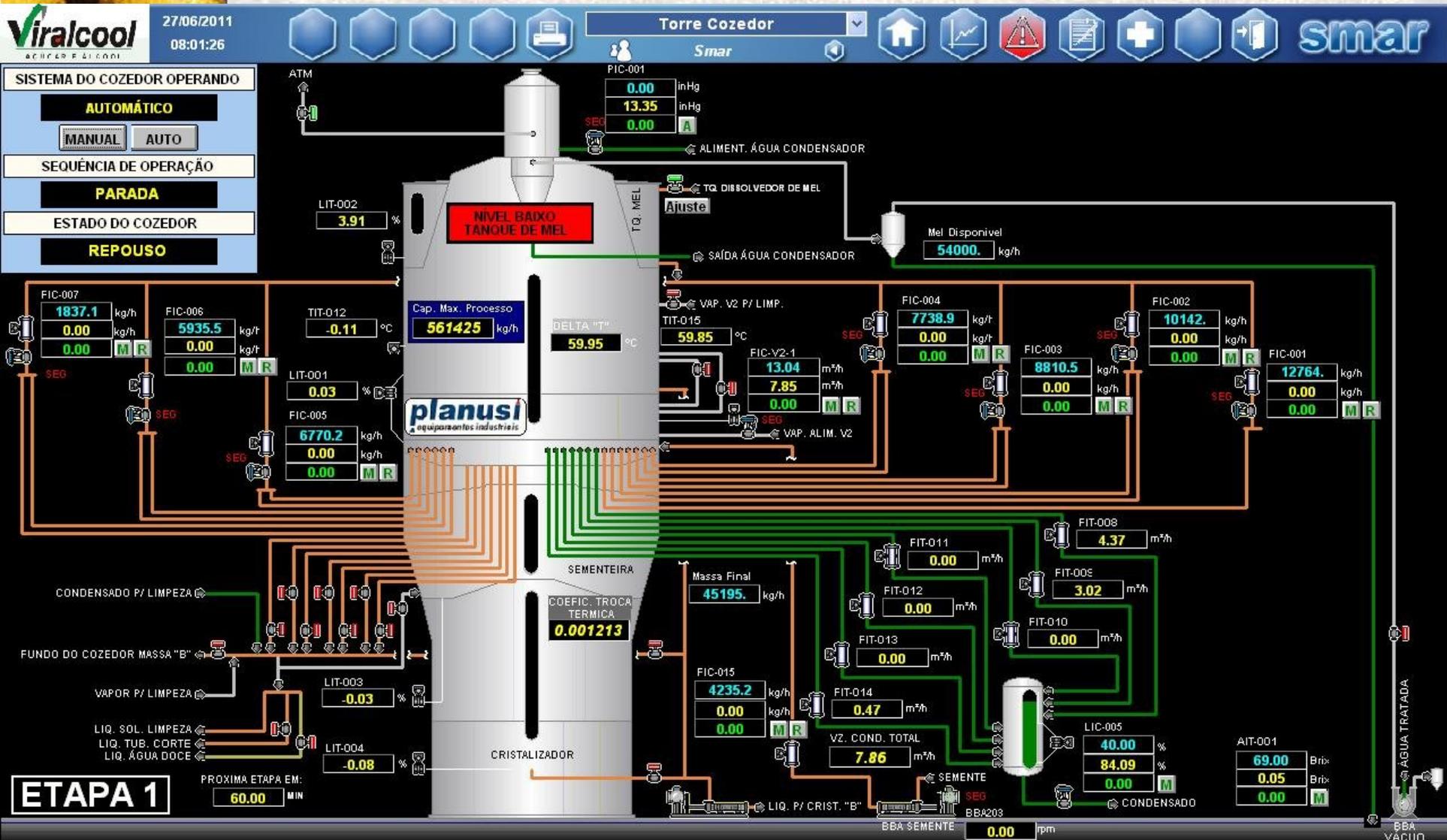
ABRE
●
FECHA

PROCCAC.PPT - 07/98 - 1.0

Exemplo de tela para o operador



Exemplo de tela para o operador



Exemplo de tela para o operador

VALOR DA VAZÃO DE MEL ACEITAVEL

Vazão de mel (Atual)	32
Brix do mel produzido	80.000000
Densidade do mel produzido	1.350000
Brix do licor mãe do mágma	82.000000
Pureza do licor mãe do mágma	61.000000
Brix do mágma	89.250000
Densidade do mágma	1.470000
Proporção mágma/massa	10.000000
Conc. massa do 1° + 2° Compto	86.000000
Conc. massa do 3° + 4° Compto	87.000000
Conc. massa do 5° + 6° Compto	88.000000
Conc. massa do 7° + 8° Compto	89.000000
Conc. massa do 9° + 10° Compto	90.000000
Conc. massa do 11° + 12° Compto	91.000000
Conc. massa do 13° Compto	92.000000
Temp. vapor de alim. cozedor	59.838250
Temp. vapor produzido no cozedor	-0.099184
Elev. P.E. licor mãe dev. carga hid.	11.350000
Peso de matérias dissolvidas	81.800000
Elev. P.E. licor mãe dev. carga hid.	11.400000
Peso de matérias dissolvidas	82.200000
Elev. P.E. licor mãe dev. carga hid.	11.450000
Peso de matérias dissolvidas	82.500000

Elev. P.E. licor mãe dev. carga hid.	11.500000
Peso de matérias dissolvidas	82.800000
Elev. P.E. licor mãe dev. carga hid.	11.550000
Peso de matérias dissolvidas	83.100000
Elev. P.E. licor mãe dev. carga hid.	11.600000
Peso de matérias dissolvidas	83.400000
Elev. P.E. licor mãe dev. carga hid.	11.650000
Peso de matérias dissolvidas	84.000000
Vazão de mel	32.000000
Brix do mel produzido	0.068666
Densidade do mel produzido	1.350000
Brix do licor mãe do mágma	82.000000
Pureza do licor mãe do mágma	61.000000
Brix do mágma	89.250000
Densidade do mágma	1.470000
Proporção mágma/massa	14.500000
Conc. massa do 1° + 2° Compto	86.000000
Conc. massa do 3° + 4° Compto	87.000000
Conc. massa do 5° + 6° Compto	88.000000
Conc. massa do 7° + 8° Compto	89.000000
Conc. massa do 9° + 10° Compto	90.000000

Conc. massa do 11° + 12° Compto	91.000000
Conc. massa do 13° Compto	92.000000
Temp. vapor de alim. cozedor	59.838250
Temp. vapor produzido no cozedor	-0.099184
Elev. P.E. licor mãe dev. carga hid.	11.350000
Peso de matérias dissolvidas	81.800000
Elev. P.E. licor mãe dev. carga hid.	11.400000
Peso de matérias dissolvidas	82.200000
Elev. P.E. licor mãe dev. carga hid.	11.450000
Peso de matérias dissolvidas	82.500000
Elev. P.E. licor mãe dev. carga hid.	11.500000
Peso de matérias dissolvidas	82.800000
Elev. P.E. licor mãe dev. carga hid.	11.550000
Peso de matérias dissolvidas	83.100000
Elev. P.E. licor mãe dev. carga hid.	11.600000
Peso de matérias dissolvidas	83.400000
Elev. P.E. licor mãe dev. carga hid.	11.650000
Peso de matérias dissolvidas	84.000000

Exemplo de tela para o operador



27/06/2011
08:06:10

Etapa 2 - Resultados

Smár

Vazão de massa final produzida	41321.739130
Vazão de mel para o cozedor contínuo	43200.000000
Vazão de condensado SIMUL 1	5750.529777
Vazão de mágma	3872.268908
Vazão mágma conc. do 1º e 2º compto	4018.604651
Vazão mágma conc. do 1º e 2º compto	4018.604651
Evap 1º e 2º compto (meio da camp.)	4370.565000
Vazão mel injetado no 1º e 2º Compto	64742.243992
Conc. massa do 1º + 2º Compto.	86.000000
Vazão massa pass. 2º p/ 3º compto	64390.283643
Evap 3º e 4º compto (meio da camp.)	3017.853000
Vazão massa pass. 2º p/ 3º compto corr.	63650.165440
Vazão mel injetado no 3º e 4º Compto	28308.989622
Conc. massa do 3º + 4º Compto.	87.000000
Vazão massa pass. 4º p/ 5º compto	89681.420265
Evap 5º e 6º compto (meio da camp.)	0.000000
Vazão massa pass. 4º p/ 5º compto corr.	88662.313217
Vazão mel injetado no 5º e 6º Compto	-11210.17753
Conc. massa do 5º + 6º Compto.	88.000000
Vazão massa pass. 6º p/ 7º compto	78471.242732
Evap 7º e 8º compto (meio da camp.)	0.000000
Vazão massa pass. 6º p/ 7º compto corr.	77589.543376
Vazão mel injetado no 7º e 8º Compto	-8719.026970
Conc. massa do 7º + 8º Compto.	69752.215762
Vazão massa pass. 7º p/ 8º compto	89.000000
Evap 9º e 10º compto (meio da camp.)	0.000000
Vazão massa pass. 8º p/ 9º compto corr.	68977.191142
Vazão mel injetado no 9º e 10º Compto	-6975.221576
Conc. massa do 9º + 10º Compto.	90.000000

Vazão massa pass. 9º p/ 10º compto	62776.994186
Evap 11º e 12º compto (meio da camp.)	0.000000
Vazão massa pass. 10º p/ 11º compto corr.	62087.137107
Vazão mel injetado no 11º e 12º Compto	-5706.999471
Conc. massa do 11º + 12º Compto	91.000000
Vazão massa pass. 11º p/ 12º compto	57069.994714
Evap 13º compto (meio da camp.)	474.479300
Vazão massa pass. 12º p/ 13º compto corr.	56449.668685
Vazão mel injetado no 13º Compto	-1118.158260
Conc. massa do 13º Compto	92.000000
Vazão Total de mel no cozedor contínuo	43.941963
Vazão de mel para o cozedor contínuo	59321.649804
Vazão de condensado SIMUL	7862.897300
Prop. mel a ser injetado 1º + 2º compto	109.137632
Prop. mel a ser injetado 3º + 4º compto	47.721177
Prop. mel a ser injetado 5º + 6º compto	-18.897279
Prop. mel a ser injetado 7º + 8º compto	-14.697883
Prop. mel a ser injetado 9º + 10º compto	-11.758307
Prop. mel a ser injetado 11º + 12º compto	-9.620433
Prop. mel a ser injetado 13º compto	-1.884908
Vazão de massa final produzida	28.714164
Vazão de mel para o cozedor contínuo	43200.000000
Vazão de mágma	3.212858
Vazão de condensado CALC	43175.034170
Vazão mel injetado no 1º e 2º Compto	47147.457121
Vazão mágma conc. do 1º e 2º compto	3.889986
Evap 1º e 2º compto (calculado)	4370.565000
Conc. massa do 1º + 2º Compto. (calc.)	0.066678
Vazão massa pass. 2º p/ 3º compto (calc.)	42780.782107

Vazão mel injetado no 3º e 4º Compto	20615.548552
Evap 3º e 4º compto (calculado)	3017.853000
Vazão massa pass. 2º p/ 3º compto corr.	42289.048979
Vazão massa pass. 3º p/ 4º compto (calc.)	60.952982
Vazão massa pass. 4º p/ 5º compto (calc.)	60378.477659
Vazão mel injetado no 5º e 6º Compto	-8163.624428
Evap 5º e 6º compto (calculado)	0.000000
Vazão massa pass. 4º p/ 5º compto corr.	59692.358594
Conc. massa do 5º + 6º Compto. (calc.)	100.593820
Vazão massa pass. 6º p/ 7º compto (calc.)	52214.853231
Vazão mel injetado no 7º e 8º Compto	-6349.485666
Evap 7º e 8º compto (calculado)	0.000000
Vazão massa pass. 7º p/ 8º compto corr.	51628.169487
Conc. massa do 7º + 8º Compto. (calc.)	100.175104
Vazão massa pass. 7º p/ 8º compto (calc.)	45865.367565
Vazão mel injetado no 9º e 10º Compto	-5079.588533
Evap 9º e 10º compto (calculado)	0.000000
Vazão massa pass. 8º p/ 9º compto corr.	45355.752370
Conc. massa do 9º + 10º Compto. (calc.)	100.077687
Vazão massa pass. 9º p/ 10º compto (calc.)	40785.779032
Vazão mel injetado no 11º e 12º Compto	-4156.026981
Evap 11º e 12º compto (calculado)	0.000000
Vazão massa pass. 10º p/ 11º compto corr.	40337.583658
Conc. massa do 11º + 12º Compto. (calc.)	100.205378
Vazão massa pass. 11º p/ 12º compto (calc.)	36629.752050
Vazão mel injetado no 13º Compto	-814.280064
Evap 13º compto (calculado)	474.479300
Vazão massa pass. 12º p/ 13º compto corr.	36231.602572
Conc. massa do 13º Compto. (calc.)	94.317213
Vazão Total de mel no cozedor contínuo	32.000000

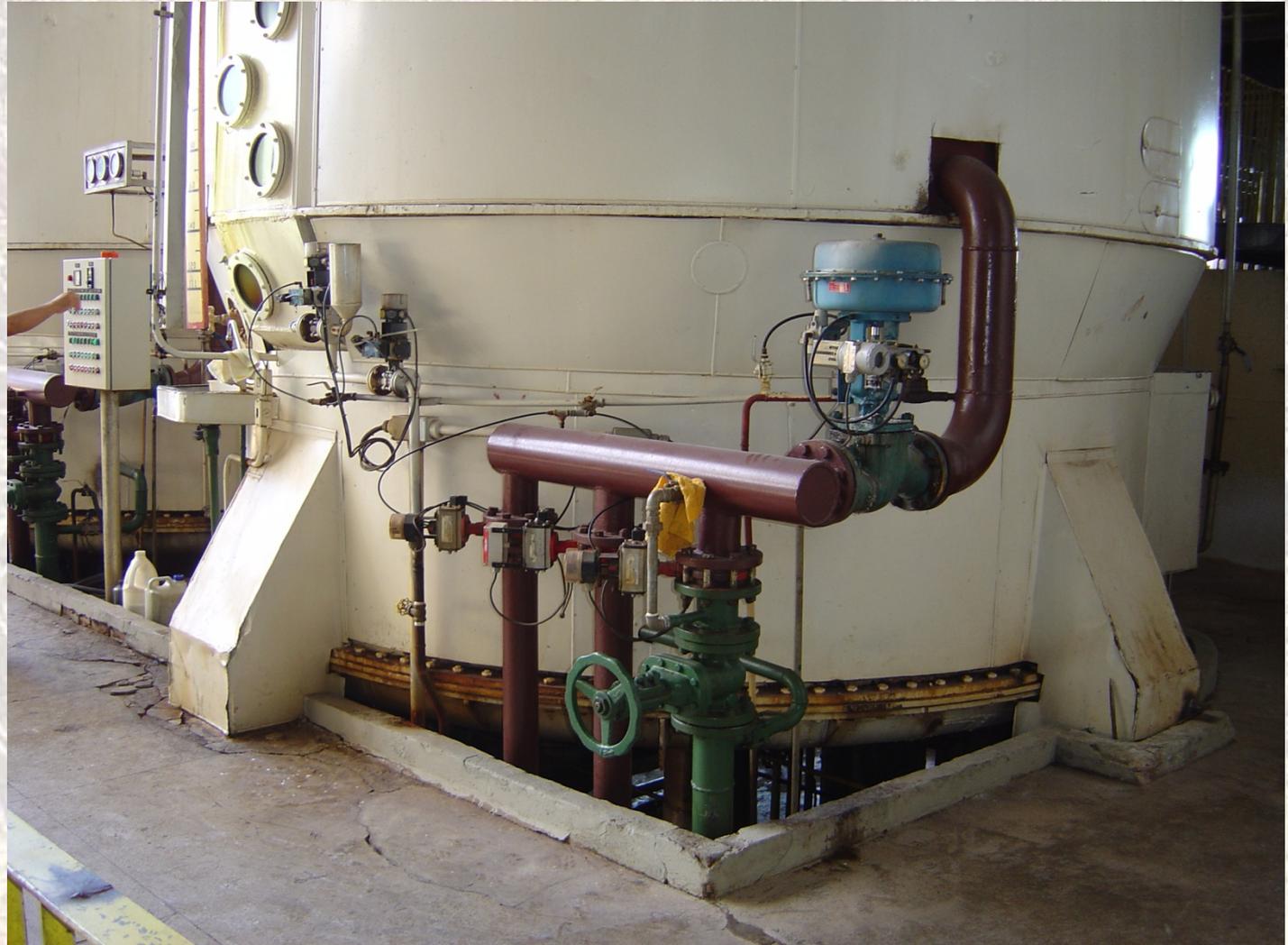
Instalação da sonda e do transmissor de nível no fundo do vácuo



Instalação da sonda e do transmissor de nível no fundo do vácuo



Manifold de alimentação de produtos no tacho



Tachinho de semente e válvula on-off



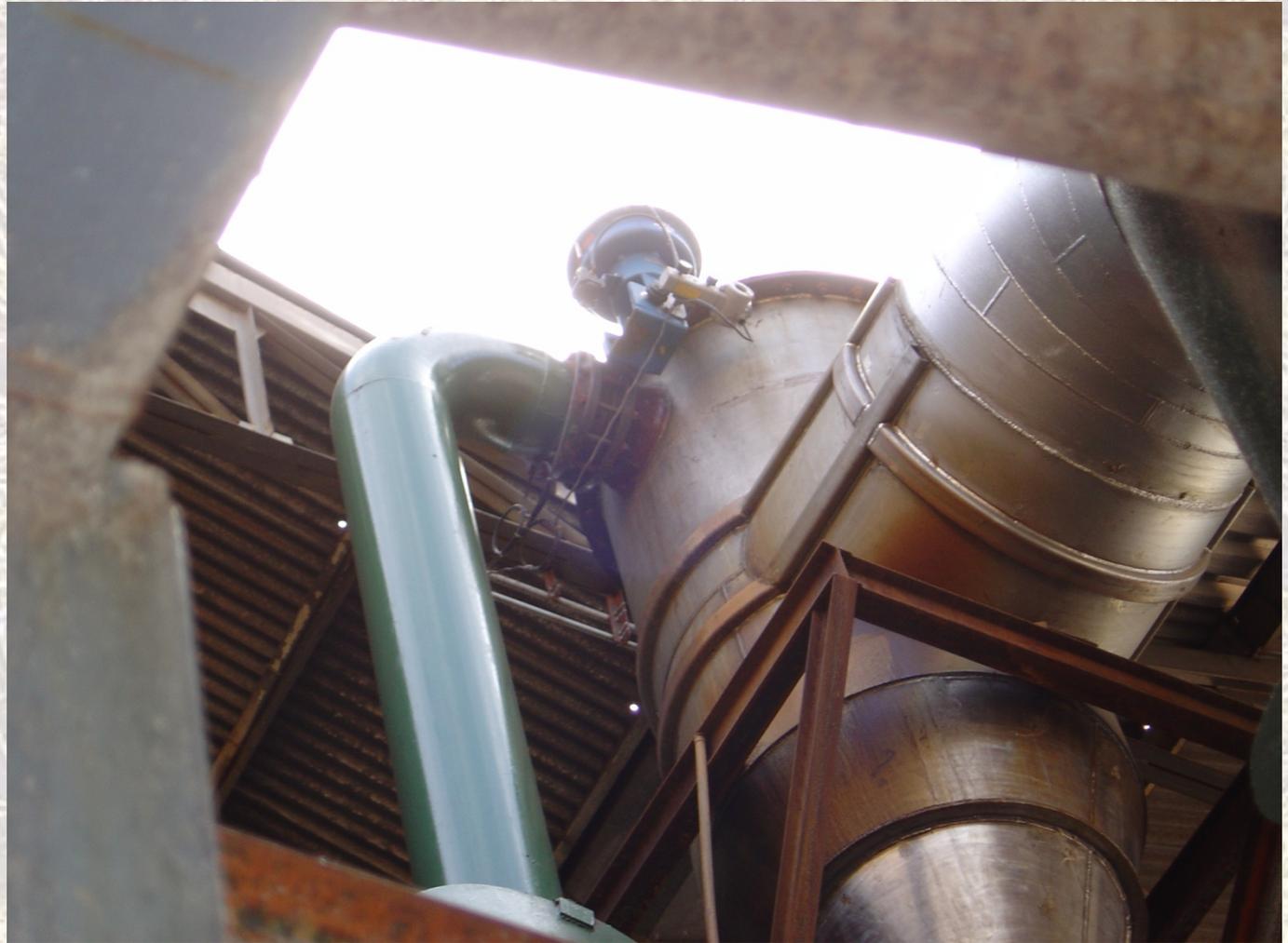
Válvula de descarga do magma



Válvula de alimentação de vapor



Válvula de água do multijato





FIM



MUITO OBRIGADO !!!

