Processo de Fermentação Otimizado com CompactRIO

Daniel Atala - CTC

Maria Isabel Berto - ITAL

NIDays 2011 – São Paulo

Daniel Atala

- Engenheiro de Alimentos
  - FURG (1997)
- Mestrado em Engenharia de Alimentos
  - FEA/DEA/UNICAMP (1998-2000)
- Doutorado em Engenharia de Alimentos
  - FEA/DEA/UNICAMP (2000-2004)
- Pós-Doutorado
  - FEA e FEQ / UNICAMP (2004-2006)
- Pesquisador CTC
  - Produção de Álcool (2006-atual)

Isabel Berto

- Engenheira de Alimentos
  - UNESP (1995)
- Mestrado em Engenharia de Alimentos
  - FEA/DEA/UNICAMP (1998-2000)
- Doutorado em Engenharia de Alimentos
  - FEA/DEA/UNICAMP (2000-2004)
- Pós-Doutorado
  - ITAL (2004-2007)
- Pesquisadora ITAL
  - GEPC (2007-atual)

Cronograma

- O processo de Produção de Bioetanol
- FEV – Unicamp
- FEV – CTC
- PPMMO de Fermentação
- Ultrapassar os Limites

Cronograma

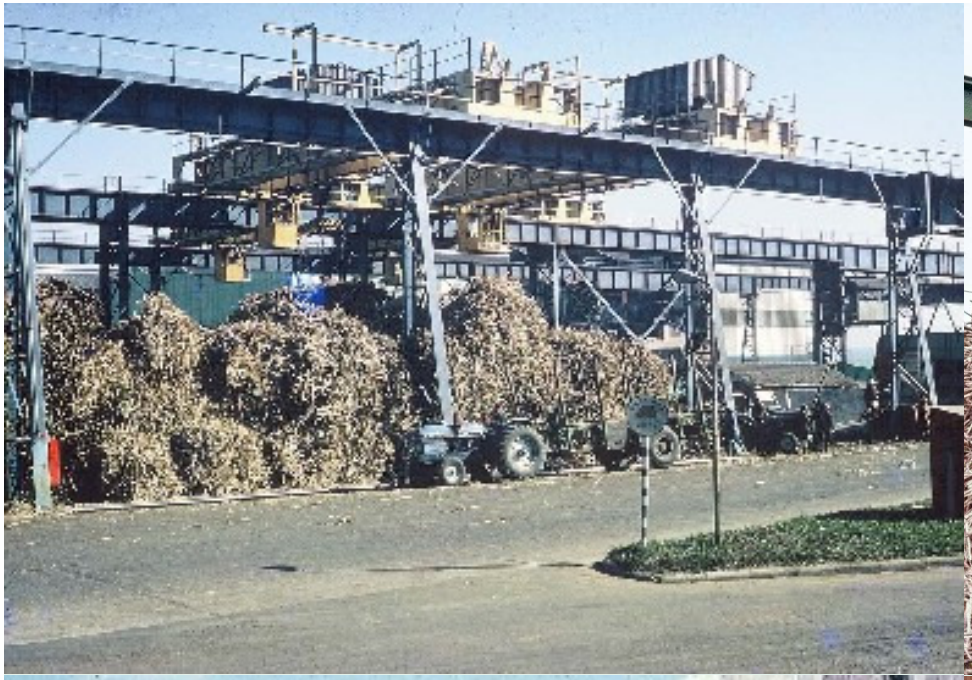
- **O processo de Produção de Bioetanol**
- FEV – Unicamp
- FEV – CTC
- PPMMO de Fermentação
- Ultrapassar os Limites

Processos de Produção de Bioetanol

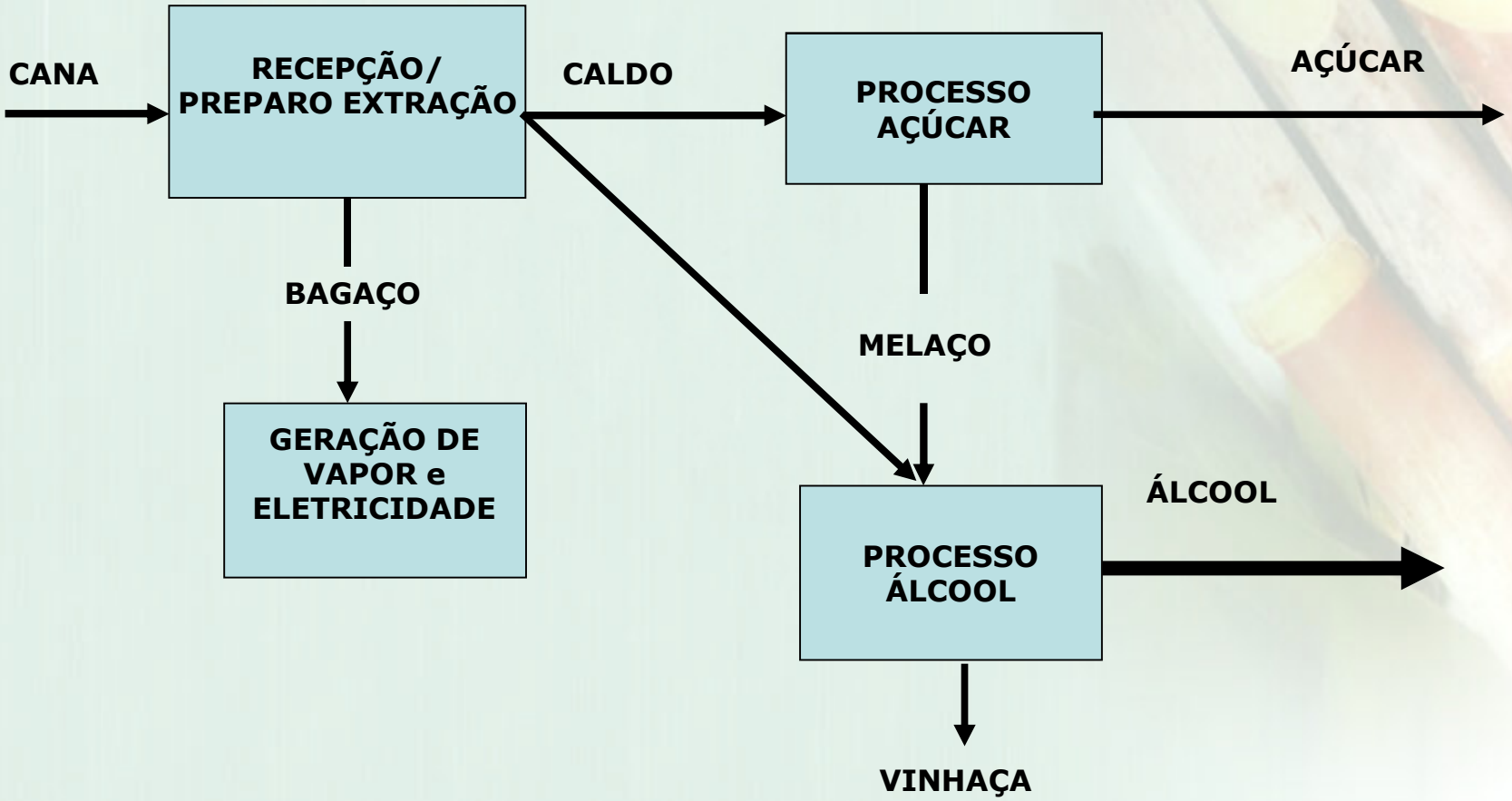
A Cana-de-açúcar


Colheita manual de cana crua

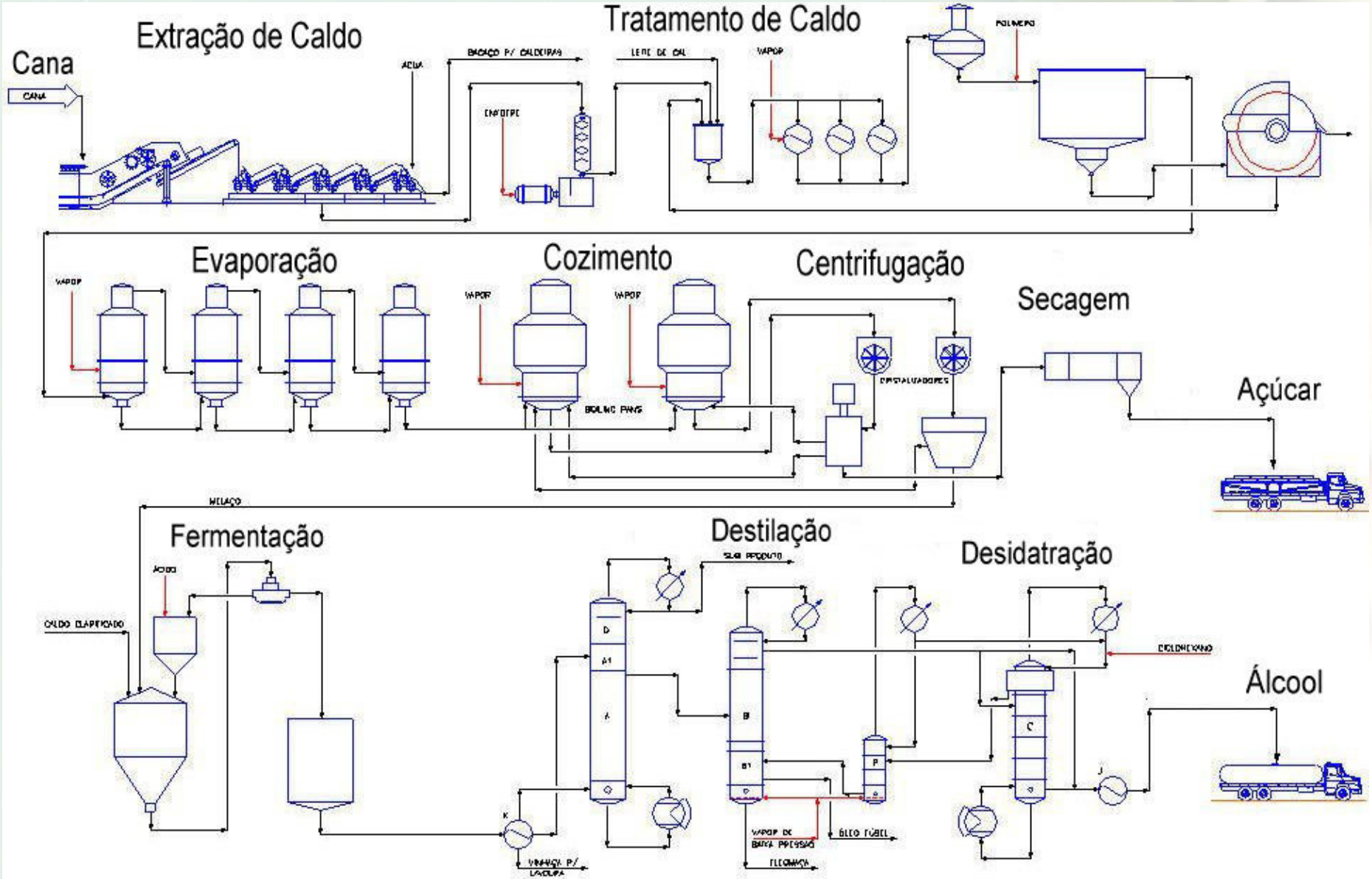

Corte mecanizado de cana crua



O Processo – Açúcar e Álcool



O Processo – Açúcar e Álcool



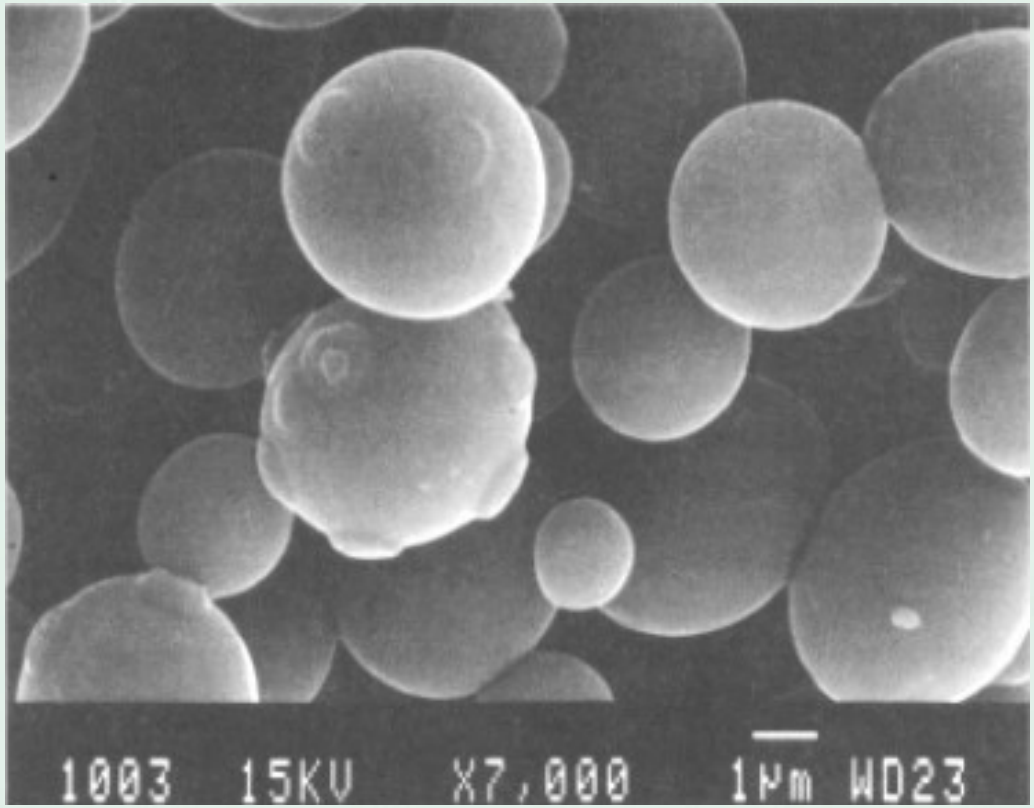

SEGURANÇA
CHUVEIRO DE
EMERGÊNCIA
E LAVA OLHOS
FERMENTO
TRATADO
7 12 2006

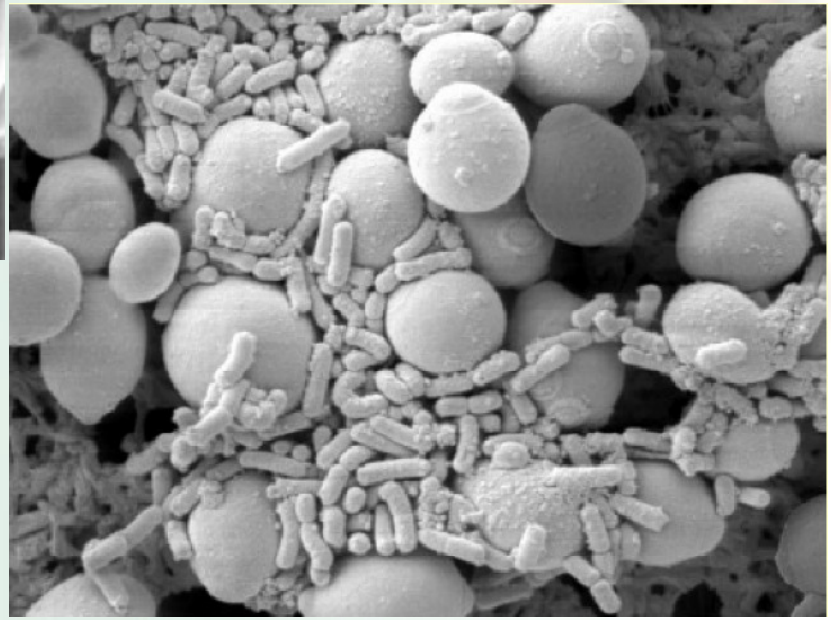

TQ-MD8
TQ-MD7


7 12 2006


7 12 2006

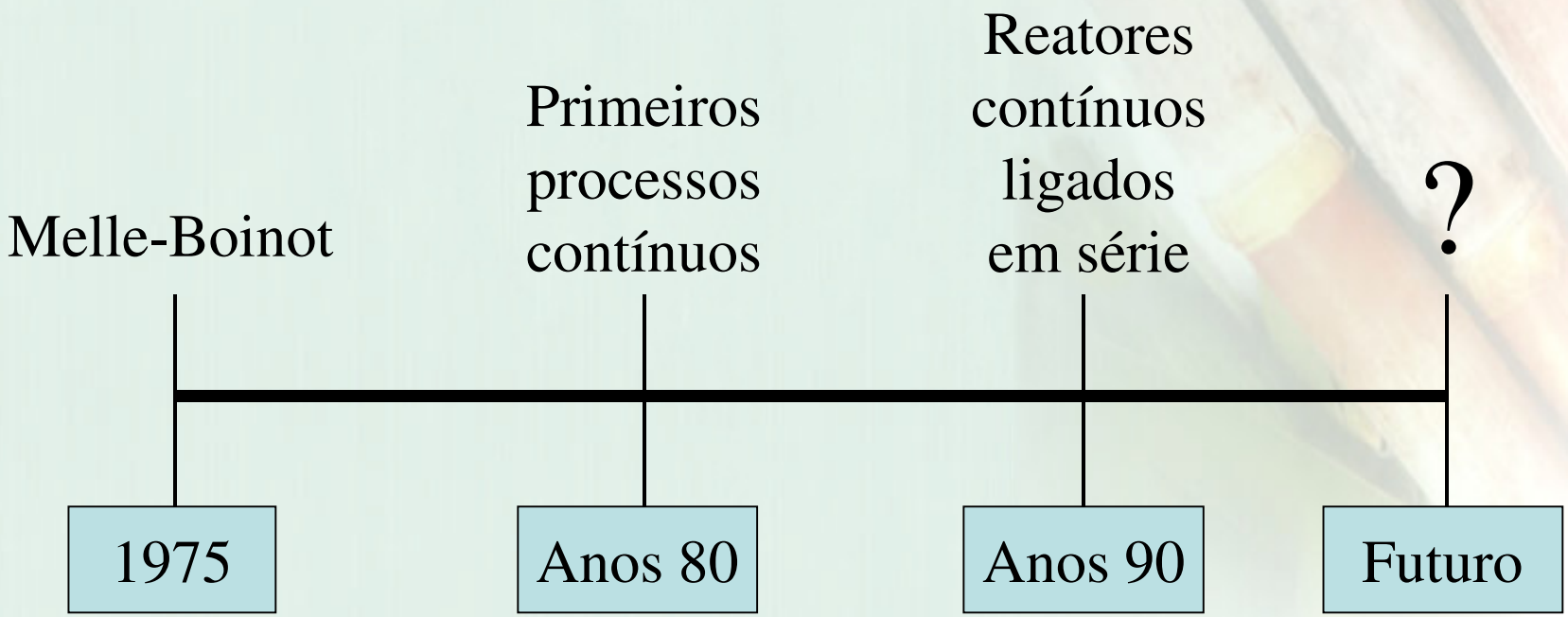
A Levedura





Linha do Tempo

- A evolução do processo fermentativo brasileiro



Cronograma

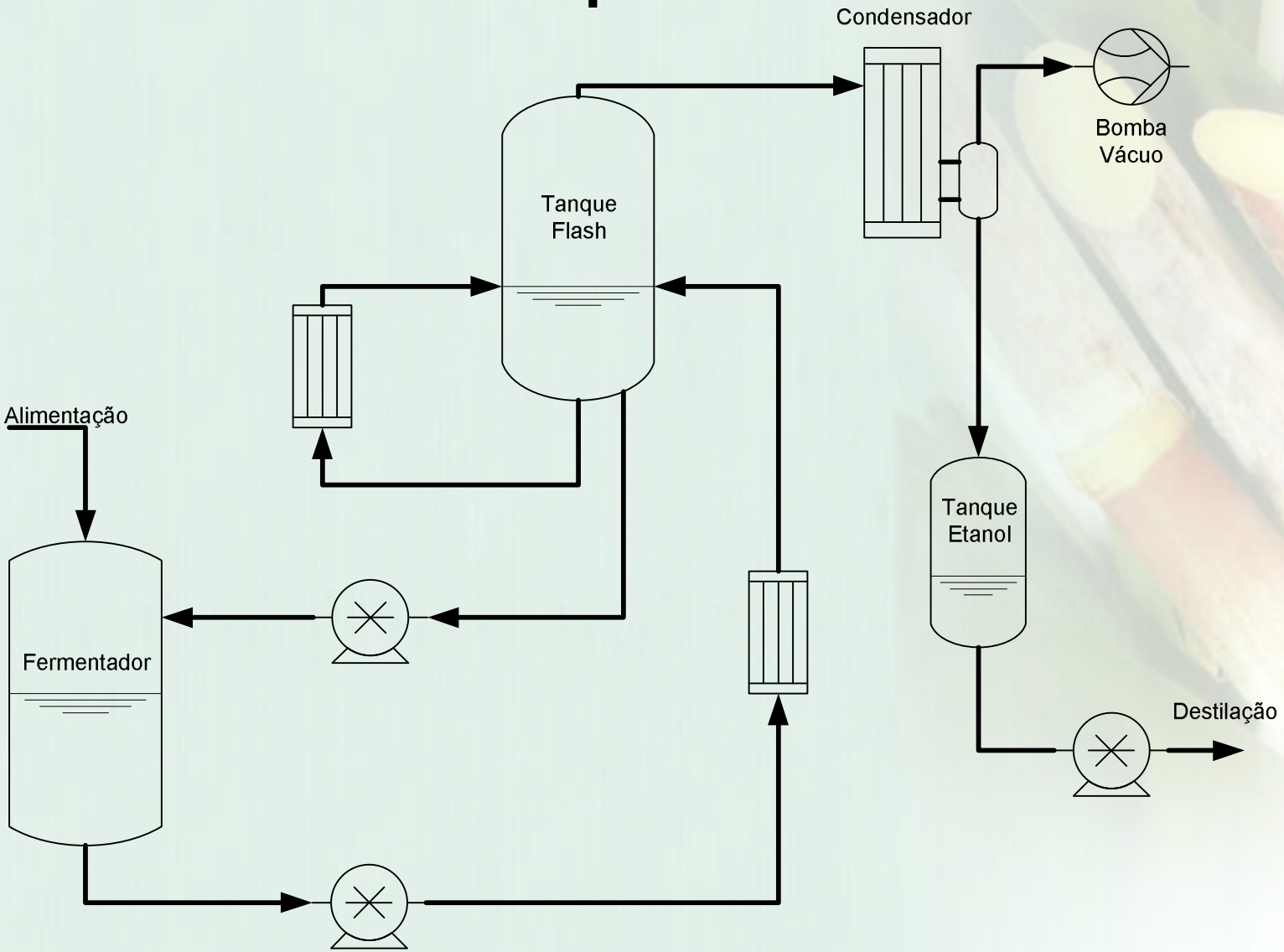
- O processo de Produção de Bioetanol
- **FEV – Unicamp**
- FEV – CTC
- PPMMO de Fermentação
- Ultrapassar os Limites

FEV (Fermentação Extrativa a Vácuo) – Unicamp

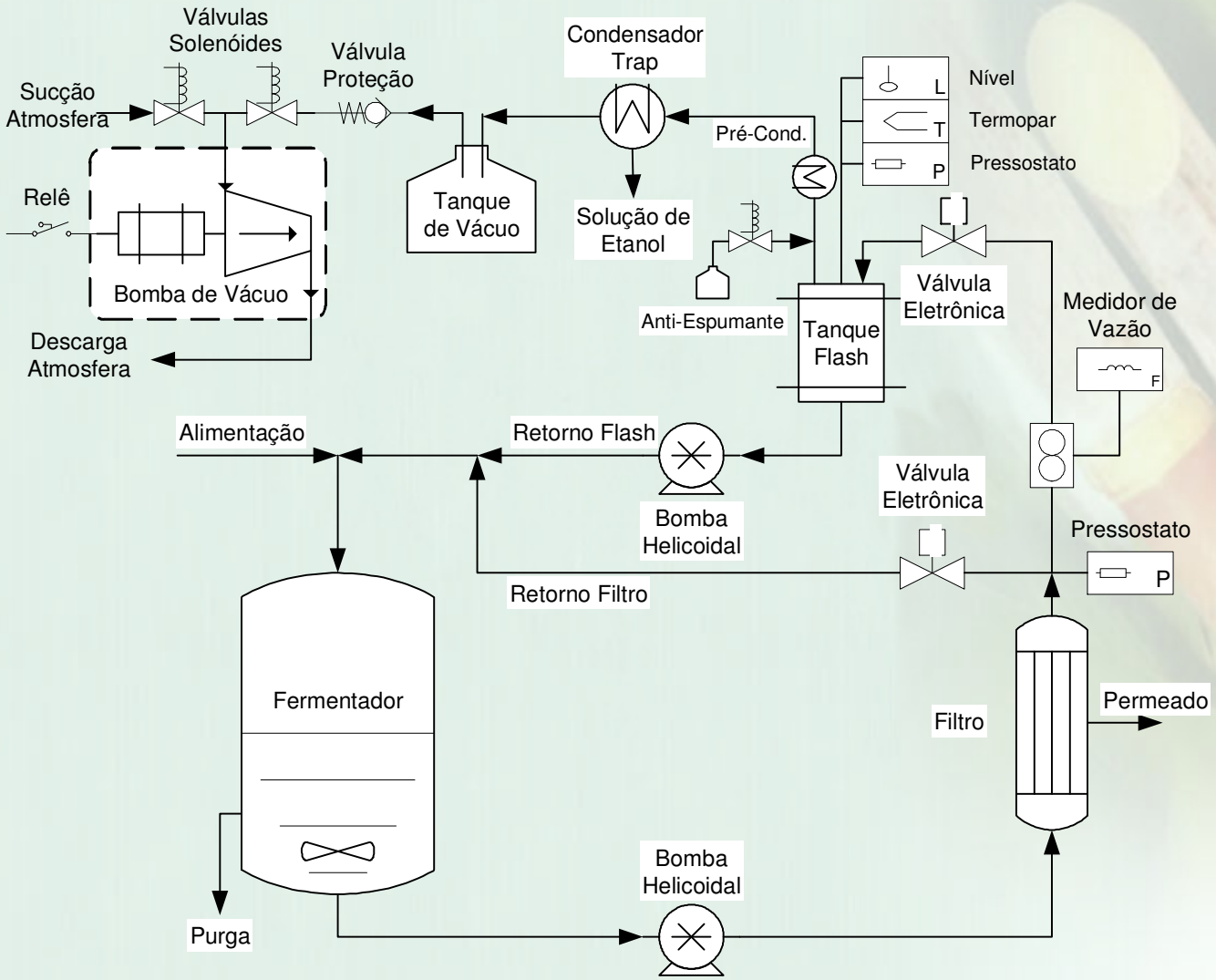
O Processo FEV

- No Processo Extrativo a Vácuo:
  - O etanol é retirado ao mesmo tempo em que é produzido;
  - Sua concentração permanece em níveis baixos no fermentador;
  - Elimina-se grande parte da inibição causada por altas concentrações de etanol;
  - A levedura é mais produtiva, pois fica livre desta inibição.

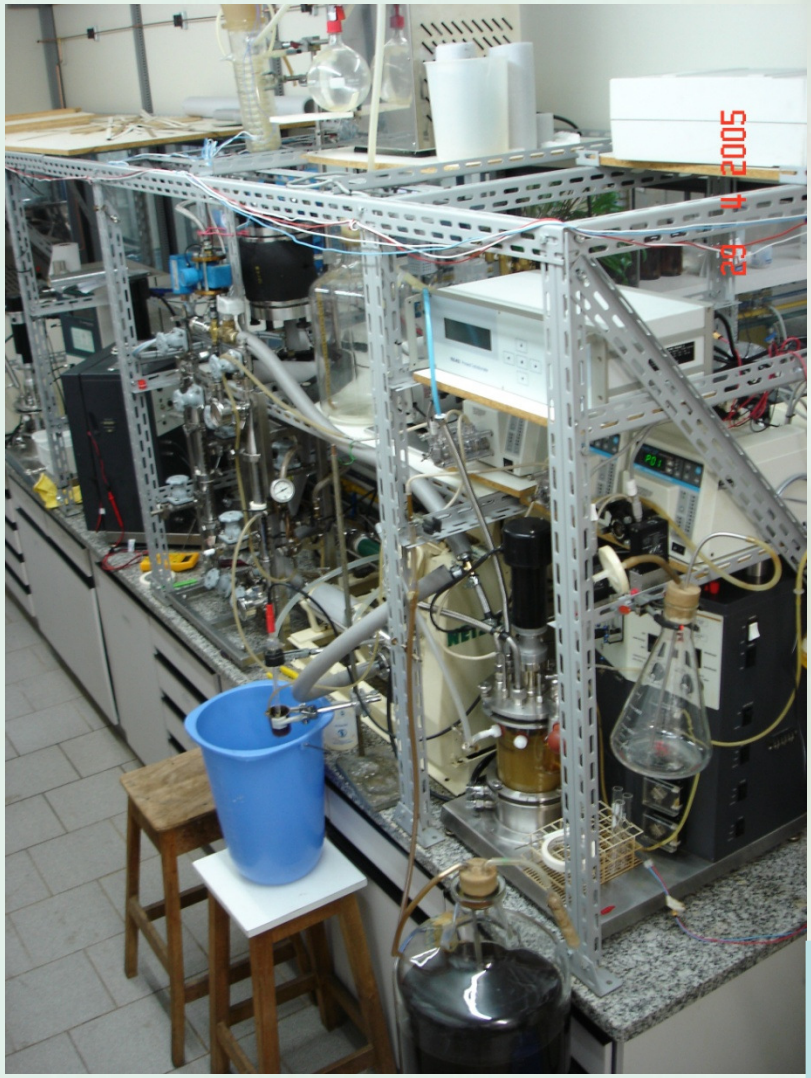
Esquema


Condensador
Bomba
Vácuo
Tanque
Flash
Alimentação
Tanque
Etanol
Fermentador
Destilação

Protótipo desenvolvido



Protótipo desenvolvido



Equipamentos

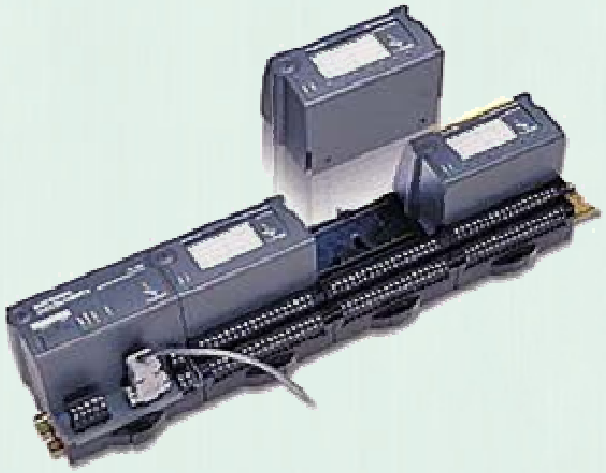
- Fermentador;
- Sistema de Filtração;
- Tanque Flash;
- Bomba Helicoidal;
- Bomba peristáltica;
- Sistema de vácuo;
- Sistema de condensação.

Instrumentos

- Transmissor de Pressão;
- Termopar;
- Medidor de Nível;
- Medidor de Vazão Magnético;
- Medidor de Vazão de CO_2;
- Turbidímetro;
- Válvulas Solenóides;
- Válvulas com Atuador Eletrônico;
- Controlador Programável de Velocidade;
- Sistema de Proteção de Parada de Energia.

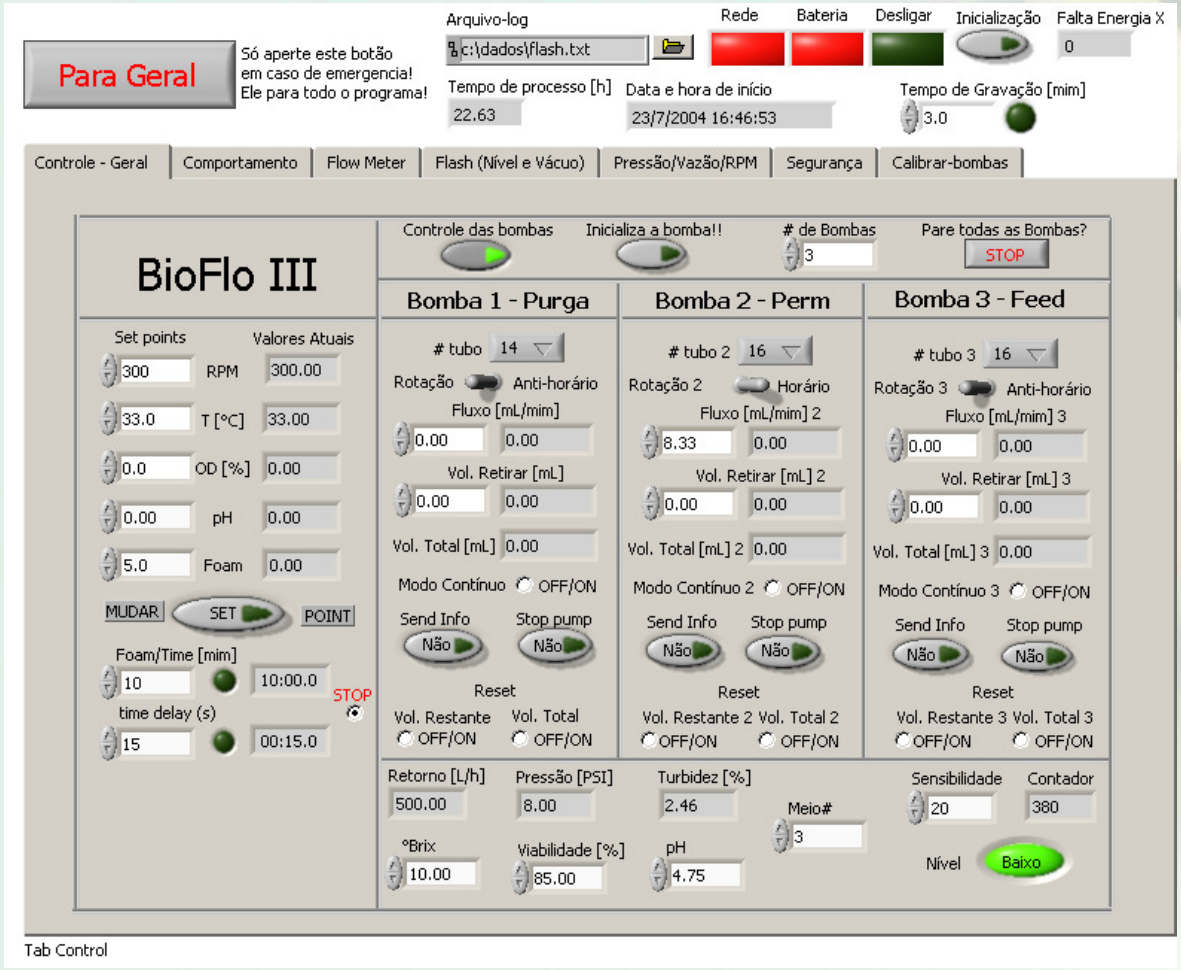
Hardware & Software

- FieldPoint & ENET

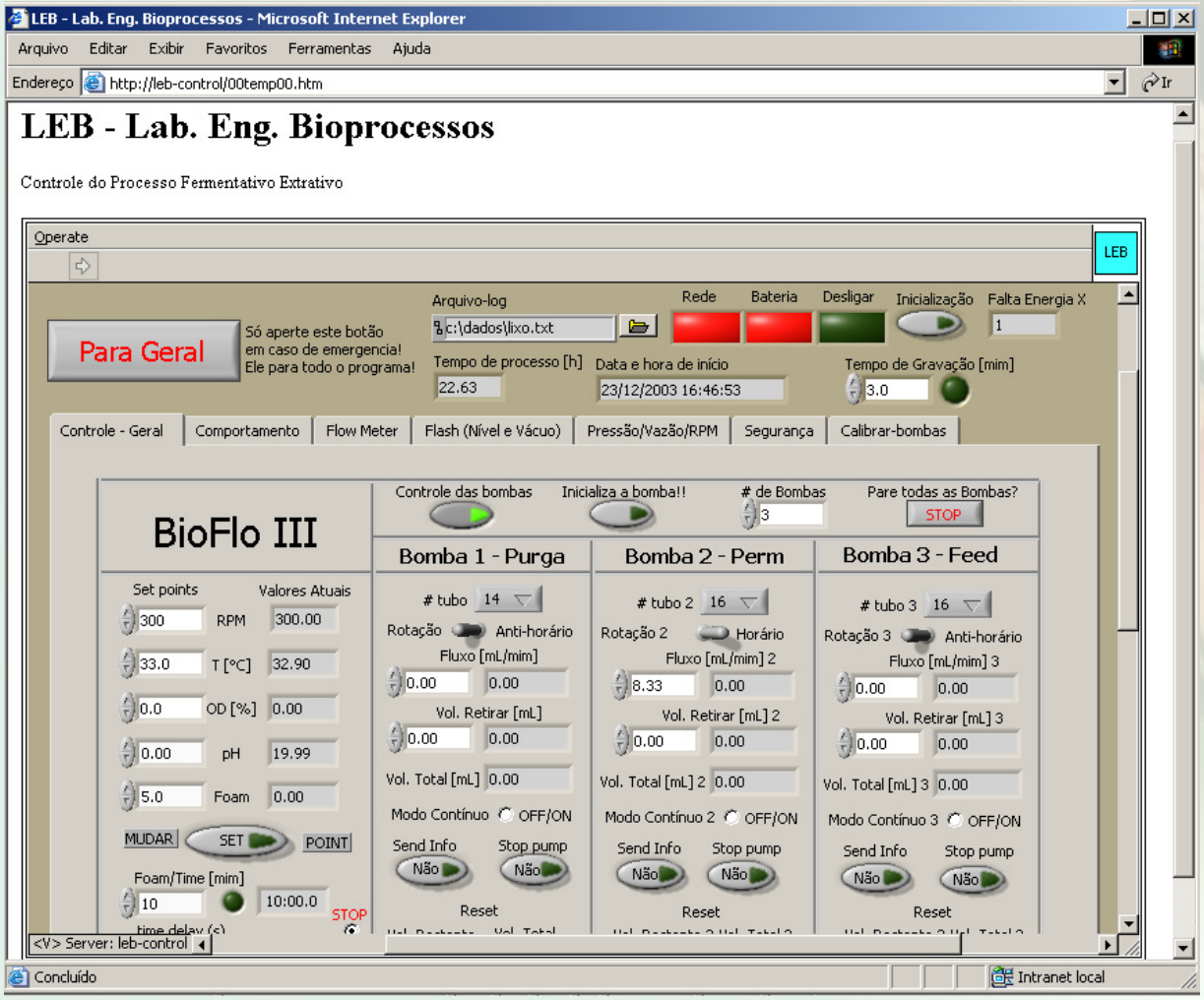


- LabVIEW 6.1

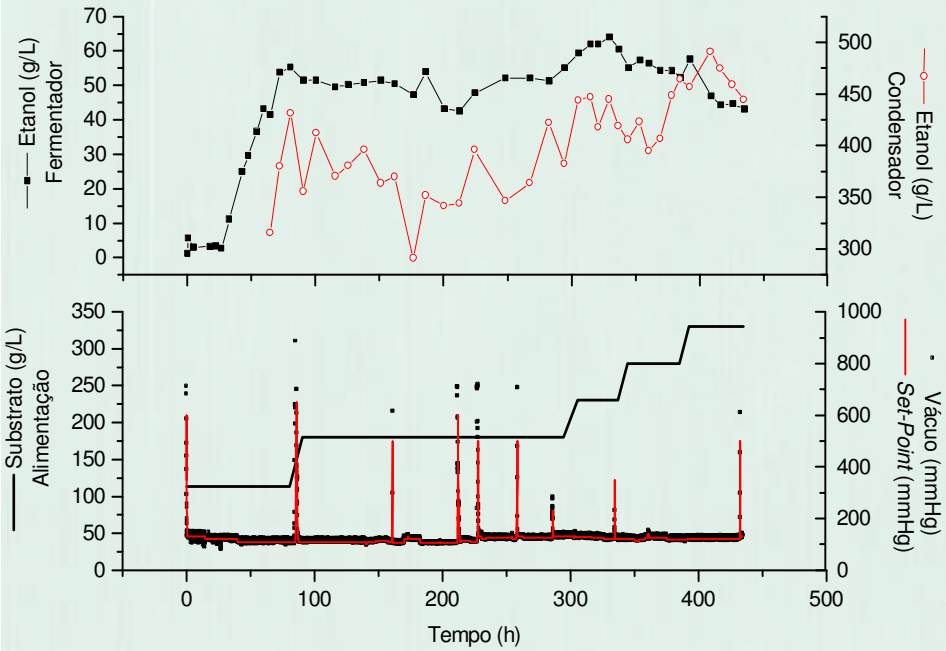
IHM

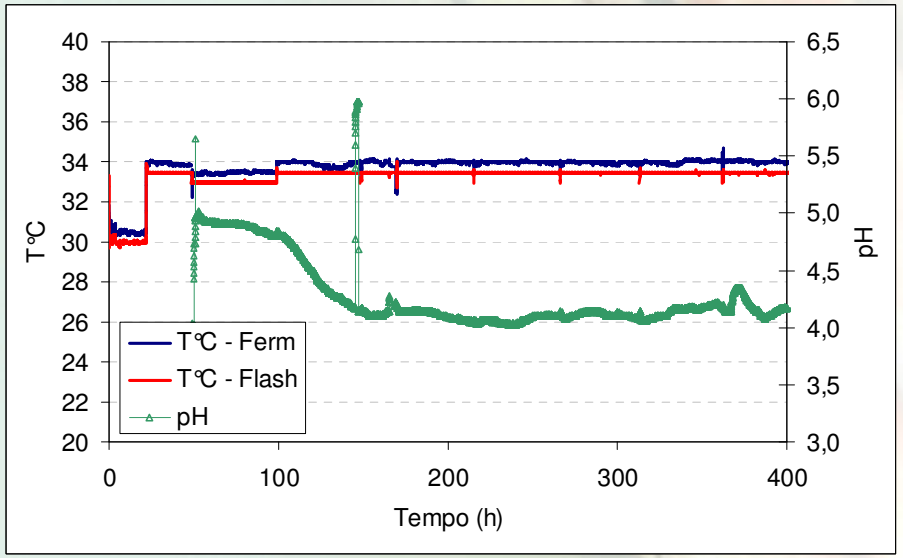

Para Geral
Só aperte este botão em caso de emergencia! Ele para todo o programa!
Arquivo-log
c:\dados\flash.txt
Rede
Bateria
Desligar
Inicialização
Falta Energia X
0
Tempo de processo [h]
22.63
Data e hora de início
23/7/2004 16:46:53
Tempo de Gravação [mim]
3.0
Controle - Geral
Comportamento
Flow Meter
Flash (Nível e Vácuo)
Pressão/Vazão/RPM
Segurança
Calibrar-bombas
BioFlo III
Set points
Valores Atuais
300
RPM
300.00
33.0
T [°C]
33.00
0.0
OD [%]
0.00
0.00
pH
0.00
5.0
Foam
0.00
MUDAR
SET
POINT
Foam/Time [mim]
10
10:00.0
STOP
time delay (s)
15
00:15.0
Controle das bombas
Inicializa a bomba!!
de Bombas
3
Pare todas as Bombas?
STOP
Bomba 1 - Purga
tubo
14
Rotação
Anti-horário
Fluxo [mL/mim]
0.00
0.00
Vol. Retirar [mL]
0.00
0.00
Vol. Total [mL]
0.00
Modo Contínuo
OFF/ON
Send Info
Não
Stop pump
Não
Reset
Vol. Restante
OFF/ON
Vol. Total
OFF/ON
Bomba 2 - Perm
tubo 2
16
Rotação 2
Horário
Fluxo [mL/mim] 2
8.33
0.00
Vol. Retirar [mL] 2
0.00
0.00
Vol. Total [mL] 2
0.00
Modo Contínuo 2
OFF/ON
Send Info
Não
Stop pump
Não
Reset
Vol. Restante 2
OFF/ON
Vol. Total 2
OFF/ON
Bomba 3 - Feed
tubo 3
16
Rotação 3
Anti-horário
Fluxo [mL/mim] 3
0.00
0.00
Vol. Retirar [mL] 3
0.00
0.00
Vol. Total [mL] 3
0.00
Modo Contínuo 3
OFF/ON
Send Info
Não
Stop pump
Não
Reset
Vol. Restante 3
OFF/ON
Vol. Total 3
OFF/ON
Retorno [L/h]
500.00
Pressão [PSI]
8.00
Turbidez [%]
2.46
Meio#
3
Sensibilidade
20
Contador
380
°Brix
10.00
Viabilidade [%]
85.00
pH
4.75
Nível
Baixo
Tab Control

IHM


LEB - Lab. Eng. Bioprocessos - Microsoft Internet Explorer
Arquivo Editar Exibir Favoritos Ferramentas Ajuda
Endereço http://leb-control/00temp00.htm
Ir
LEB - Lab. Eng. Bioprocessos
Controle do Processo Fermentativo Extrativo
Operate
LEB
Arquivo-log
c:\dados\lixo.txt
Rede
Bateria
Desligar
Inicialização
Falta Energia X
1
Para Geral
Só aperte este botão em caso de emergencia! Ele para todo o programa!
Tempo de processo [h]
22.63
Data e hora de início
23/12/2003 16:46:53
Tempo de Gravação [mim]
3.0
Controle - Geral
Comportamento
Flow Meter
Flash (Nível e Vácuo)
Pressão/Vazão/RPM
Segurança
Calibrar-bombas
BioFlo III
Controle das bombas
Inicializa a bomba!!
de Bombas
3
Pare todas as Bombas?
STOP
Bomba 1 - Purga
Bomba 2 - Perm
Bomba 3 - Feed
Set points
Valores Atuais
300
RPM
300.00
33.0
T [°C]
32.90
0.0
OD [%]
0.00
0.00
pH
19.99
5.0
Foam
0.00
MUDAR
SET
POINT
Foam/Time [mim]
10
10:00.0
STOP
tubo
14
Rotação
Anti-horário
Fluxo [mL/mim]
0.00
0.00
Vol. Retirar [mL]
0.00
0.00
Vol. Total [mL]
0.00
Modo Contínuo
OFF/ON
Send Info
Stop pump
Não
Não
Reset
tubo 2
16
Rotação 2
Horário
Fluxo [mL/mim] 2
8.33
0.00
Vol. Retirar [mL] 2
0.00
0.00
Vol. Total [mL] 2
0.00
Modo Contínuo 2
OFF/ON
Send Info
Stop pump
Não
Não
Reset
tubo 3
16
Rotação 3
Anti-horário
Fluxo [mL/mim] 3
0.00
0.00
Vol. Retirar [mL] 3
0.00
0.00
Vol. Total [mL] 3
0.00
Modo Contínuo 3
OFF/ON
Send Info
Stop pump
Não
Não
Reset
<V> Server: leb-control
Concluído
Intranet local

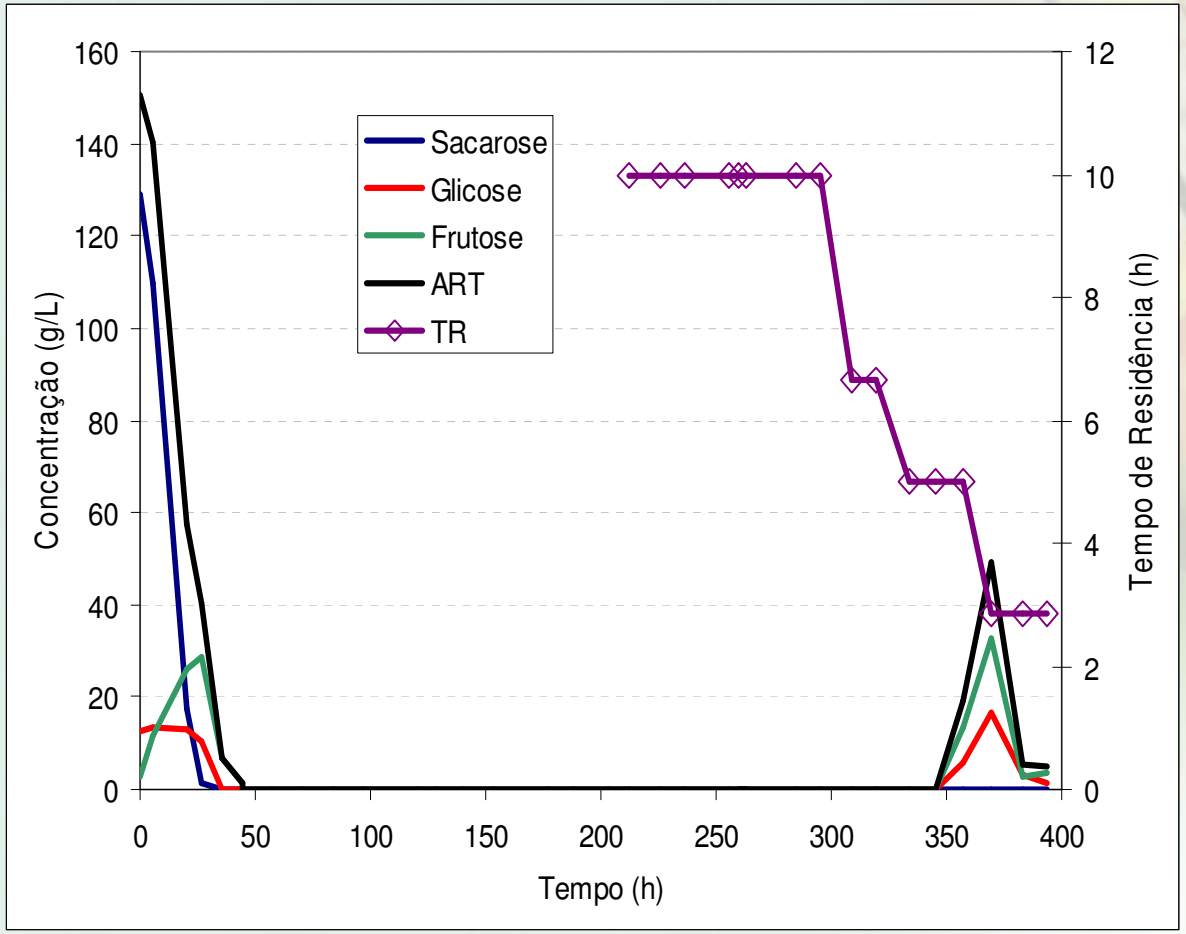
Resultados


Etanol (g/L)
Fermentador
Etanol (g/L)
Condensador
Substrato (g/L)
Alimentação
Vácuo (mmHg)
Set-Point (mmHg)
Tempo (h)


T°C
pH
T°C - Ferm
T°C - Flash
pH
Tempo (h)

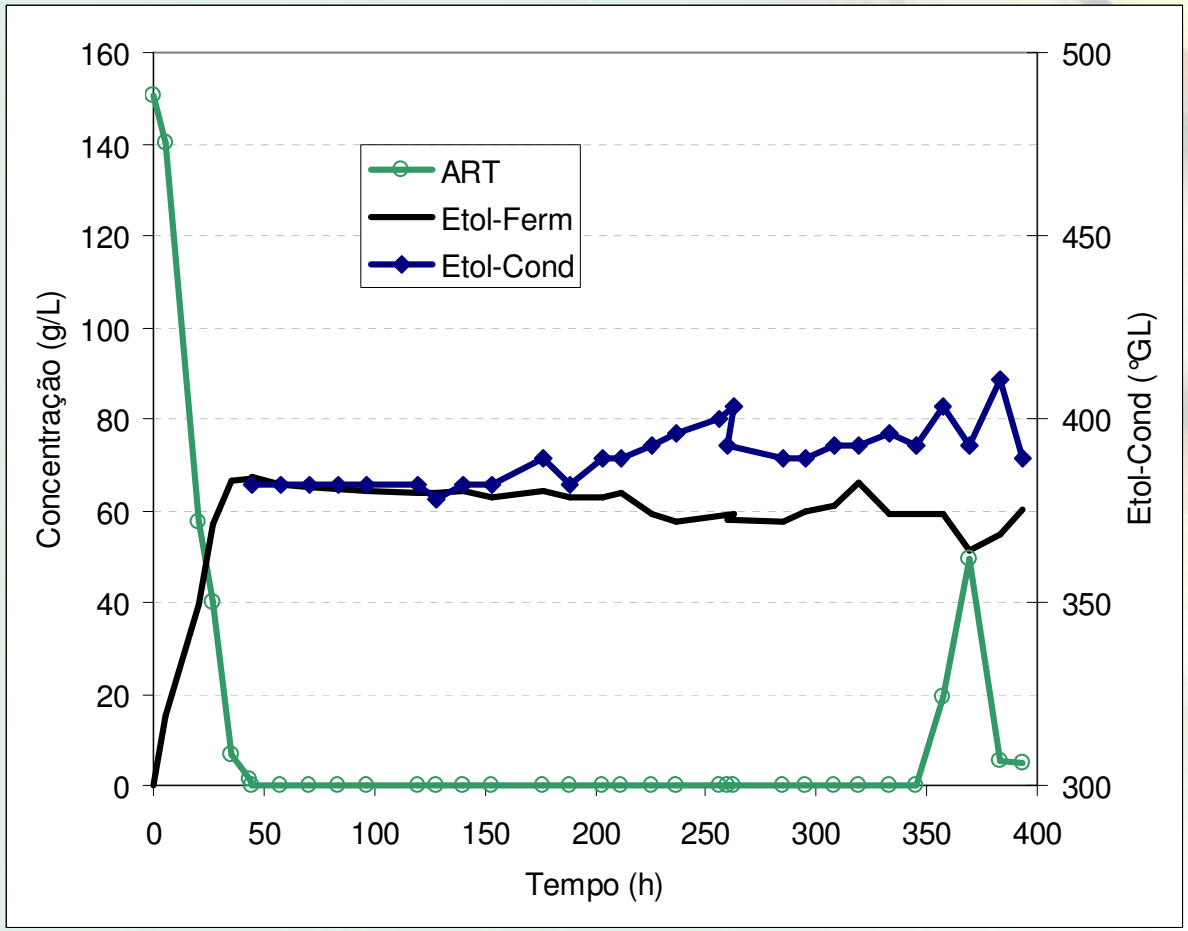
Resultados

- Sacarose, glicose, frutose, ART e TR



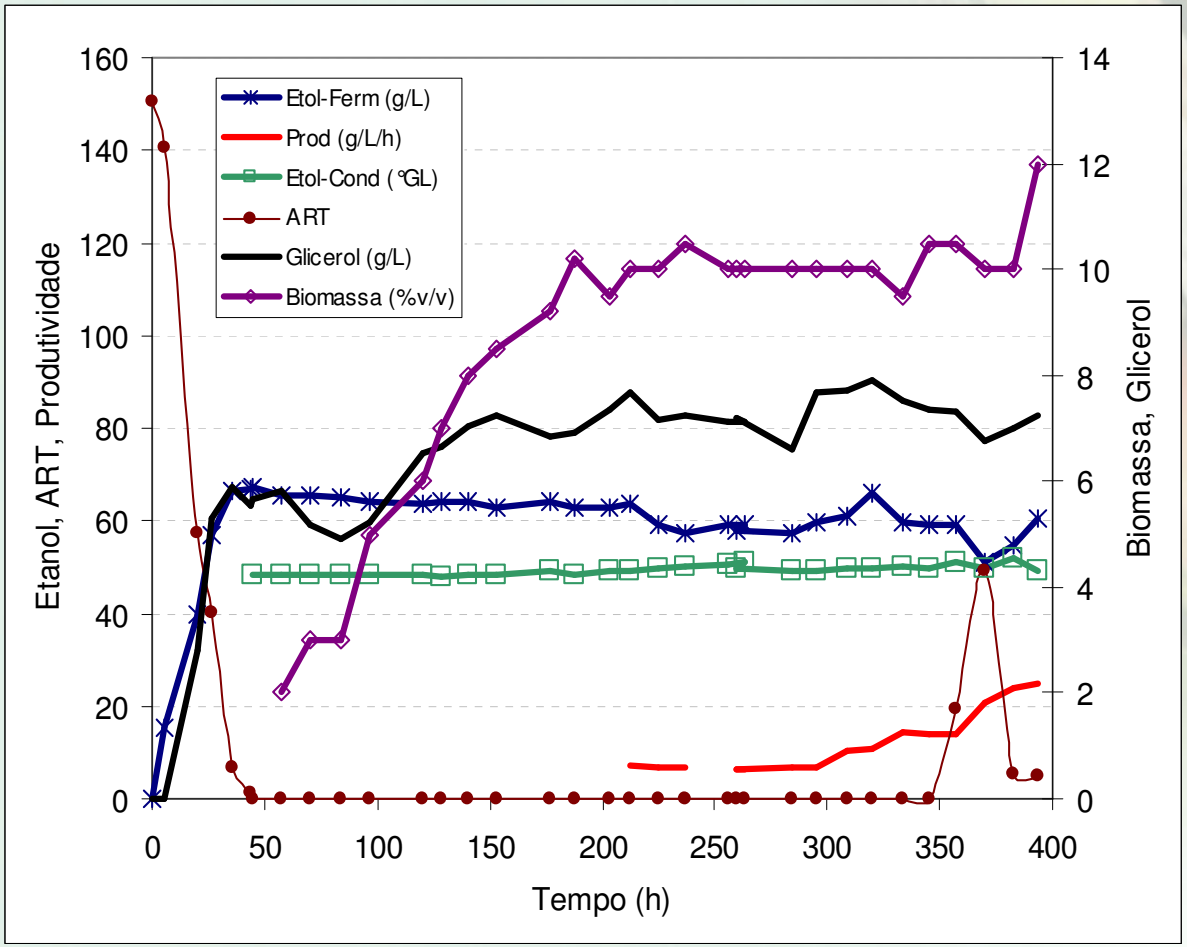
Resultados

- Etanol



Resultados

- Geral



Pontos Positivos

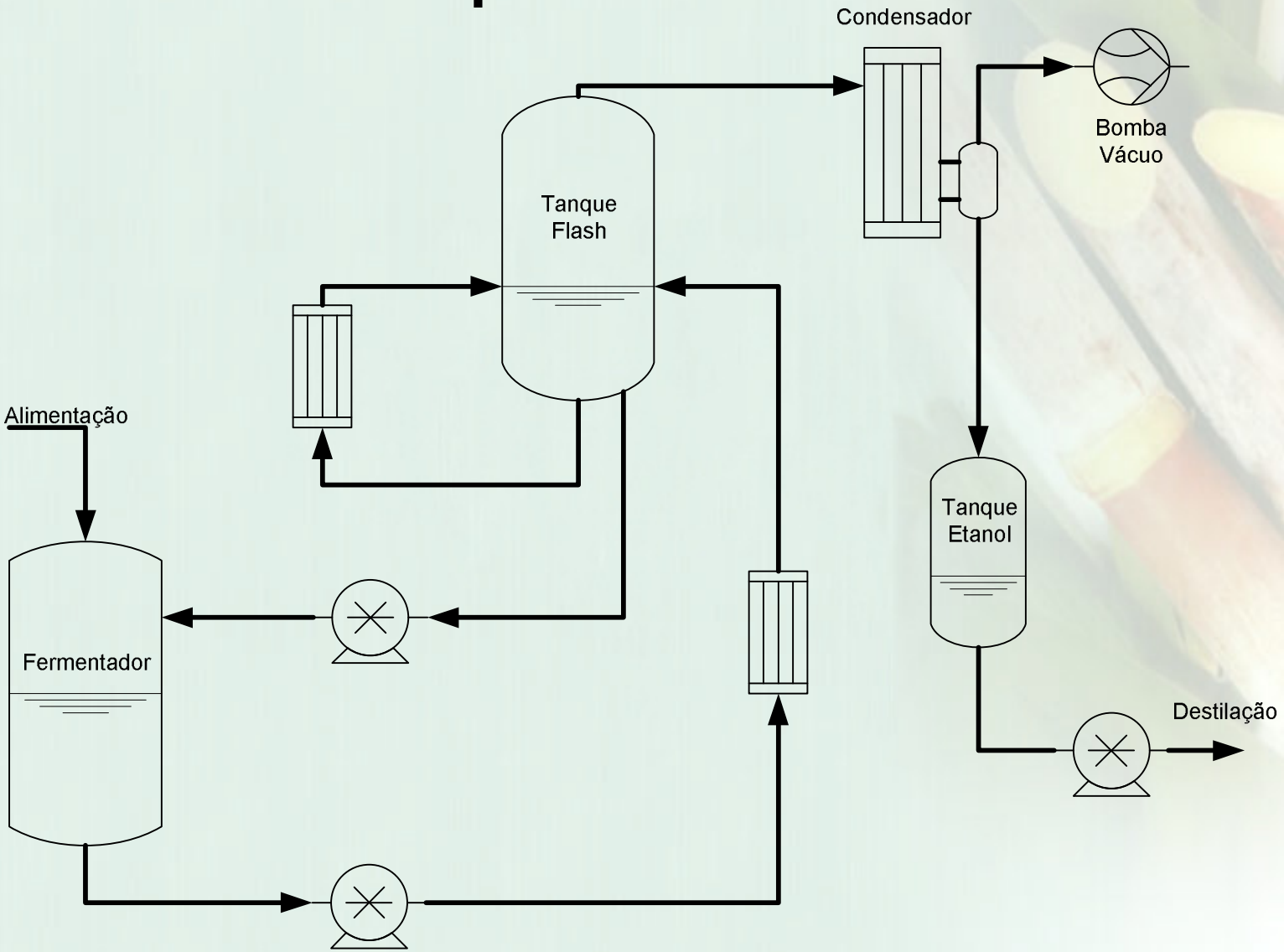
- O caldo a ser fermentado pode ser alimentado 3 vezes mais concentrado ou mais;
- Produção reduzida de vinhaça;
- Processo mais produtivo, cerca de 3 vezes maior;
- Plantas mais compactas e econômicas;
- Eliminação de trocadores de calor;
- O álcool evaporado sai com ~50°GL após condensação, o que elimina uma coluna de destilação.

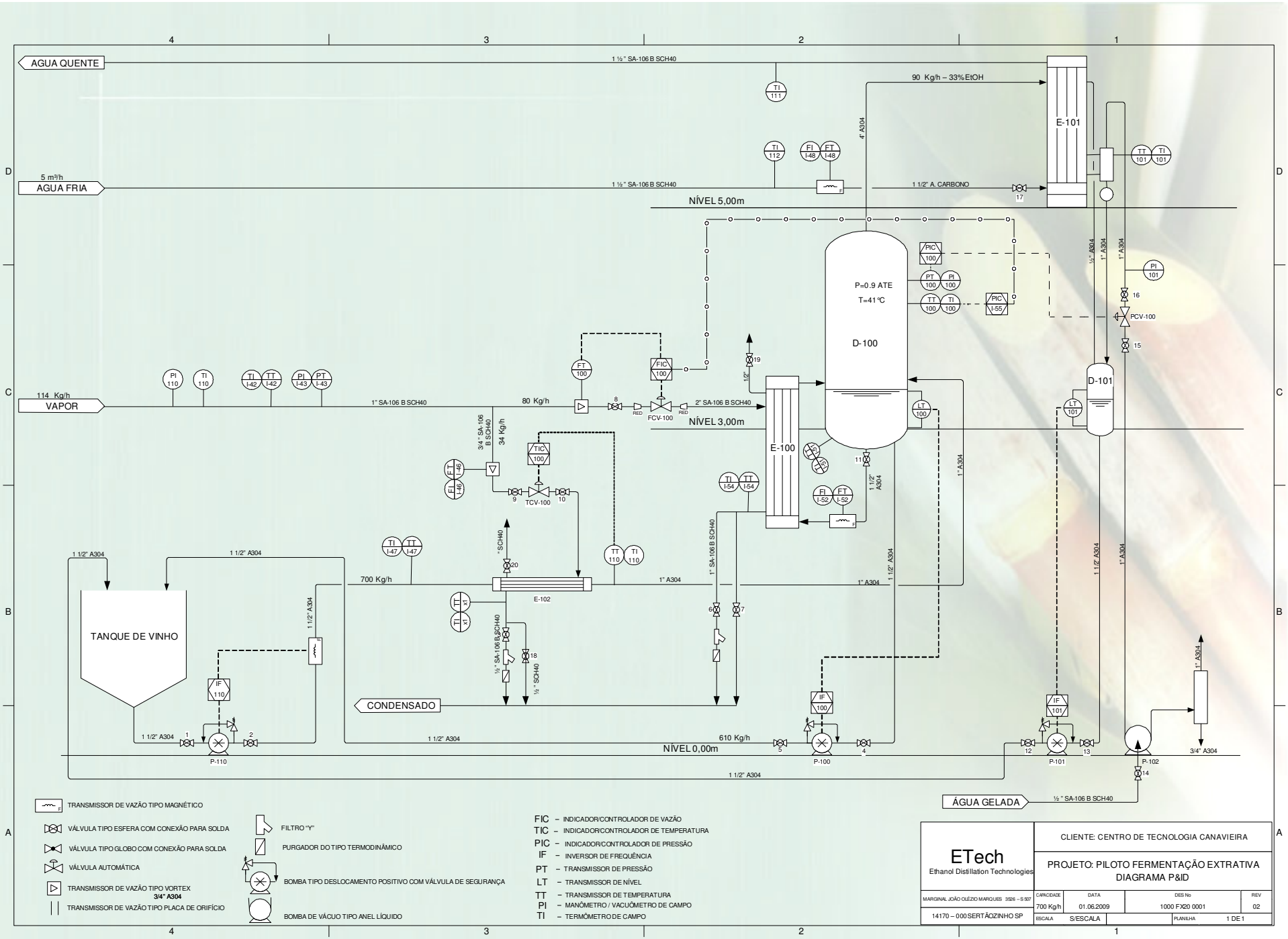
Cronograma

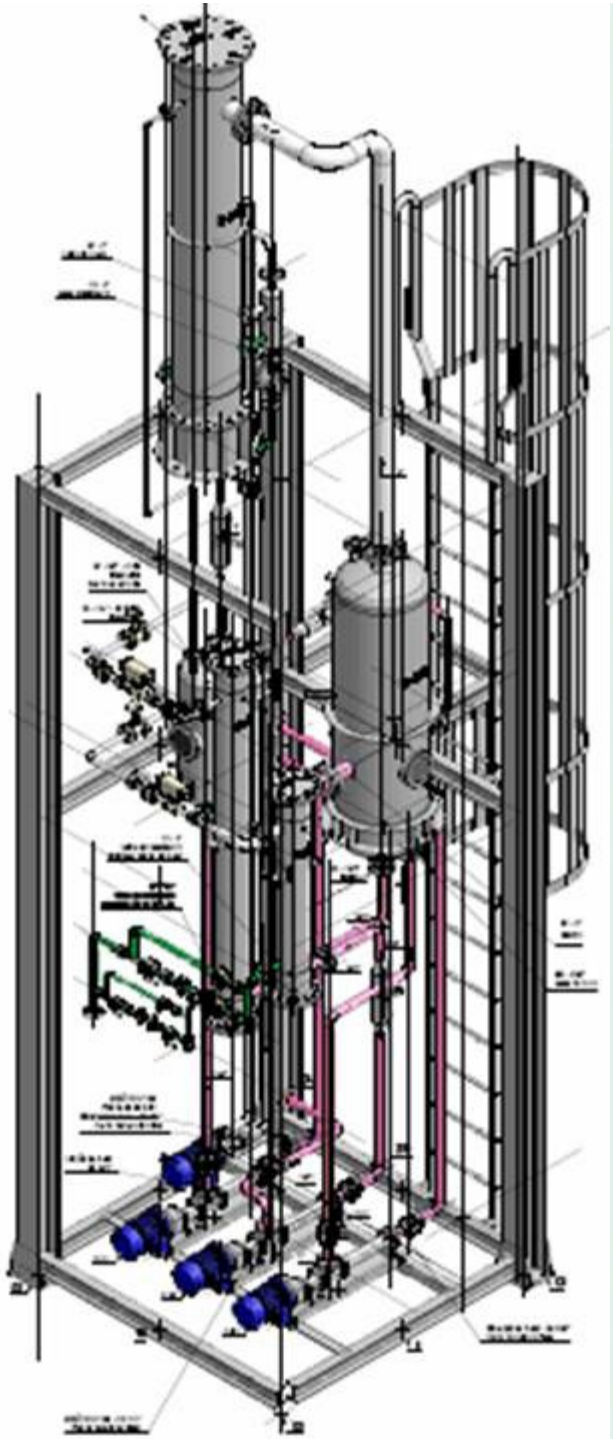
- O processo de Produção de Bioetanol
- FEV – Unicamp
- **FEV – CTC**
- PPMMO de Fermentação
- Ultrapassar os Limites

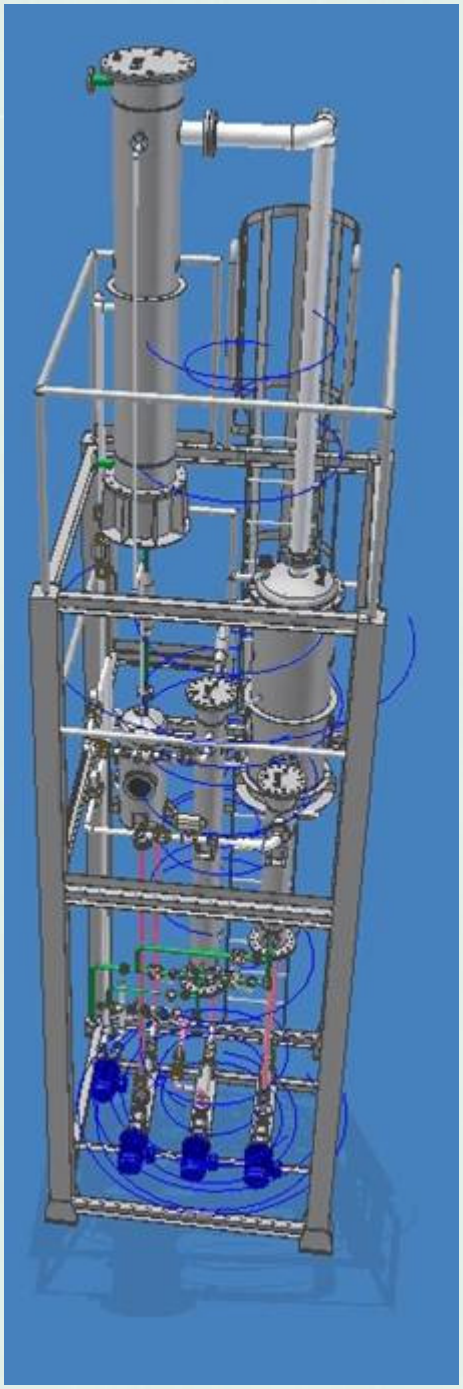
FEV (Fermentação Extrativa a Vácuo) – CTC

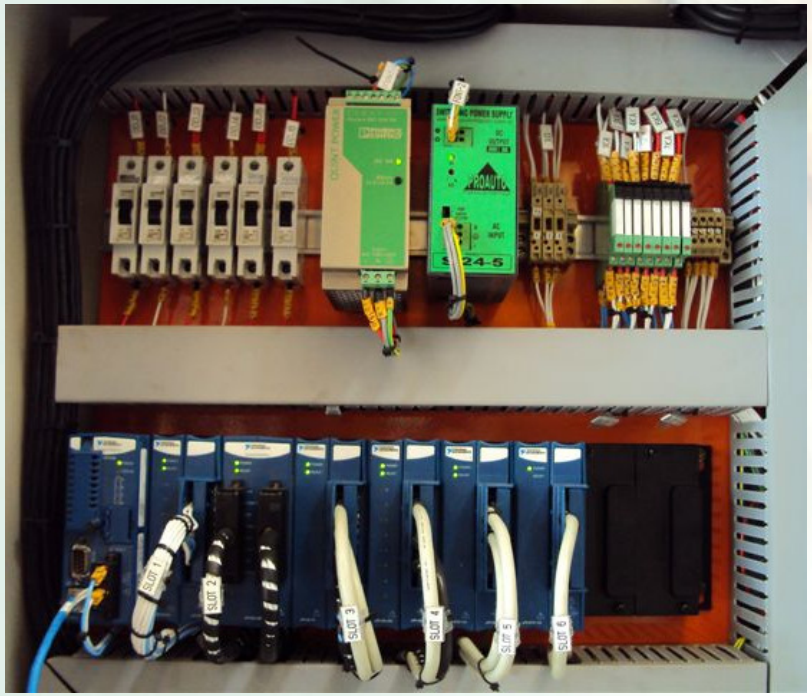
Esquema CTC


Condensador
Bomba
Vácuo
Tanque
Flash
Alimentação
Tanque
Etanol
Fermentador
Destilação


AGUA QUENTE
1 ½" SA-106 B SCH40
90 Kg/h – 33% EtOH
E-101
AGUA FRIA
5 m³/h
1 ½" SA-106 B SCH40
1 1/2" A. CARBONO
NÍVEL 5,00m
P=0.9 ATE
T=41°C
D-100
D-101
VAPOR
114 Kg/h
1" SA-106 B SCH40
80 Kg/h
2" SA-106 B SCH40
FCV-100
NÍVEL 3,00m
E-100
PCV-100
3/4" SA-106 B SCH40
34 Kg/h
TCV-100
700 Kg/h
E-102
TANQUE DE VINHO
CONDENSADO
610 Kg/h
NÍVEL 0,00m
P-110
P-100
P-101
P-102
ÁGUA GELADA
½ " SA-106 B SCH40
TRANSMISSOR DE VAZÃO TIPO MAGNÉTICO
VÁLVULA TIPO ESFERA COM CONEXÃO PARA SOLDA
VÁLVULA TIPO GLOBO COM CONEXÃO PARA SOLDA
VÁLVULA AUTOMÁTICA
TRANSMISSOR DE VAZÃO TIPO VORTEX
3/4" A304
TRANSMISSOR DE VAZÃO TIPO PLACA DE ORIFÍCIO
FILTRO "Y"
PURGADOR DO TIPO TERMODINÂMICO
BOMBA TIPO DESLOCAMENTO POSITIVO COM VÁLVULA DE SEGURANÇA
BOMBA DE VÁCUO TIPO ANEL LÍQUIDO
FIC – INDICADOR/CONTROLADOR DE VAZÃO
TIC – INDICADOR/CONTROLADOR DE TEMPERATURA
PIC – INDICADOR/CONTROLADOR DE PRESSÃO
IF – INVERSOR DE FREQUÊNCIA
PT – TRANSMISSOR DE PRESSÃO
LT – TRANSMISSOR DE NÍVEL
TT – TRANSMISSOR DE TEMPERATURA
PI – MANÔMETRO / VACUÔMETRO DE CAMPO
TI – TERMÔMETRO DE CAMPO
ETech
Ethanol Distillation Technologies
CLIENTE: CENTRO DE TECNOLOGIA CANAVIEIRA
PROJETO: PILOTO FERMENTAÇÃO EXTRATIVA
DIAGRAMA P&ID
MARGINAL JOÃO OLÉZIO MARQUES 3526 – S 507
14170 – 000 SERTÃOZINHO SP
CAPACIDADE 700 Kg/h
DATA 01.06.2009
DES No 1000 FX20 0001
REV 02
ESCALA S/ESCALA
PLANILHA 1 DE 1



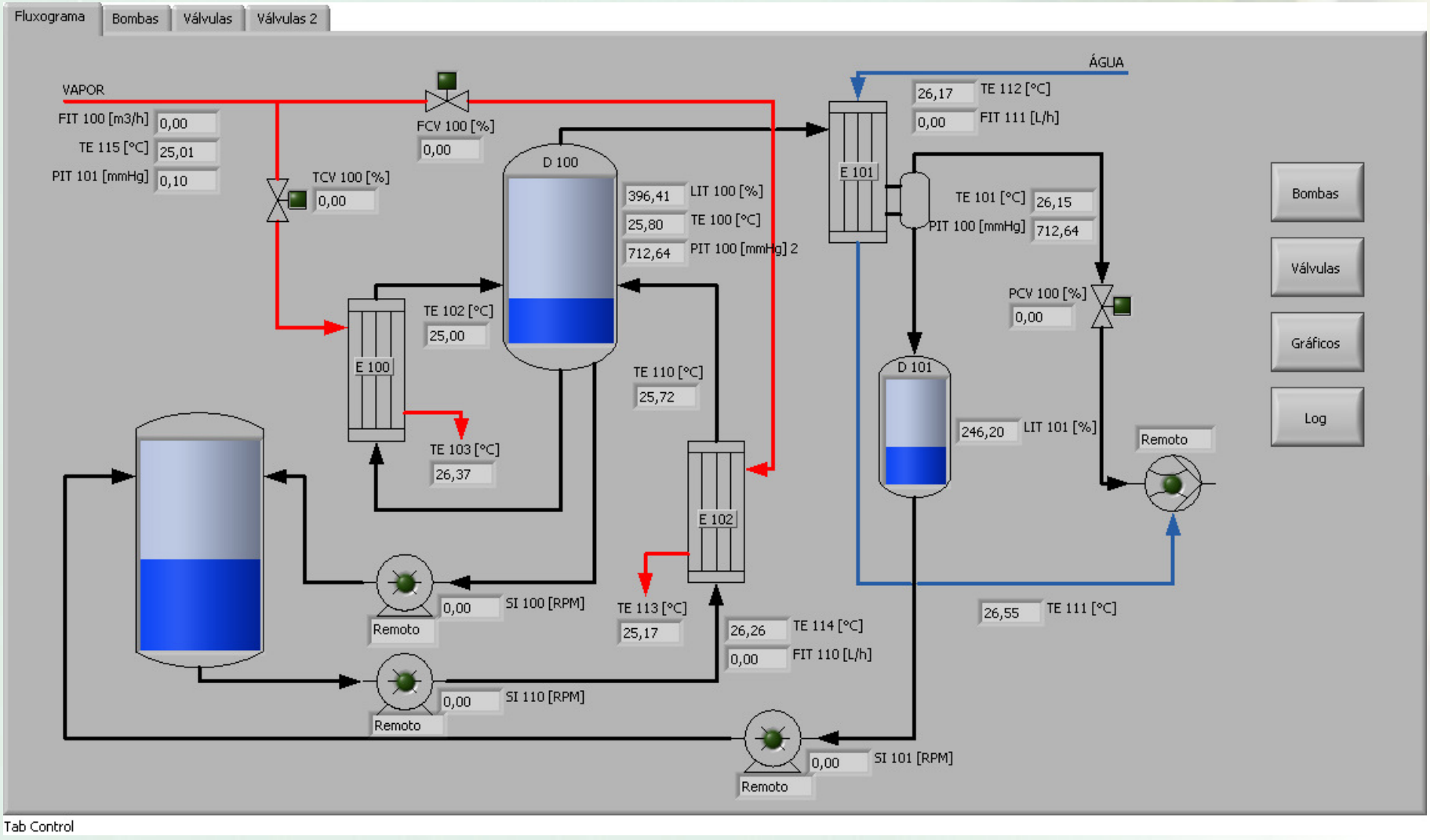




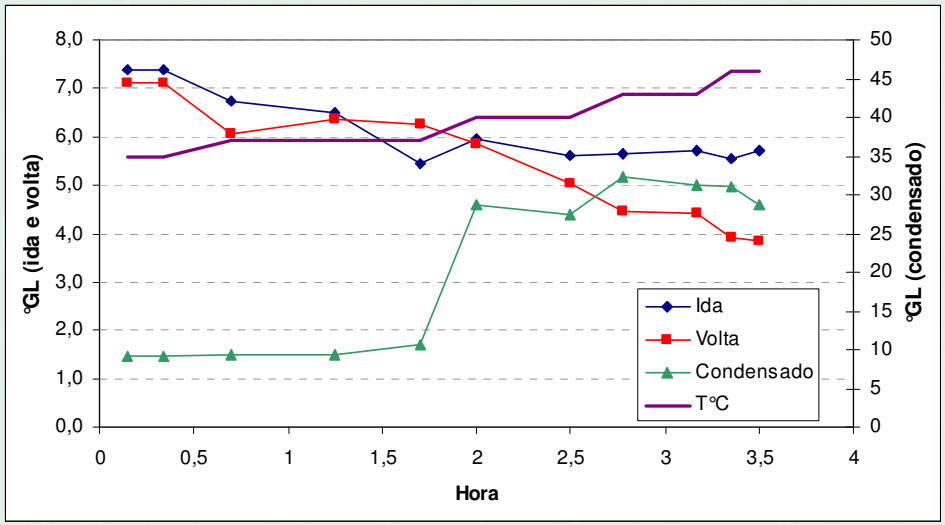
Hardware & Software

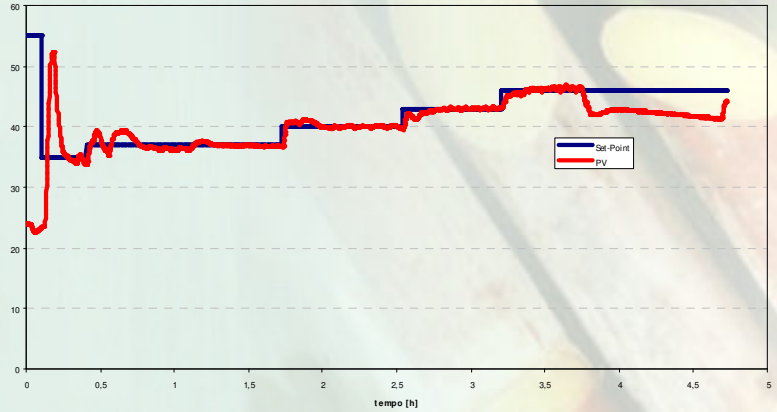
- Compact FieldPoint

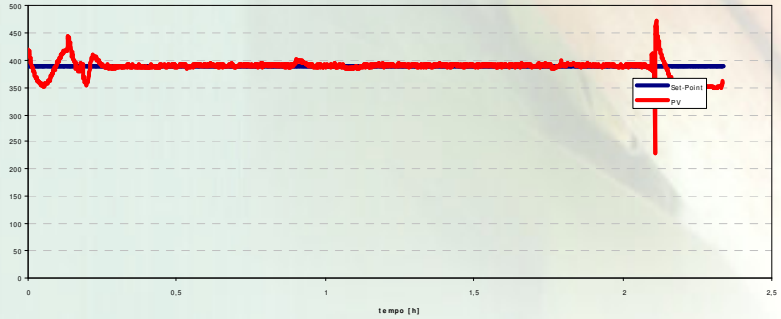
IHM


Fluxograma
Bombas
Válvulas
Válvulas 2
VAPOR
FIT 100 [m3/h] 0,00
TE 115 [°C] 25,01
PIT 101 [mmHg] 0,10
FCV 100 [%] 0,00
TCV 100 [%] 0,00
D 100
396,41 LIT 100 [%]
25,80 TE 100 [°C]
712,64 PIT 100 [mmHg] 2
E 100
TE 102 [°C] 25,00
TE 103 [°C] 26,37
TE 110 [°C] 25,72
E 101
ÁGUA
26,17 TE 112 [°C]
0,00 FIT 111 [L/h]
TE 101 [°C] 26,15
PIT 100 [mmHg] 712,64
PCV 100 [%] 0,00
D 101
246,20 LIT 101 [%]
Remoto
E 102
TE 113 [°C] 25,17
26,26 TE 114 [°C]
0,00 FIT 110 [L/h]
26,55 TE 111 [°C]
0,00 SI 100 [RPM]
Remoto
0,00 SI 110 [RPM]
Remoto
0,00 SI 101 [RPM]
Remoto
Bombas
Válvulas
Gráficos
Log
Tab Control

Resultados


8,0
7,0
6,0
5,0
4,0
3,0
2,0
1,0
0,0
°GL (ida e volta)
50
45
40
35
30
25
20
15
10
5
0
°GL (condensado)
0
0,5
1
1,5
2
2,5
3
3,5
4
Hora
Ida
Volta
Condensado
T°C


60
50
40
30
20
10
0
0
0,5
1
1,5
2
2,5
3
3,5
4
4,5
5
tempo [h]
Set-Point
PV


500
450
400
350
300
250
200
150
100
50
0
0
0,5
1
1,5
2
2,5
tempo [h]
Set-Point
PV

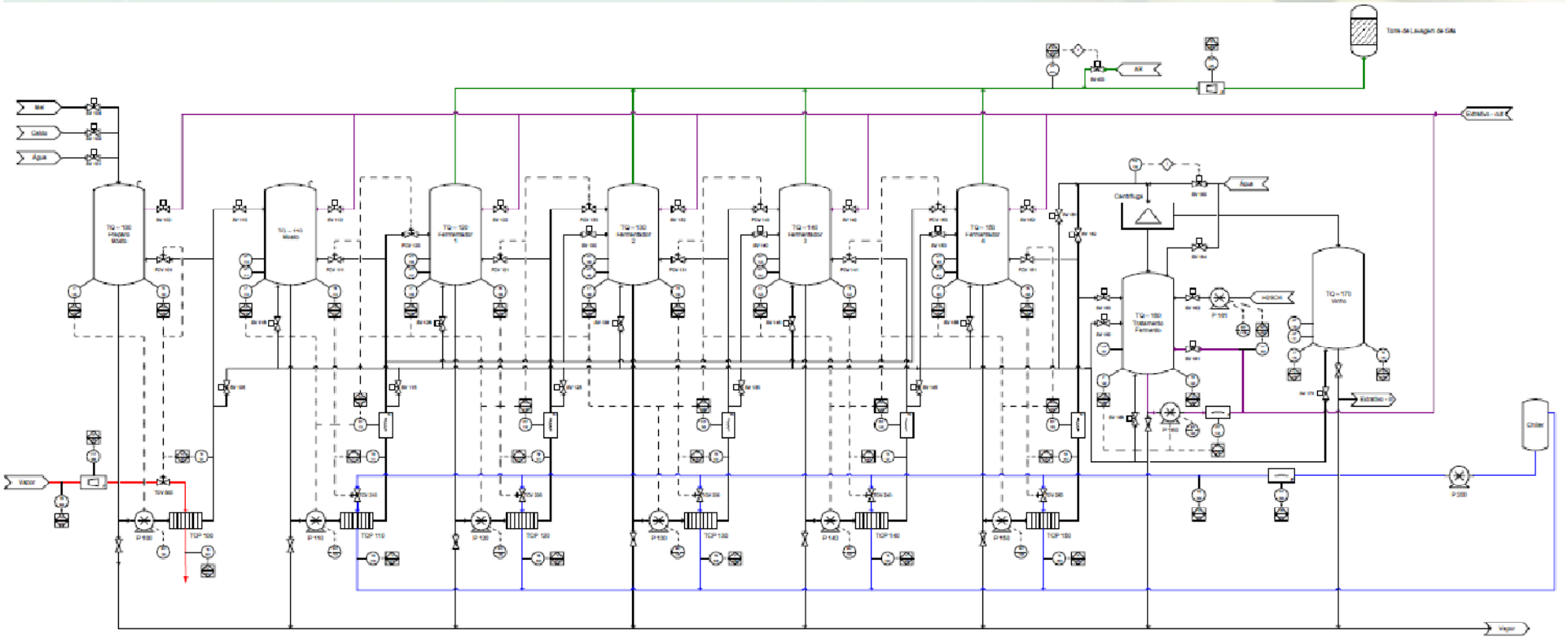
Cronograma

- O processo de Produção de Bioetanol
- FEV – Unicamp
- FEV – CTC
- **PPMMO de Fermentação**
- Ultrapassar os Limites

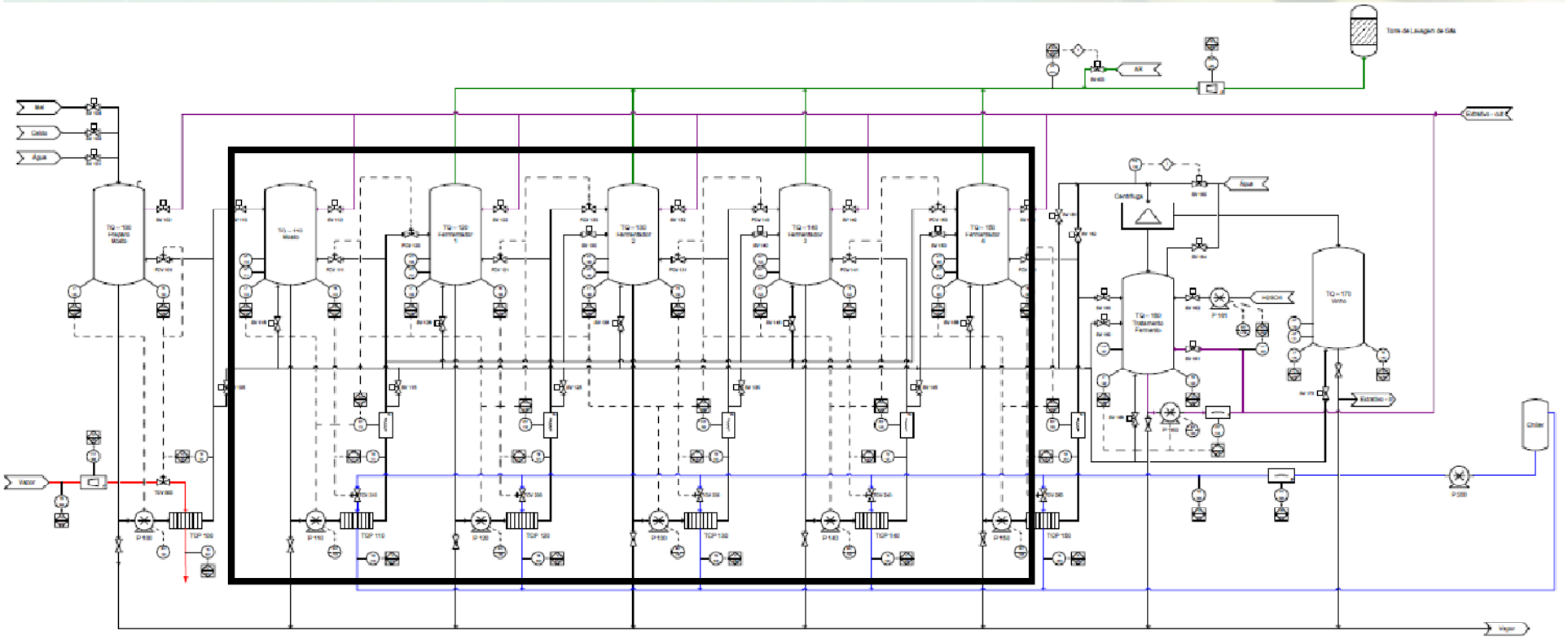
PPMMO (Planta Piloto Móvel Multifuncional Otimizada) de Fermentação

A Inspiração

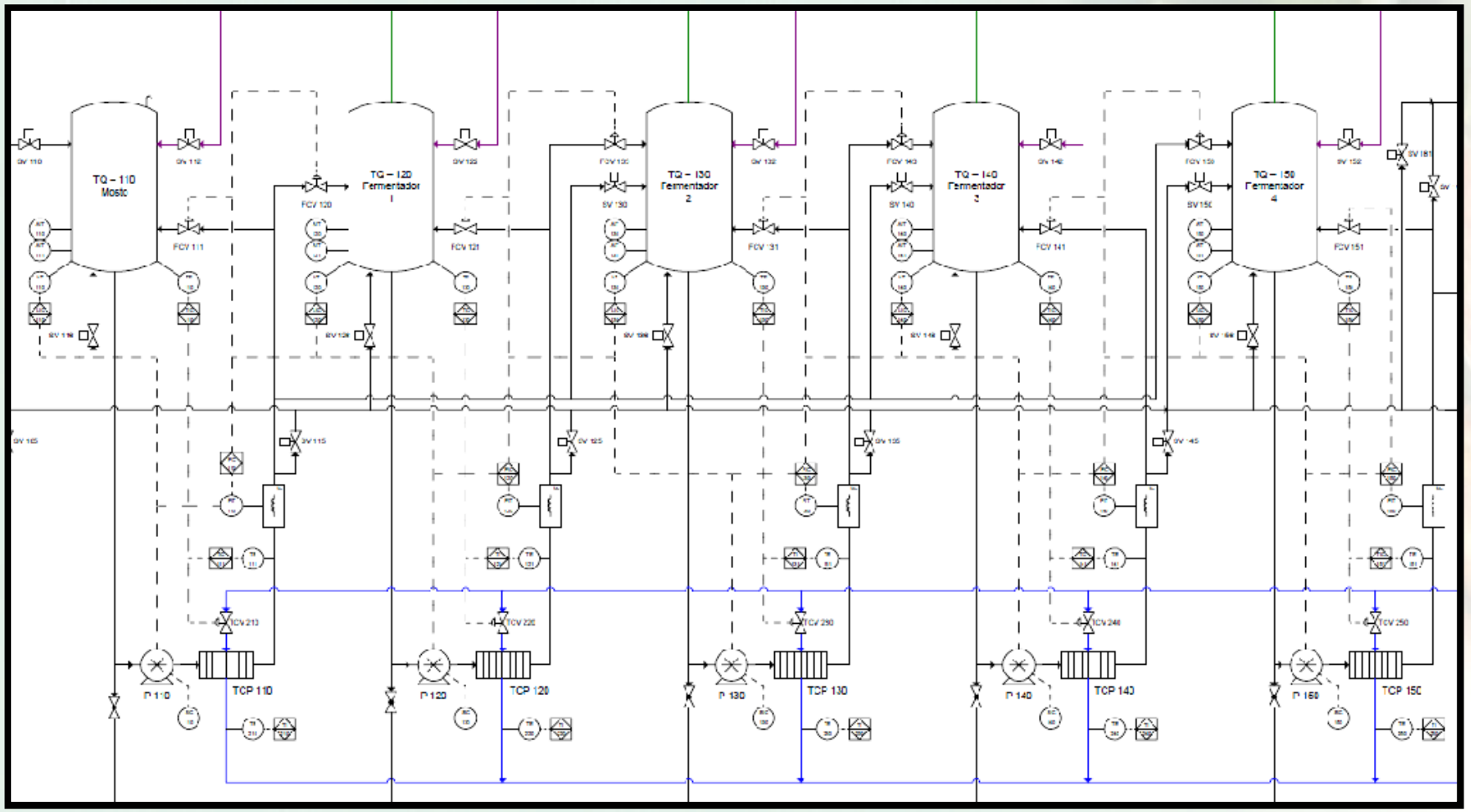
O Projeto



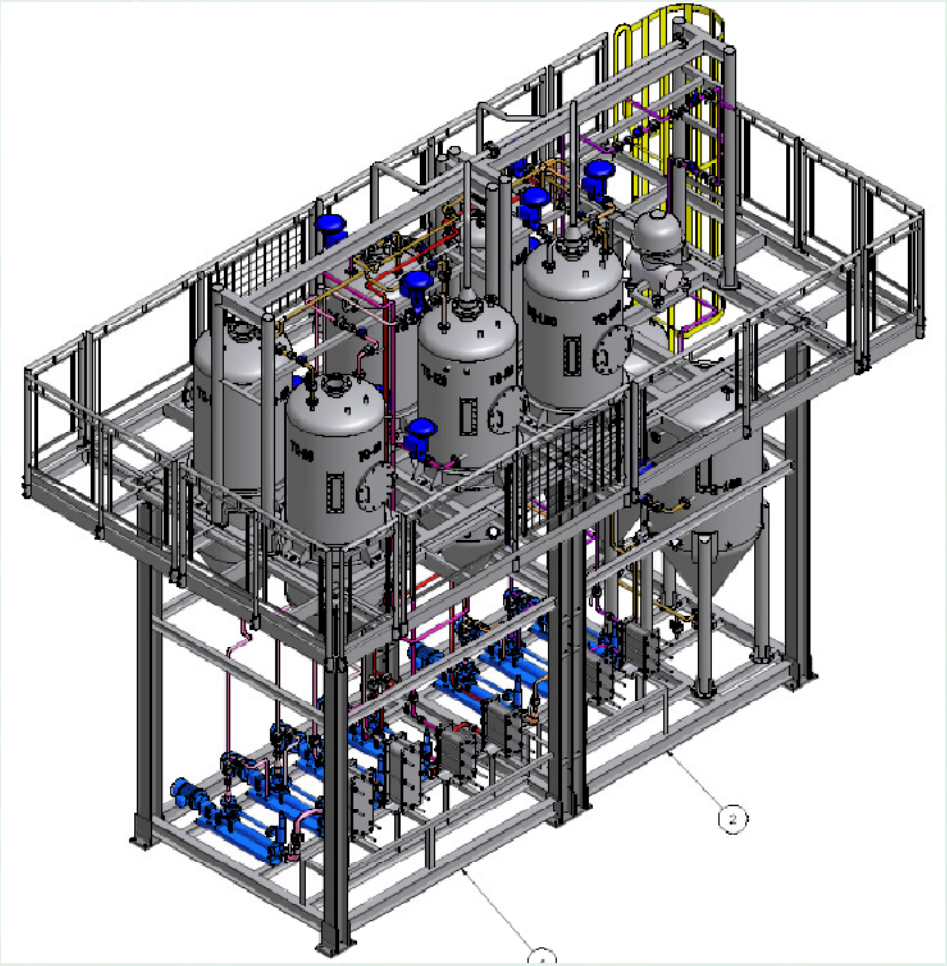
O Projeto

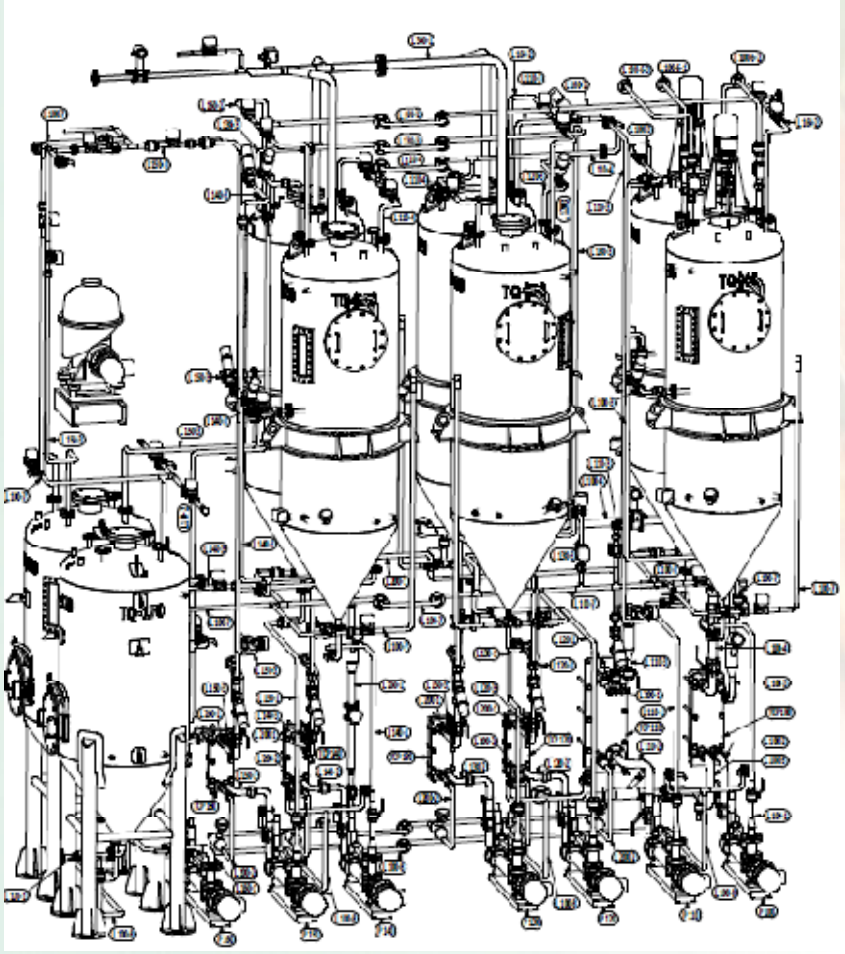


O Projeto


TQ – 110
Mosto
TQ – 120
Fermentador
1
TQ – 130
Fermentador
2
TQ – 140
Fermentador
3
TQ – 150
Fermentador
4
TCP 110
TCP 120
TCP 130
TCP 140
TCP 150

A Concepção





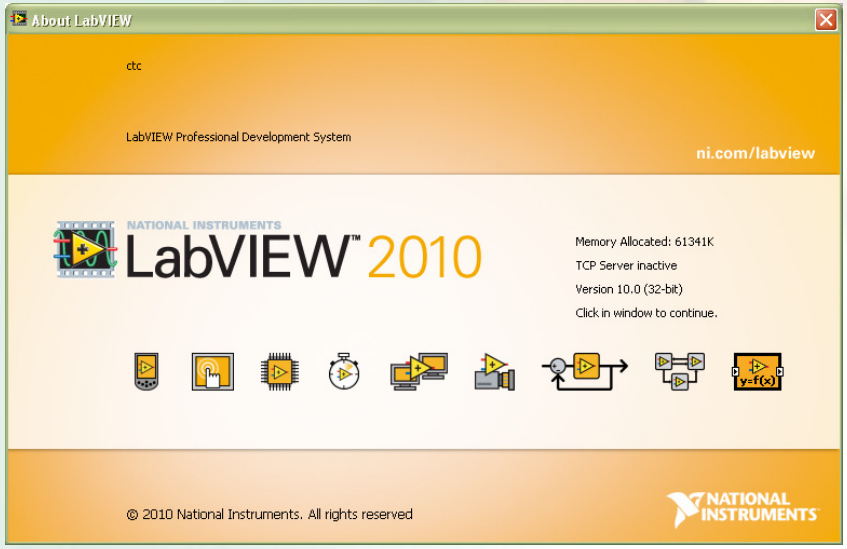
Hardware & Software

- Compact Rio

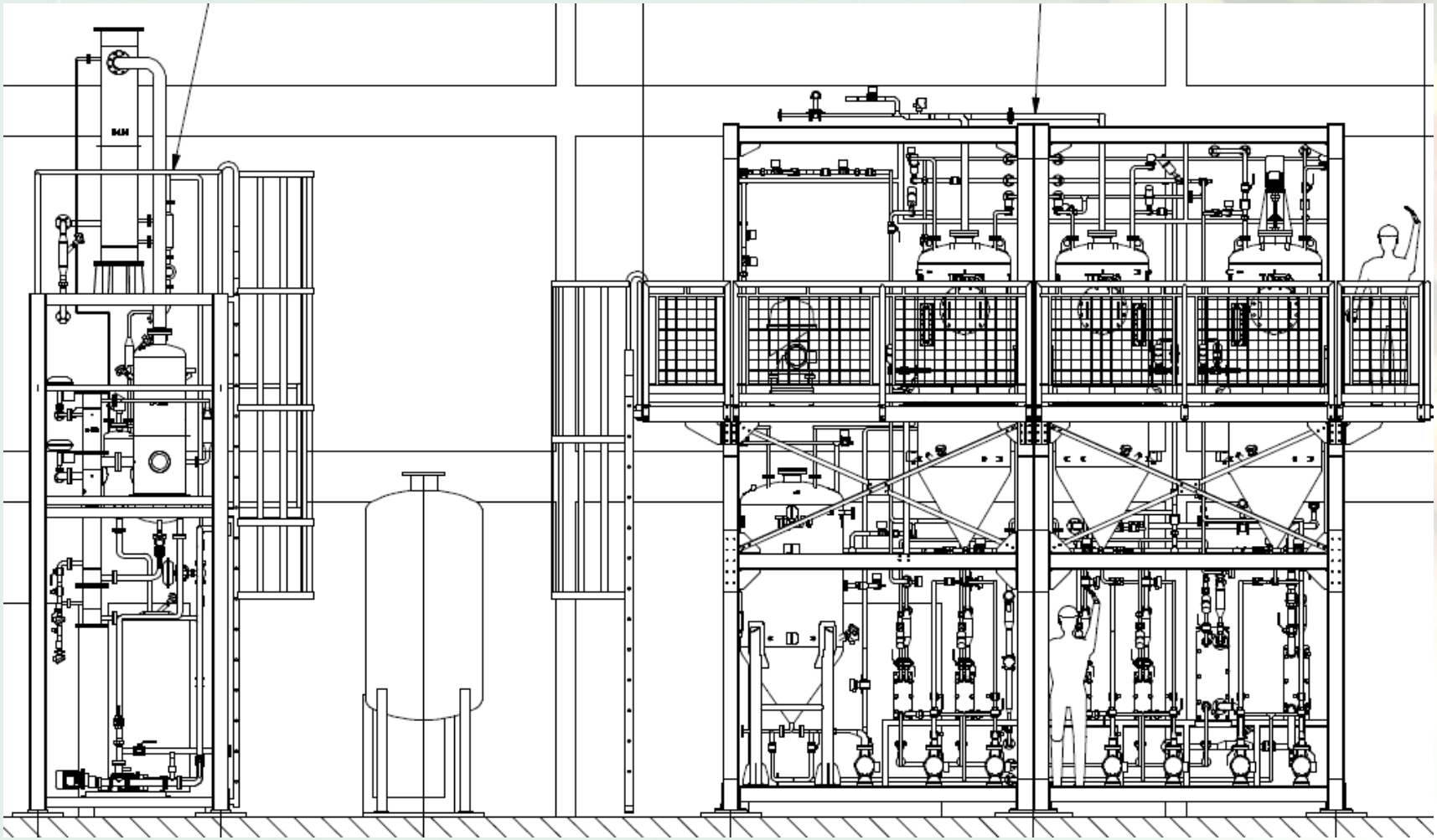
Sinal	Módulo	Canais	Qtdade	Total
DI	NI 9425	32	1	32
DO	NI 9476	32	2	64
AO	NI 9265	4	7	28
AI - RTD	NI 9217	4	6	24
AI	NI 9208	16	2	32
Total			18	180

Rack	Slot	Qtdade	Total
NI cRIO 9144	8	1	8
NI cRIO 9112	8	2	16
Total		3	24

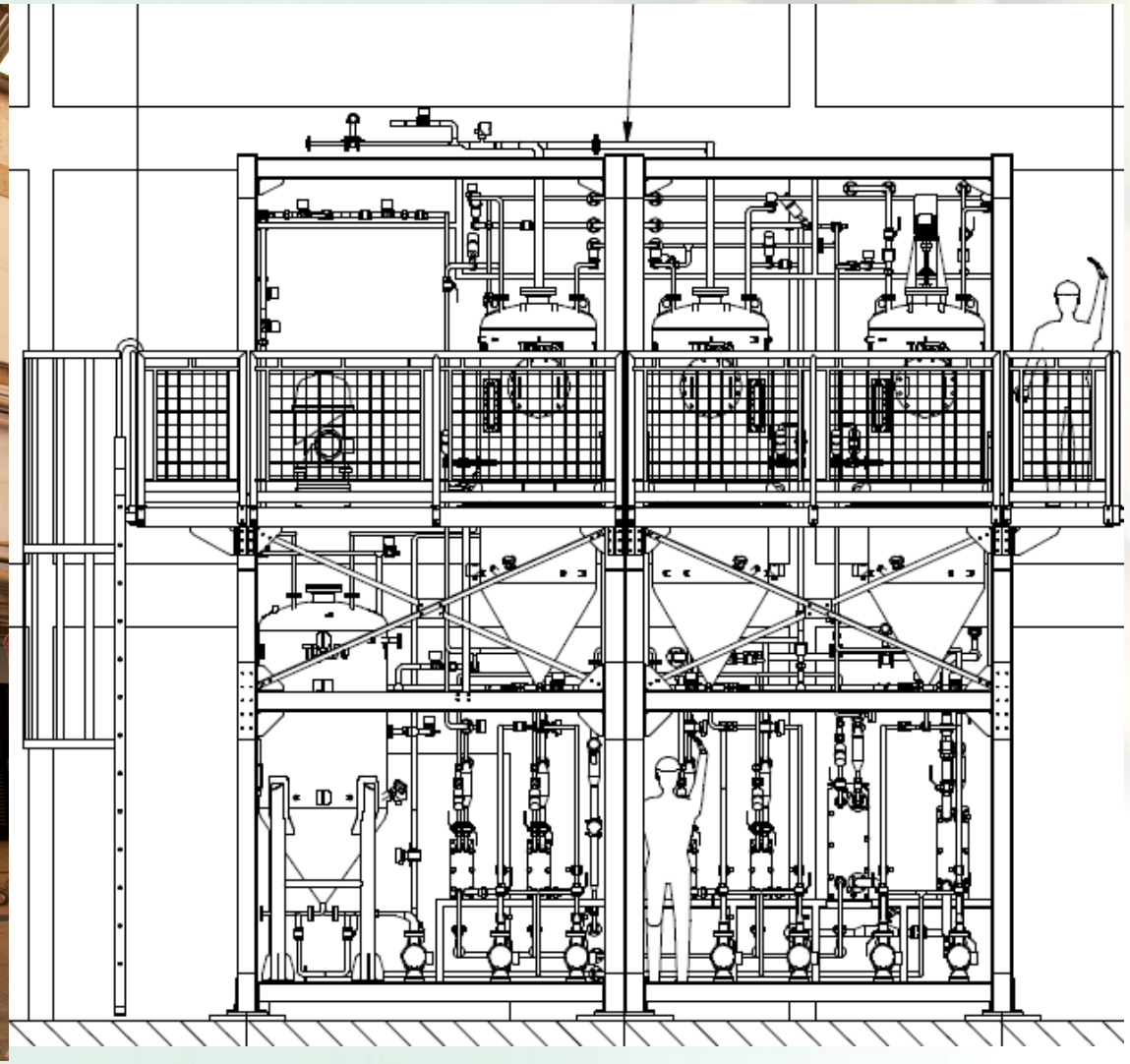
- LabVIEW 2010



A Realização

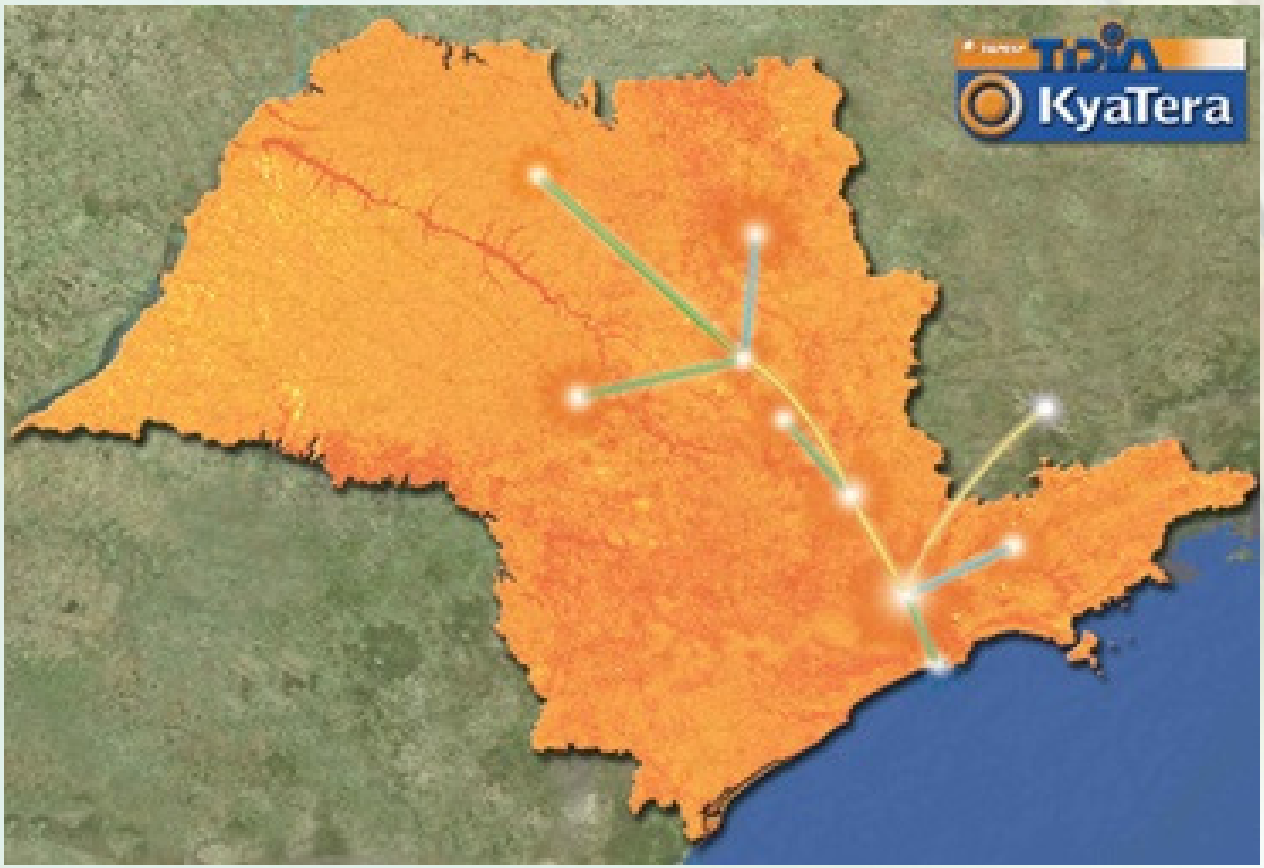


A Realização



A integração

- CTC – UNICAMP - ITAL



Cronograma

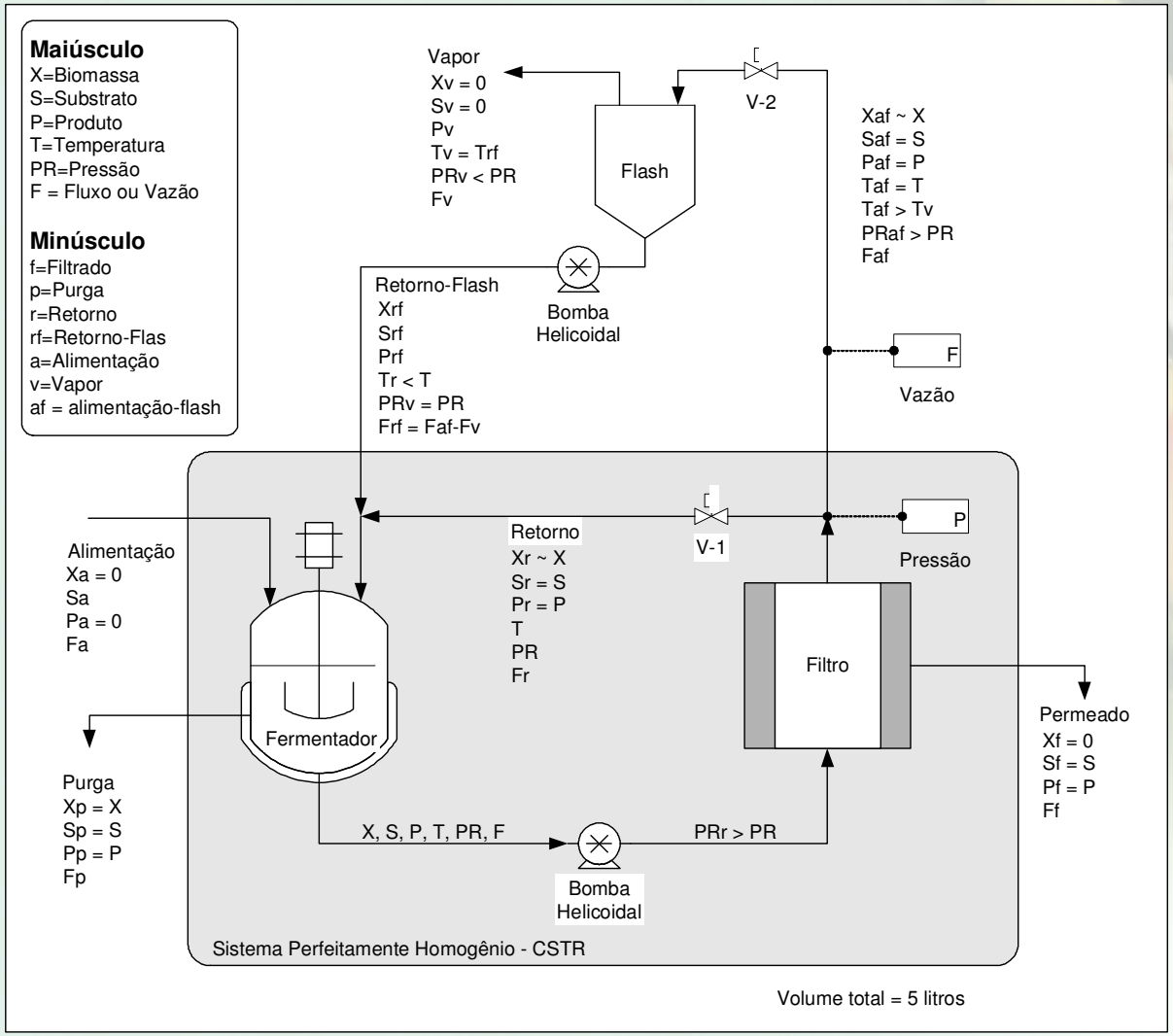
- O processo de Produção de Bioetanol
- FEV – Unicamp
- FEV – CTC
- PPMMO de Fermentação
- **Ultrapassar os Limites**

Cronograma

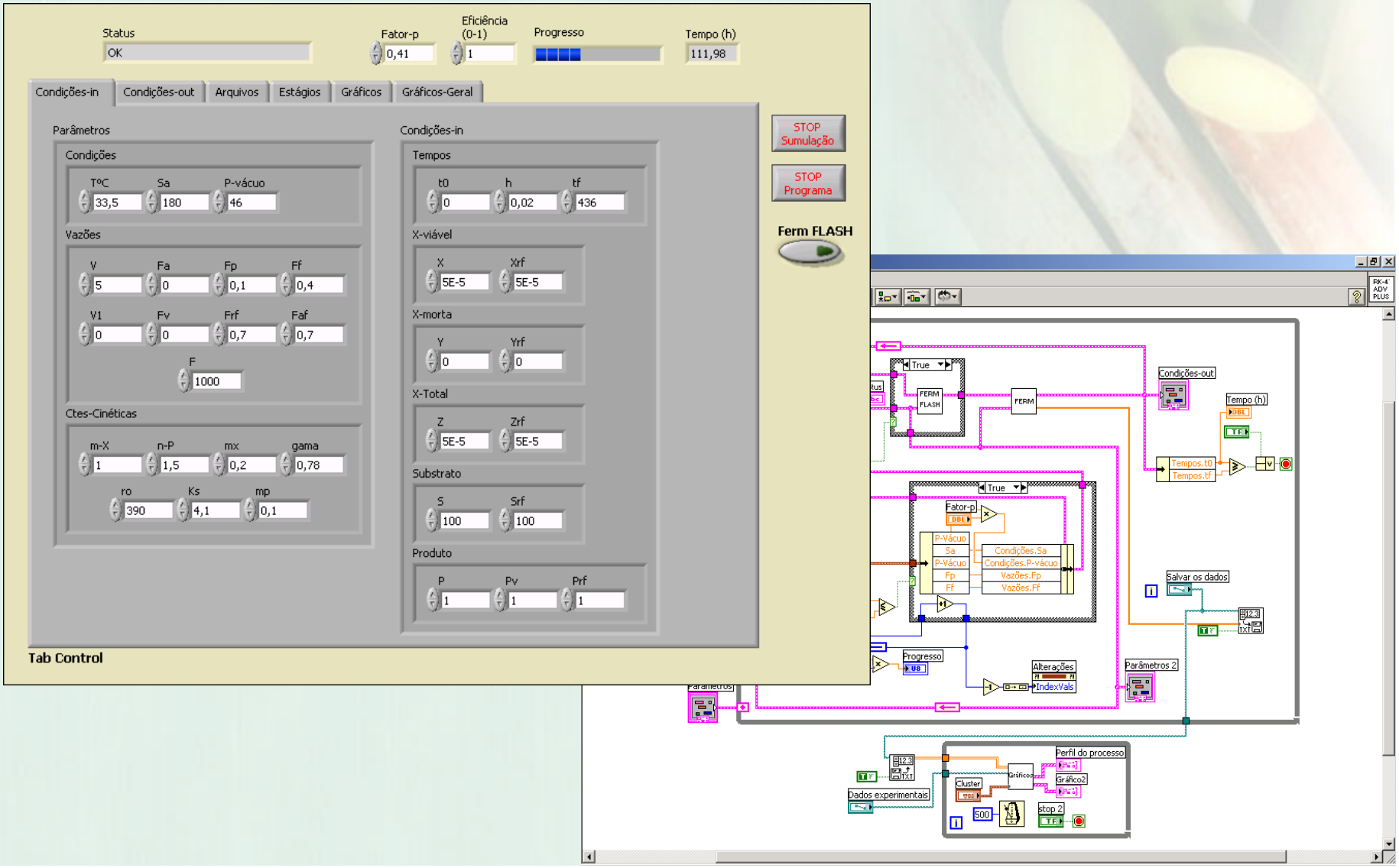
- Ultrapassar os Limites
  - Modelagem e Simulação
  - Aquisição e Simulação em Tempo Real
  - Inteligência Artificial
  - Sensor Virtual / Software Sensor
  - Desbravar o desconhecimento

Modelagem e Simulação usando LabVIEW

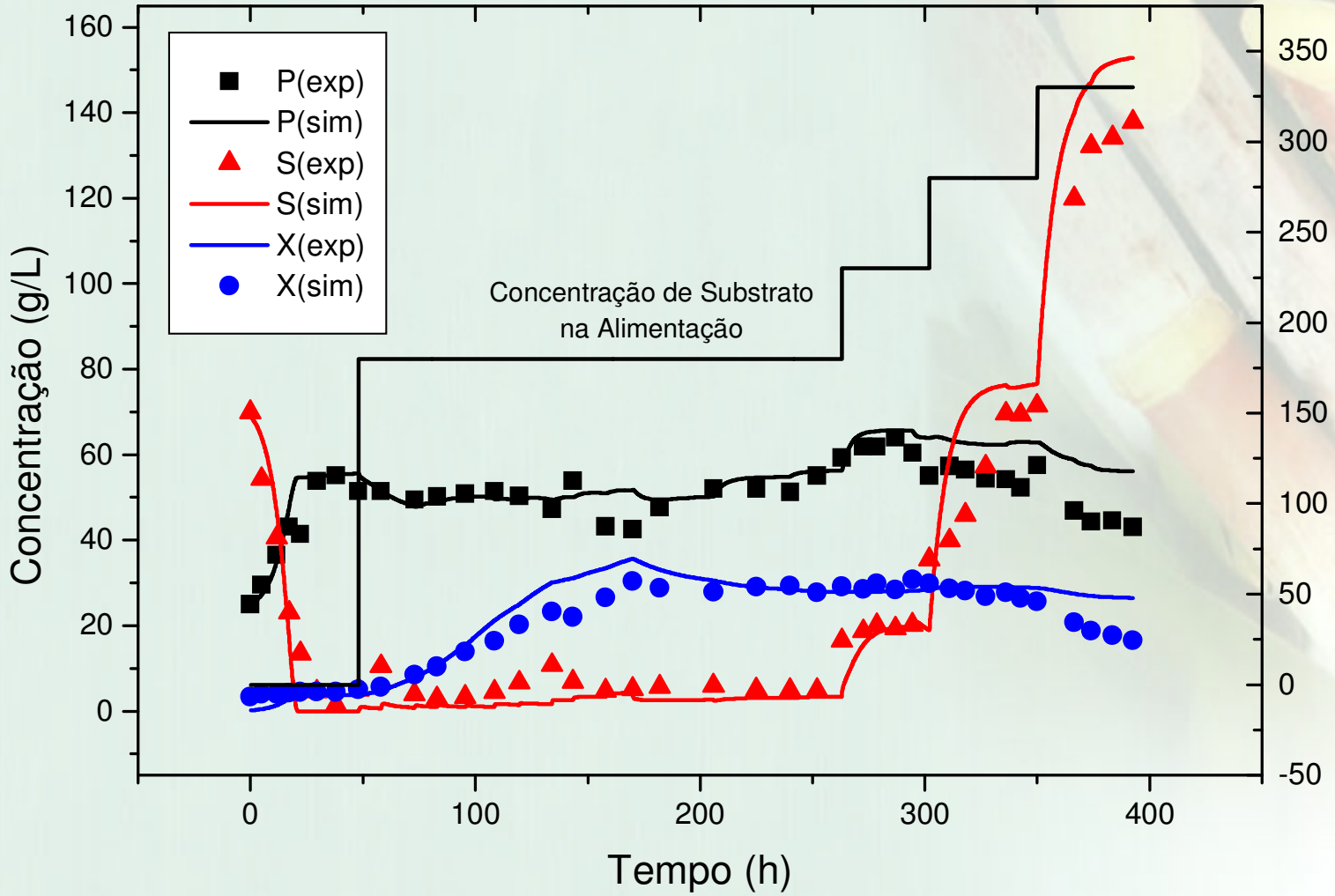
Modelagem e Simulações



Modelagem e Simulações

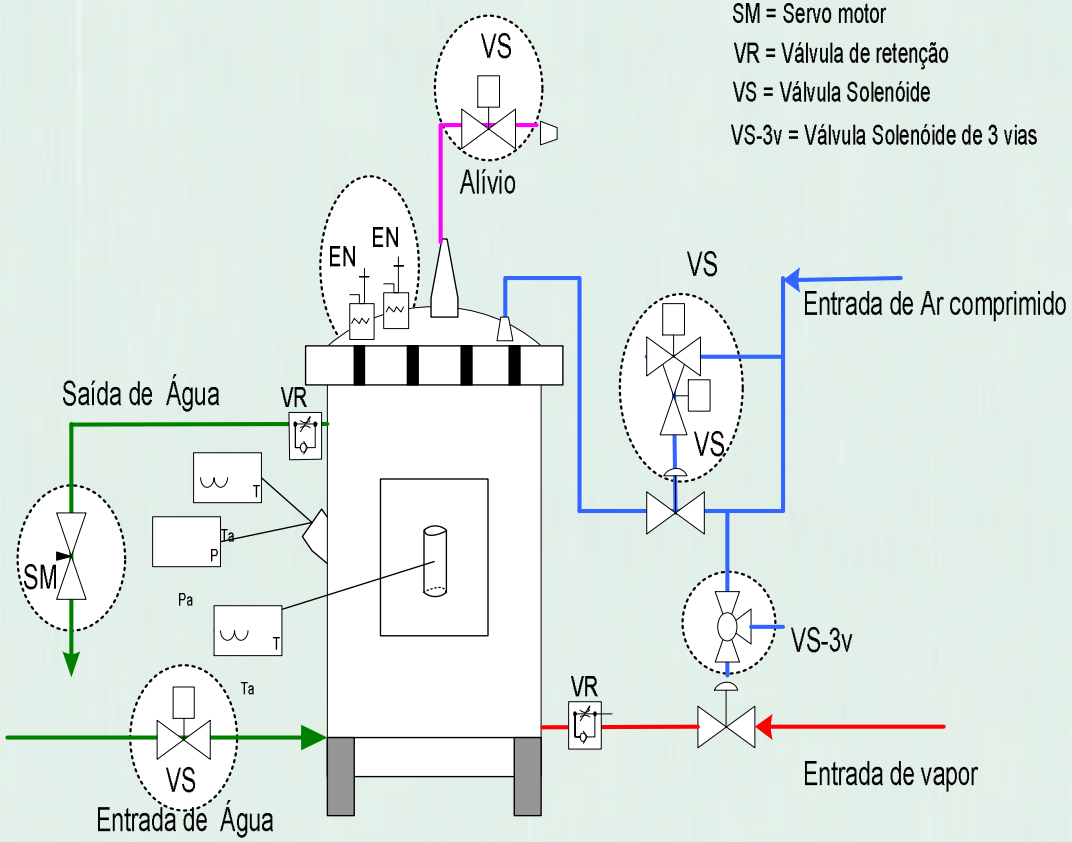


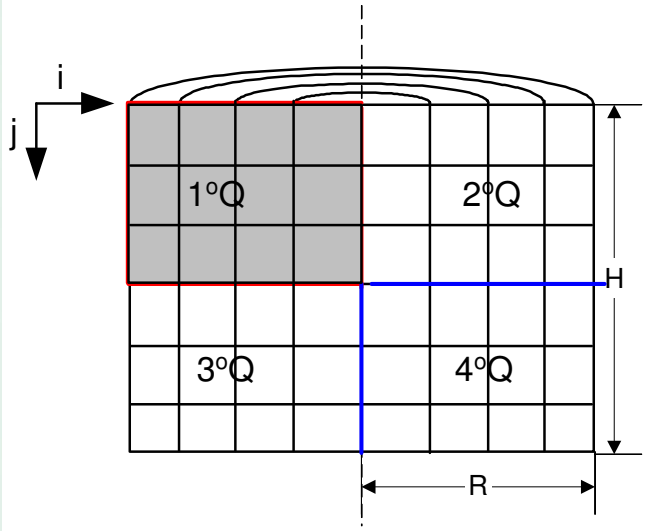
Modelagem e Simulações



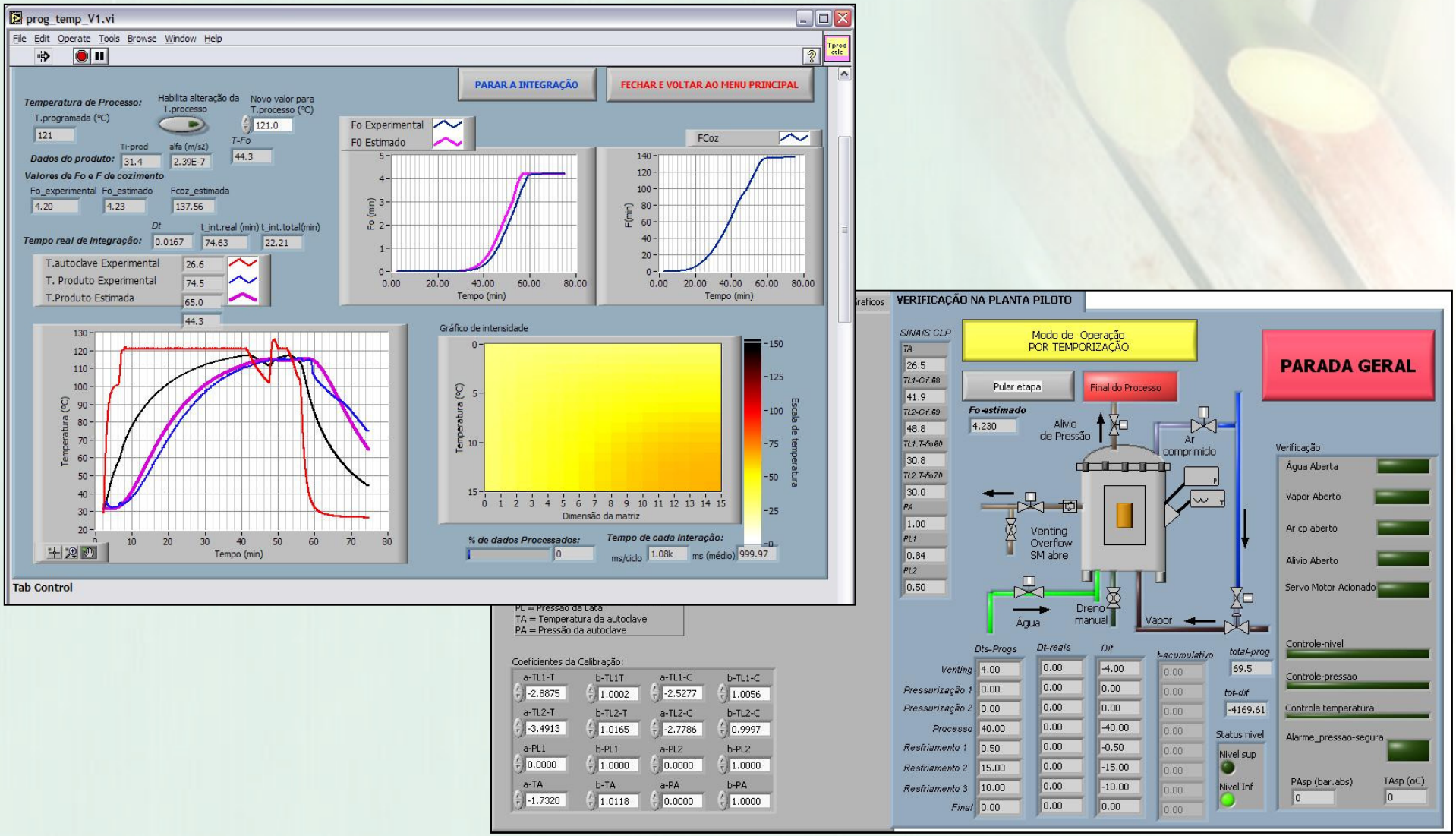
Aquisição e Simulação em Tempo Real

Processo de Esterilização

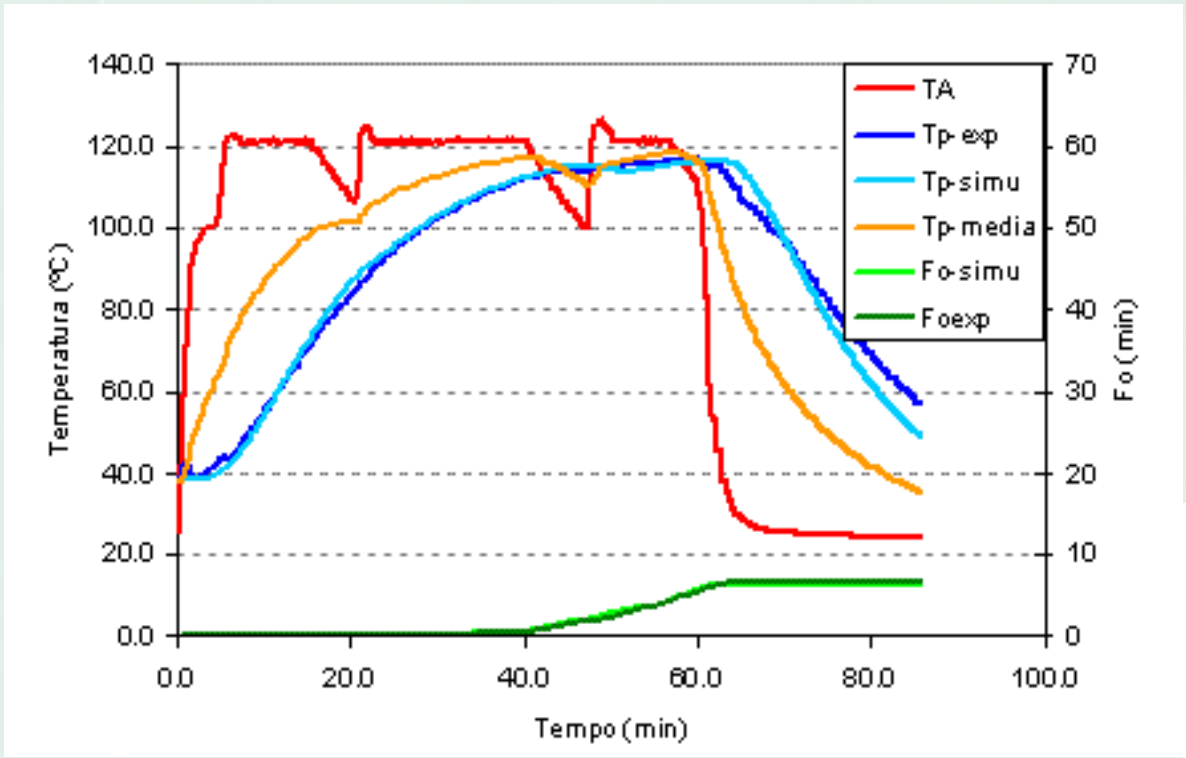


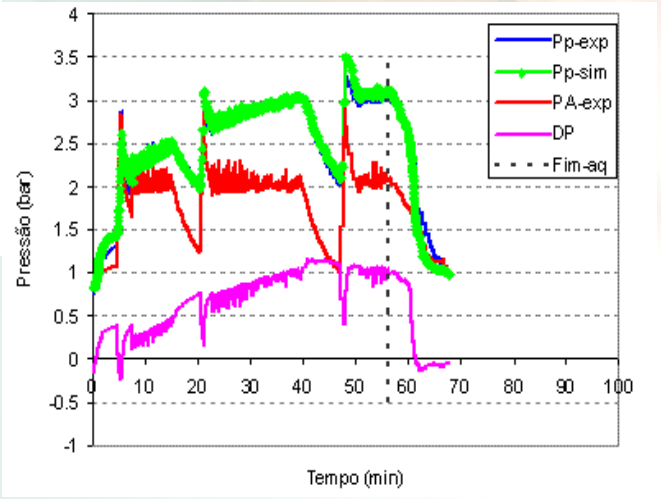


IHM


prog_temp_V1.vi
File Edit Operate Tools Browse Window Help
PARAR A INTEGRAÇÃO
FECHAR E VOLTAR AO MENU PRINCIPAL
Temperatura de Processo:
T.programada (°C)
Habilita alteração da T.processo
Novo valor para T.processo (°C)
Dados do produto:
Ti-prod
alfa (m/s2)
T-Fo
Valores de Fo e F de cozimento
Fo_experimental
Fo_estimado
Fcoz_estimada
Tempo real de Integração:
Dt
t_int.real (min)
t_int.total(min)
T.autoclave Experimental
T. Produto Experimental
T.Produto Estimada
Fo Experimental
F0 Estimado
FCoz
Fo (min)
F(min)
Tempo (min)
Temperatura (°C)
Gráfico de intensidade
Temperatura (°C)
Dimensão da matriz
Escala de temperatura
% de dados Processados:
Tempo de cada Interação:
ms/ciclo
ms (médio)
Tab Control
PL = Pressão da Lata
TA = Temperatura da autoclave
PA = Pressão da autoclave
Coeficientes da Calibração:
a-TL1-T
b-TL1T
a-TL1-C
b-TL1-C
a-TL2-T
b-TL2-T
a-TL2-C
b-TL2-C
a-PL1
b-PL1
a-PL2
b-PL2
a-TA
b-TA
a-PA
b-PA
VERIFICAÇÃO NA PLANTA PILOTO
SINAIS CLP
Modo de Operação POR TEMPORIZAÇÃO
PARADA GERAL
Pular etapa
Final do Processo
Fo-estimado
Alivio de Pressão
Ar comprimido
Venting Overflow SM abre
Dreno manual
Água
Vapor
Verificação
Água Aberta
Vapor Aberto
Ar cp aberto
Alivio Aberto
Servo Motor Acionado
Controle-nivel
Controle-pressao
Controle temperatura
Alarme_pressao-segura
Status nivel
Nivel sup
Nivel Inf
PAsp (bar.abs)
TAsp (oC)
Dts-Progs
Dt-reais
Dif
t-acumulativo
total-prog
tot-dif
Venting
Pressurização 1
Pressurização 2
Processo
Resfriamento 1
Resfriamento 2
Resfriamento 3
Final

Processo de Esterilização





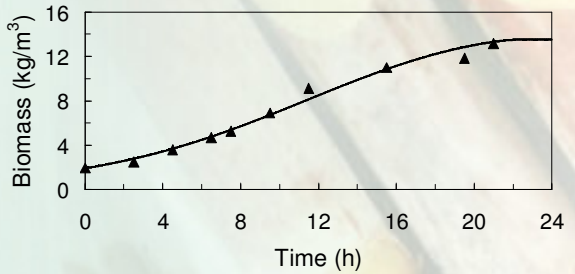
Simulação em tempo real

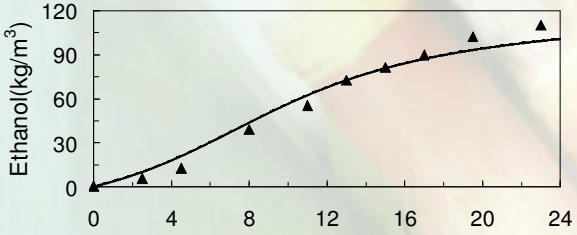
- Quase-Newton
- Runge-Kutta de 4° ordem
- Modelagem do processo

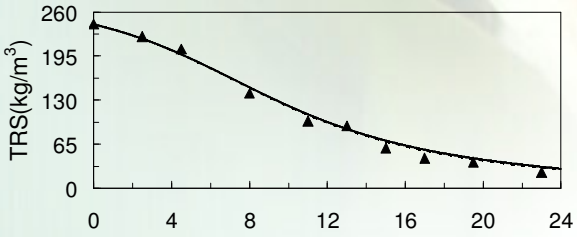
0273-2289/01/91–93/0353/$13.25

Kinetics of Ethanol Fermentation with High Biomass Concentration Considering the Effect of Temperature

DANIEL I. P. ATALA,[1] ALINE C. COSTA,*[,2]
RUBENS MACIEL,[2] AND FRANCISCO MAUGERI[1]

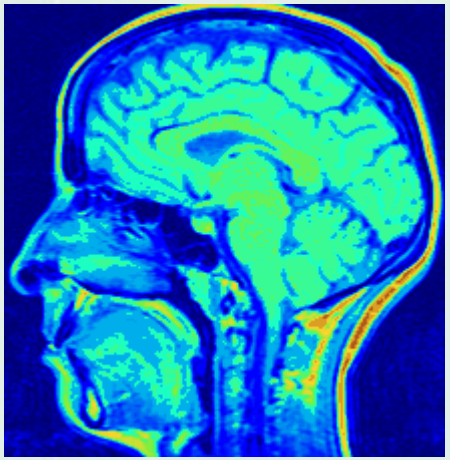


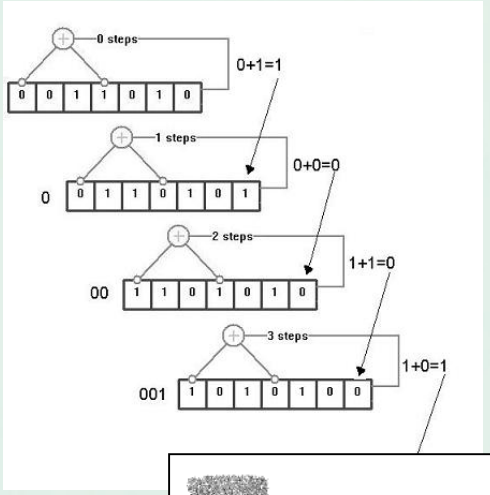


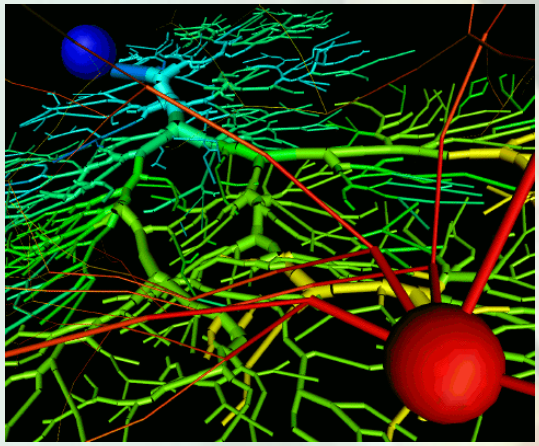


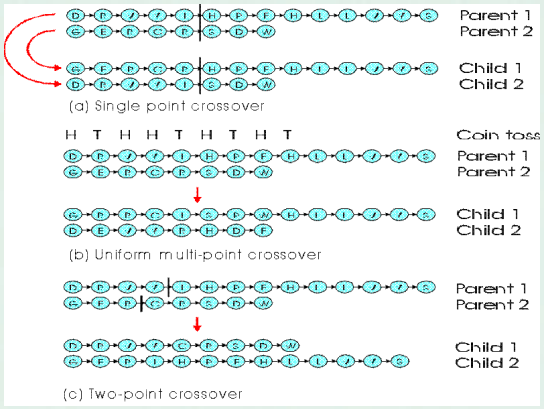
Inteligência Artificial

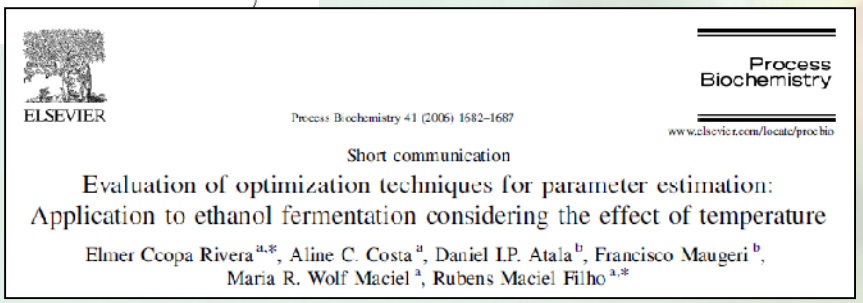
Inteligência Artificial











ELSEVIER

Process Biochemistry 41 (2006) 1682–1687

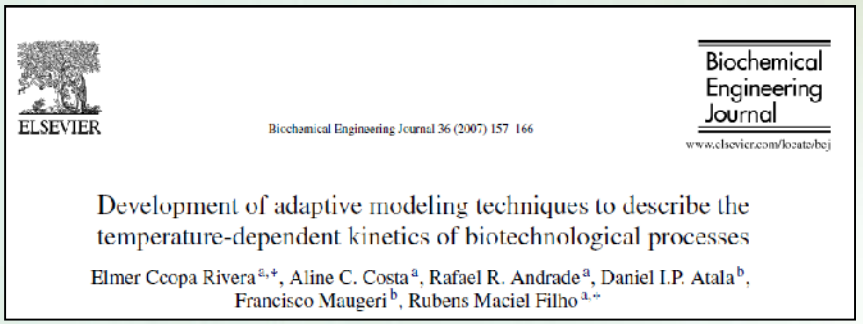
Process Biochemistry

www.elsevier.com/locate/procbio

Short communication

Evaluation of optimization techniques for parameter estimation: Application to ethanol fermentation considering the effect of temperature

Elmer Ccopa Rivera[a,*], Aline C. Costa[a], Daniel I.P. Atala[b], Francisco Maugeri[b], Maria R. Wolf Maciel[a], Rubens Maciel Filho[a,*]



ELSEVIER

Biochemical Engineering Journal 36 (2007) 157–166

Biochemical Engineering Journal

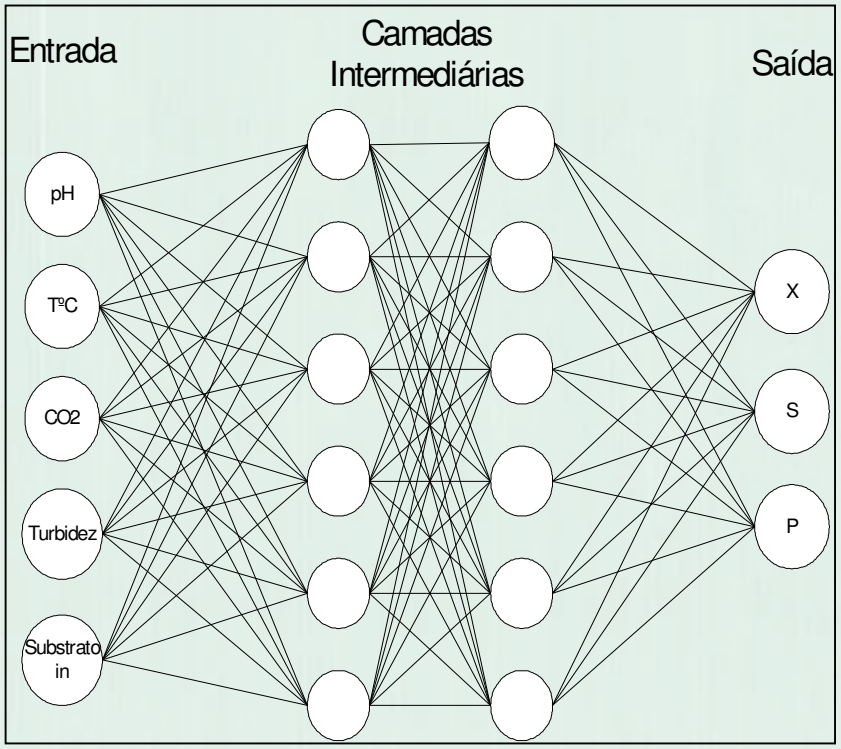
www.elsevier.com/locate/bej

Development of adaptive modeling techniques to describe the temperature-dependent kinetics of biotechnological processes

Elmer Ccopa Rivera[a,+], Aline C. Costa[a], Rafael R. Andrade[a], Daniel I.P. Atala[b], Francisco Maugeri[b], Rubens Maciel Filho[a,*]

Software Sensor
“Sensor Virtual”

Software Sensor

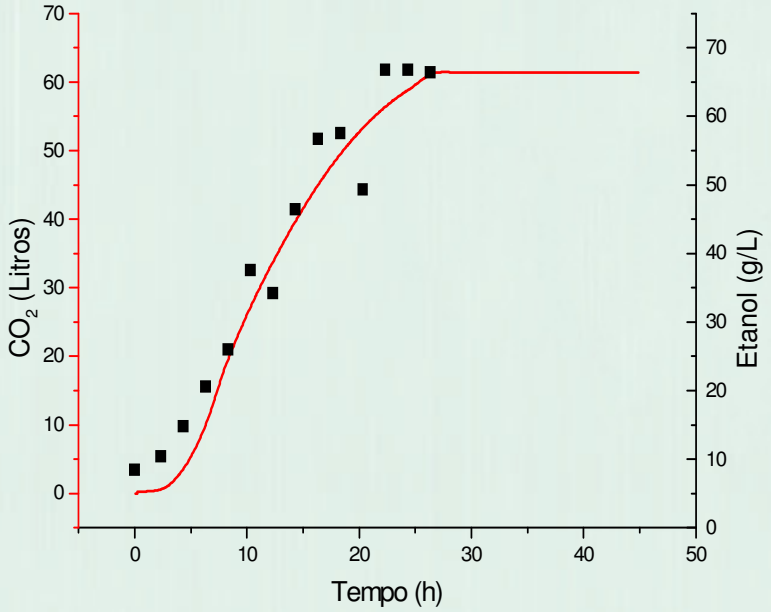


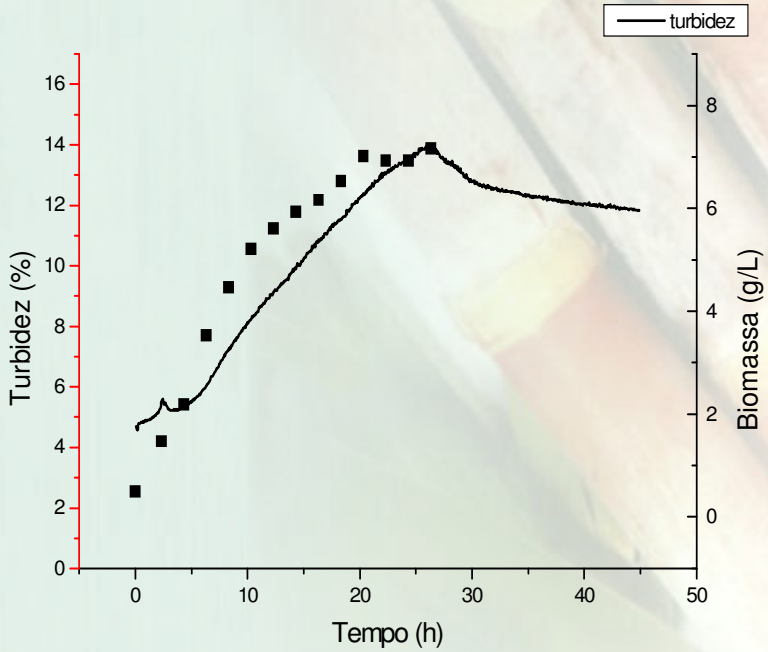
CHEMICAL ENGINEERING TRANSACTIONS Volume 18, 2009
Editor Jiří Klemeš
Copyright © 2009, AIDIC Servizi S.r.l., ISBN 978-88-95608-04-4 ISSN 1974-9791
DOI: 10.3303/CET0918073

Development and implementation of an automated monitoring system for improved bioethanol production

Elmer Ccopa Rivera, Félix de Farias Junior, Daniel Ibraim Pires Atala, Rafael Ramos de Andrade, Aline Carvalho da Costa, Rubens Maciel Filho
School of Chemical Engineering, State University of Campinas, P.O. Box 6066, 13081-970, Campinas, SP, Brazil

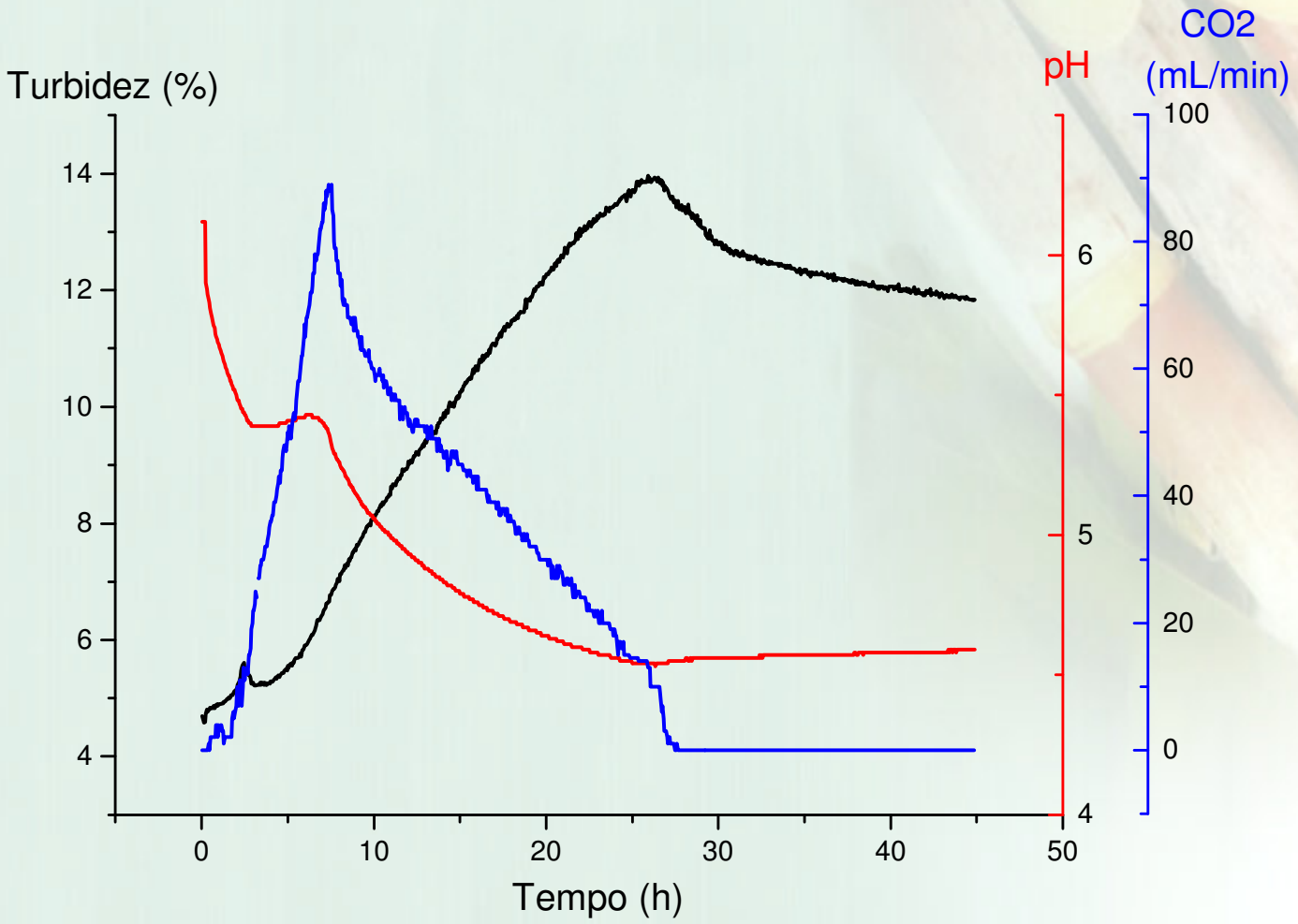
Monitoramento de dados on-line





Desbravar o Desconhecimento

Monitoramento de dados on-line



Conclusões

- Ganhos de rendimento e Produtividade somente com a implementação de controle efetivo do processo;
- As soluções National são fáceis, seguras, robustas e extremamente potentes o que permite ir além dos limites;

Obrigado!

Daniel Atala
daniel@ctc.com.br

Maria Isabel Berto
miberto@ital.sp.gov.br