



Marcus Lages

- Engenheiro Químico – UFAL – Universidade Federal de Alagoas
- Pós em Gestão Agroindustrial no Setor de Bioenergia – UniUDOP
 - MBA em Gestão de Negócios – USP
- Gerente Corporativo Industrial na SJC Bioenergia



**25 e 26
de outubro
de 2023**

**Centro de
Eventos Taiwan**
Ribeirão Preto - SP



SJC SAFRA DA
DETERMINAÇÃO
Bioenergia 2023 - 2024



DESTILAÇÃO À VÁCUO

22º SBA – Seminário Brasileiro Agroindustrial
Palestrante: Marcus Lages

Ribeirão Preto, 25 de outubro de 2023

CONTEÚDO PROGRAMÁTICO

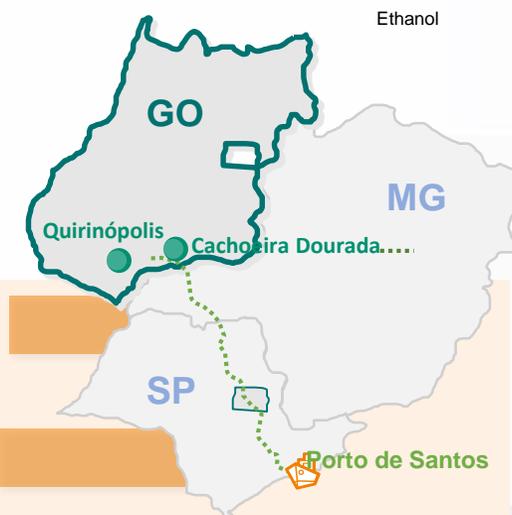
1. SJC Bioenergia
2. Unidade Processadora de Grãos
3. Destilação à Vácuo
4. Implementação
5. Dificuldades de implantação do projeto
6. Dados operacionais
7. Aprendizado operacional
8. Resultado de consumo de vapor e eficiência de destilação

PLANTAS INDUSTRIAIS

Joint Venture

Usina São Francisco

- Início: 2007/2008
- Localização: Quirinópolis (GO)
- Capacidade de moagem: 5.0 milhões ton/ano
- Produtos: Açúcar VHP, etanol anidro, etanol hidratado e energia
- Capacidade para geração de energia: 83,3 MWh



Usina Rio Dourado

- Início: 2013/2014
- Localização: Cachoeira Dourada (GO)
- Capacidade de moagem: 3 milhões ton./ano
- Produtos: Etanol anidro, etanol hidratado e energia
- Capacidade para geração de energia: 43,3 MWh



Unidade Processamento de Grãos - USF

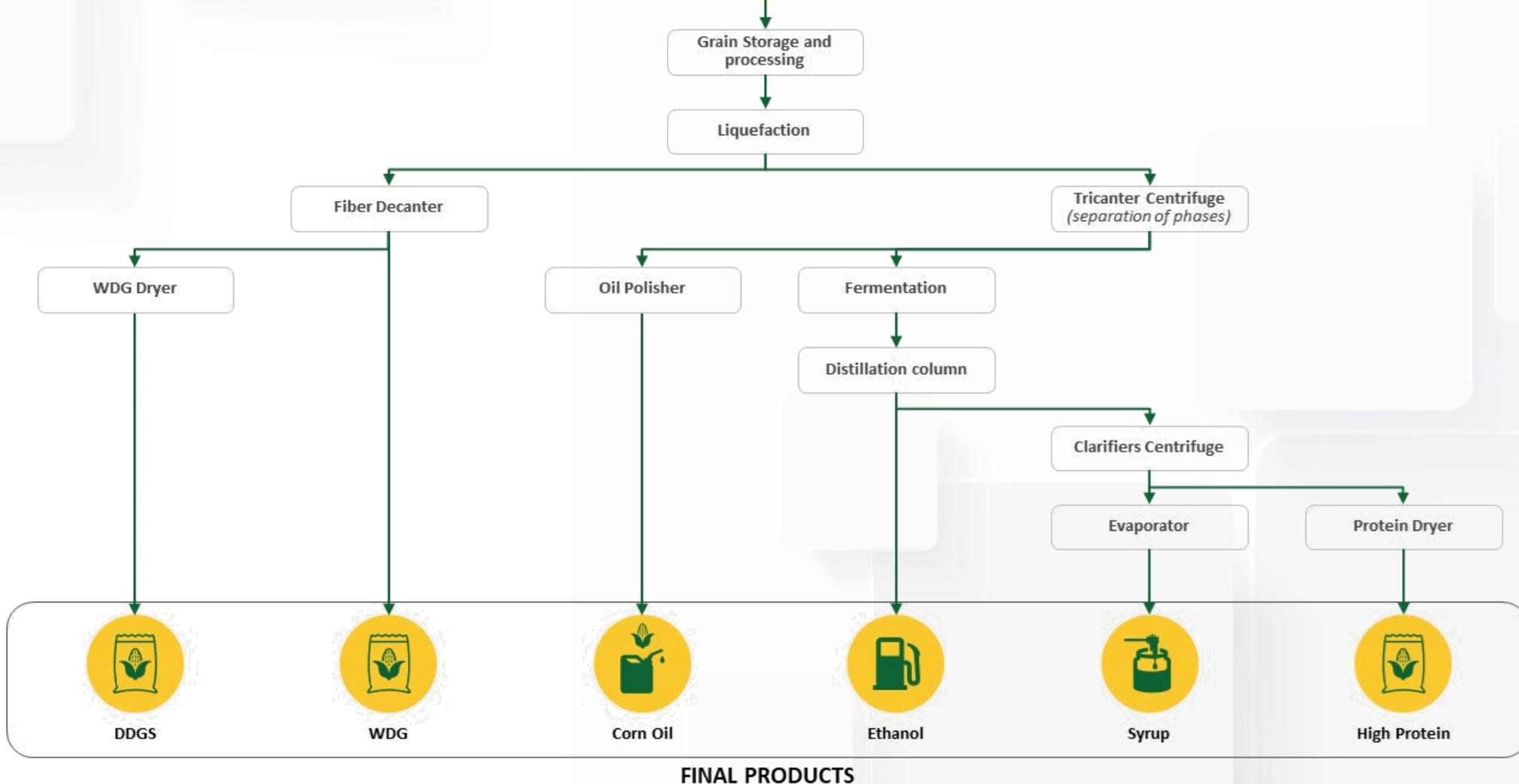
- Início: Fevereiro 2016
- Localização: Quirinópolis (GO)
- Capacidade de moagem: 600 mil ton ano Milho
- Produtos: Etanol, DDG, Proteína e Óleo



FLUXOGRAMA DA UPG



Corn Sorghum Grain is acquired by third-party suppliers



FINAL PRODUCTS

UNIDADE PROCESSADORA DE GRÃOS

2016

Moagem Safra: 1.100 ton grãos/dia

- Consumo de vapor destilação: 2,0 a 2,1 kg vapor/L etanol (40 ton vapor/h)
- Produção diária de etanol: 460 m³

Moagem Entressafra Cana: 1.800 ton grãos/dia

- Dorna da cana
- Aparelho da Cana

Moagem Ano: 380 mil ton grãos

UNIDADE PROCESSADORA DE GRÃOS

Como ampliar moagem neste cenário ?

UNIDADE PROCESSADORA DE GRÃOS

Como moer full 2000 ton/dia durante
todo o ano ?

UNIDADE PROCESSADORA DE GRÃOS

2022

Moagem Safra: 2.000 ton grãos/dia

- Necessidade Consumo de vapor destilação: 1,1 a 1,21 kg vapor/L etanol
- Produção diária de etanol: 840 m³
- Ampliação dornas para o milho
- Investimento aparelho à vácuo

Moagem Safra e Entressafra: 2.000 ton grãos/dia

Moagem Ano: 600 mil ton grãos

DESTILAÇÃO À VÁCUO

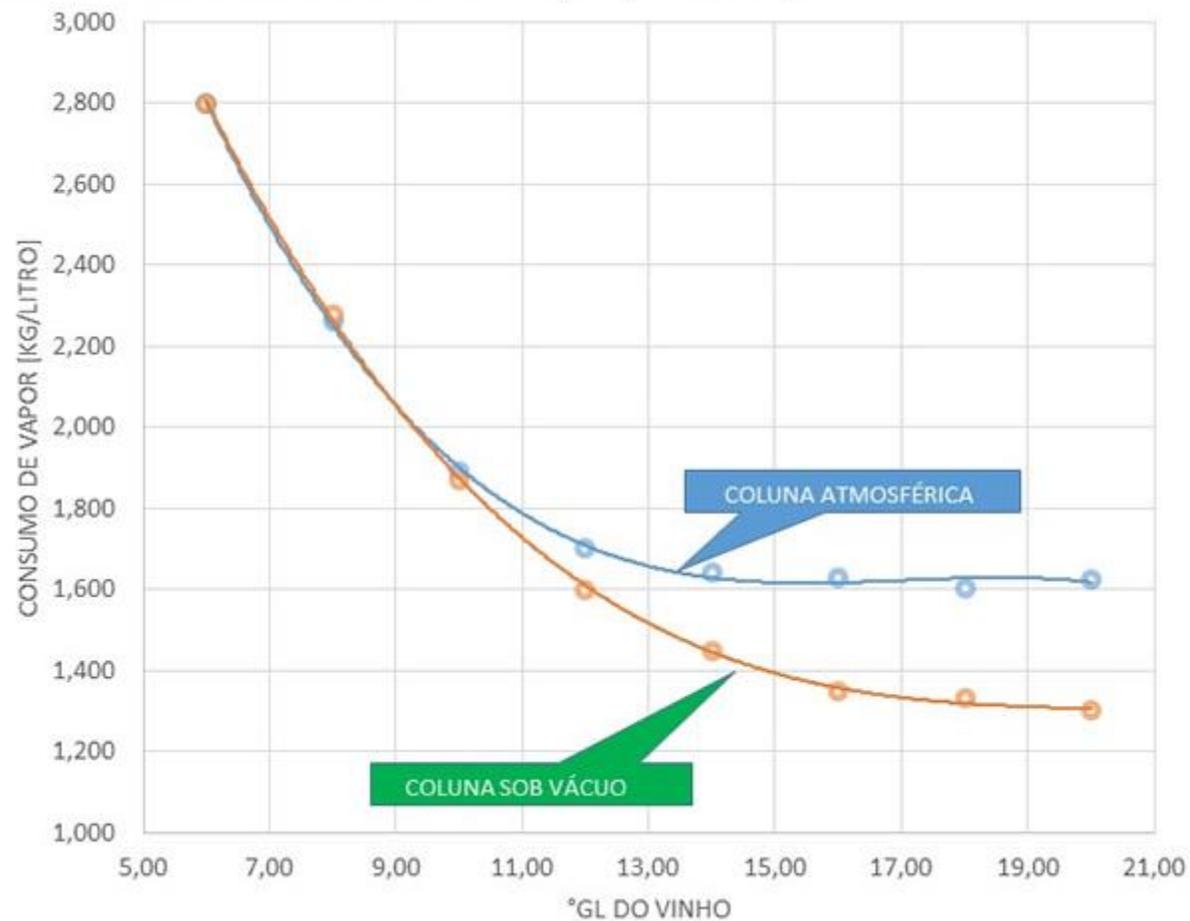
COMPOSIÇÃO DA MISTURA AZEOTRÓTICA ETANOL / ÁGUA EM FUNÇÃO DA PRESSÃO

Pressione assoluta in mm di mercurio	Temperatura del punto di ebollizione minimo °C	Composizione della miscela	
		% di acqua	% di alcole in peso
70	27°,96	0	100
94	33°,35	0,50	99,50
129	39°,20	1,30	98,70
208	47°,63	2,70	97,30
404	64°,04	3,75	96,25
760	78°,15	4,43	95,57
1075	87°,12	4,65	95,35
1451	95°,35	4,75	95,25

Dall'osservazione dei valori riportati in tabella si vede che a pressione ridotta, per valori sempre minori della pressione e della temperatura, si ha una miscela sempre più ricca in alcole, fino ad arrivare, alla pressione assoluta di 70 mm di colonna di mercurio, alla scomparsa dell'azeotropo binario e alla produzione di alcole anidro o assoluto.

DESTILAÇÃO À VÁCUO

FIGURA 1 – CONSUMO ESPECÍFICO DE VAPOR (CEV) NA DESTILAÇÃO.



CRITÉRIOS AVALIADOS PARA A ESCOLHA DO APARELHO

- 1. Consumo de Vapor**
- 2. Tecnologia**
- 3. Experiência**
- 4. Valor do Investimento**

IMPLEMENTAÇÃO DO PROJETO – CONSULTA AOS FABRICANTES

CONSULTA AOS FABRICANTES

EMPRESAS	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Nacionalidade	BRA	BRA	BRA	BRA	BRA	BRA	EUA	EUA	ESP
Kg Vapor/L etanol	1,44	1,15	1,22	1,47	1,05	1,5	1,05	0,96	1,10
Aparelhos Instalados	Não	Sim (200 m ³ /dia)	Não	Sim (100 m ³ /dia)	Não	Não	Sim	Sim	Sim
Investimento	\$\$	\$	\$	\$\$	\$\$\$	\$	\$\$\$\$\$	\$\$\$\$	\$\$\$\$

IMPLEMENTAÇÃO DO PROJETO – CONSULTA AOS FABRICANTES

1. Consumo de Vapor

IMPLEMENTAÇÃO DO PROJETO – CONSULTA AOS FABRICANTES

EMPRESAS	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Nacionalidade		BRA	BRA		BRA		EUA	EUA	ESP
Kg Vapor/L etanol		1,15	1,22		1,05		1,05	0,96	1,10
Aparelhos Instalados		Sim (200 m3/dia)	Não		Não		Sim	Sim	Sim
Investimento		\$	\$		\$\$\$		\$\$\$\$\$	\$\$\$\$	\$\$\$\$

2. Tecnologia

3. Experiência

IMPLEMENTAÇÃO DO PROJETO – CONSULTA AOS FABRICANTES

EMPRESAS	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Nacionalidade		BRA					EUA	EUA	ESP
Kg Vapor/L etanol		1,15					1,05	0,96	1,10
Aparelhos Instalados		Sim (200 m3/dia)					Sim	Sim	Sim
Investimento		\$					\$\$\$\$\$	\$\$\$\$	\$\$\$\$

4. Valor do Investimento

IMPLEMENTAÇÃO DO PROJETO – CONSULTA AOS FABRICANTES

CONSULTA AOS FABRICANTES

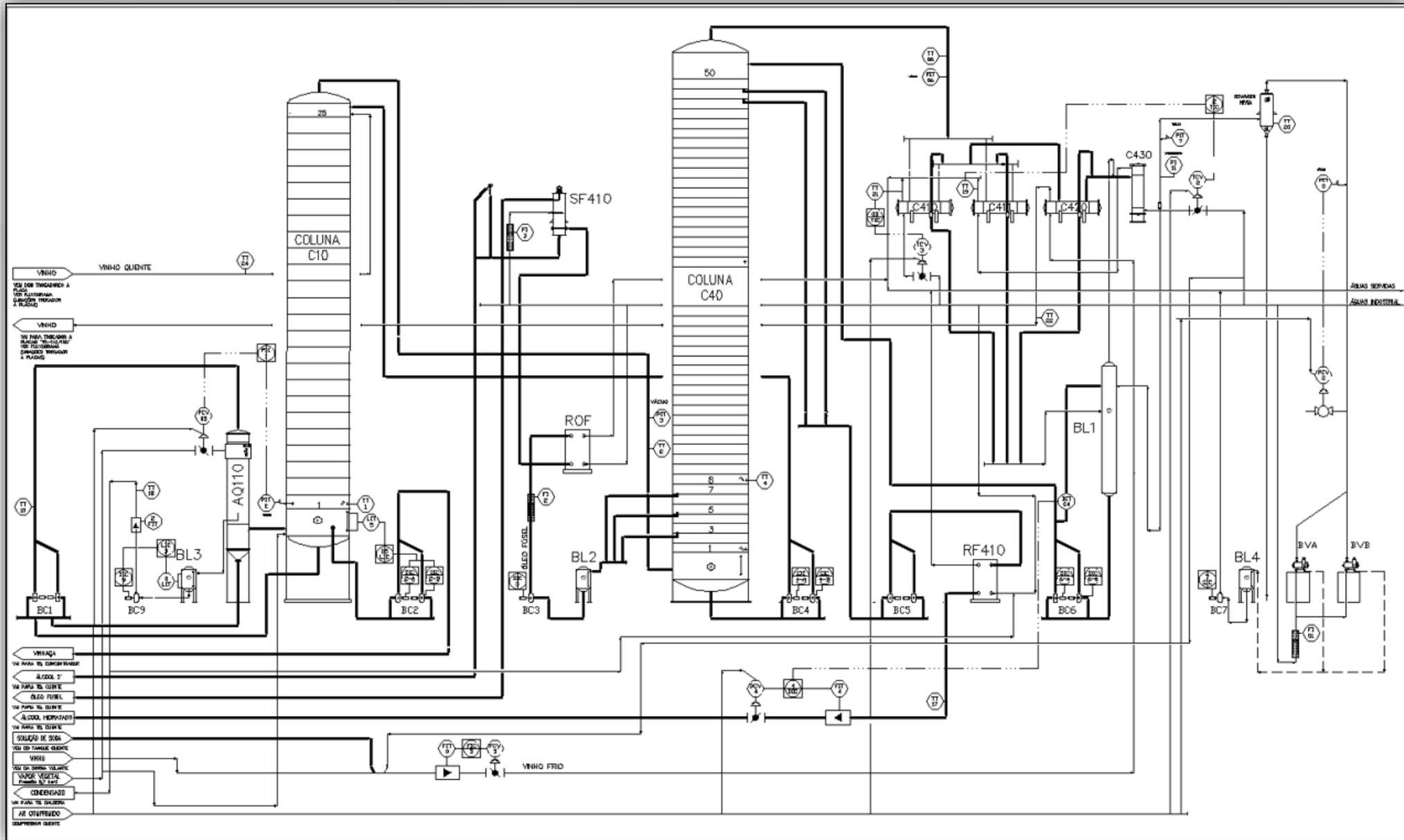
EMPRESAS	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Nacionalidade		BRA							
Kg Vapor/L etanol		1,15							
Aparelhos Instalados		Sim (200 m3/dia)							
Investimento		\$							

IMPLEMENTAÇÃO DO PROJETO – CONSULTA AOS FABRICANTES

CONSULTA AOS FABRICANTES

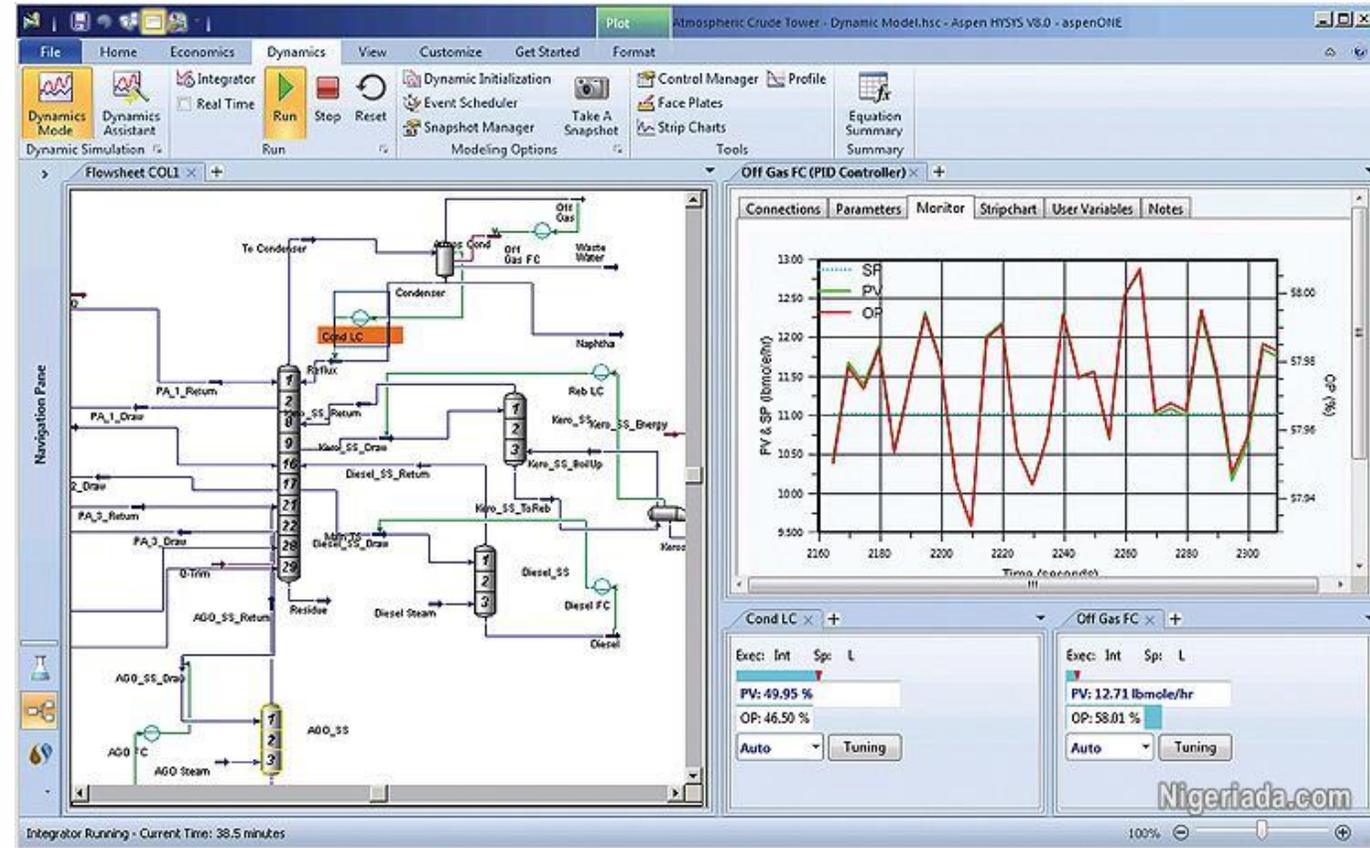
EMPRESAS	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Nacionalidade		BRA					EUA		
Kg Vapor/L etanol		1,15					1,05		
Aparelhos Instalados		Sim (200 m3/dia)					Sim		
Investimento		\$					\$\$\$\$\$		

FLUXOGRAMA DO APARELHO



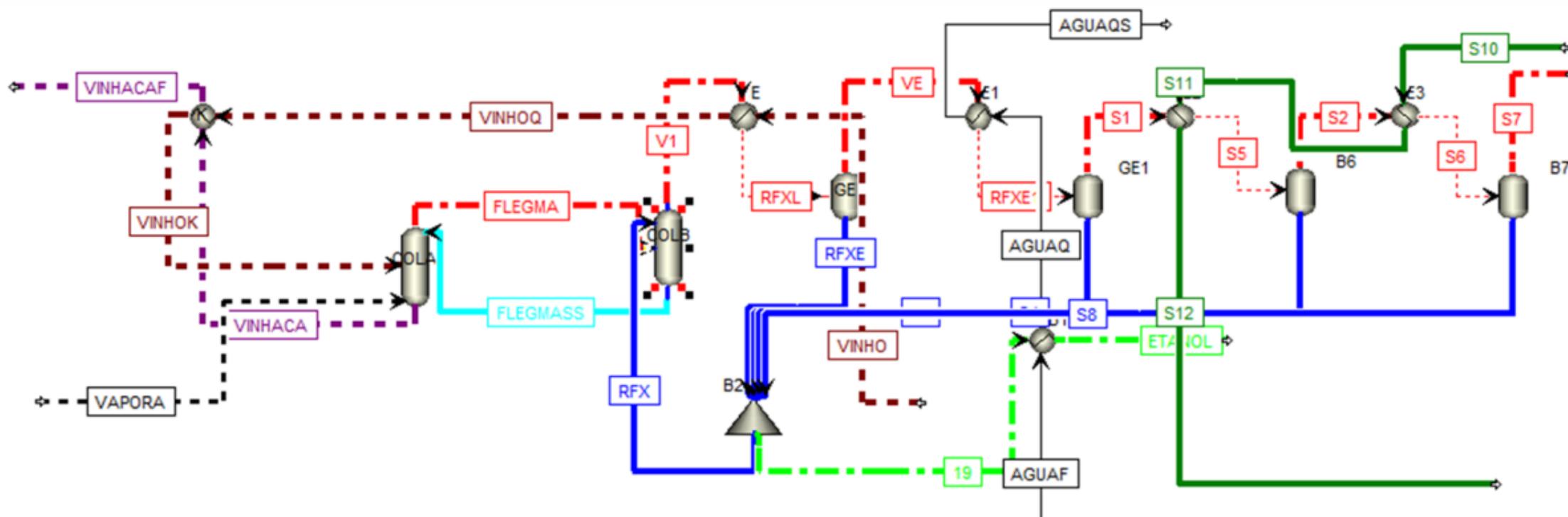
SIMULAÇÃO DA COLUNA

O software Aspen Plus® é um simulador da AspenTech, líder de simulação de processos da indústria química, presente há mais de 35 anos no mercado



SIMULAÇÃO DA COLUNA – FLUXOGRAMA

ESQUEMA DE PROCESSO

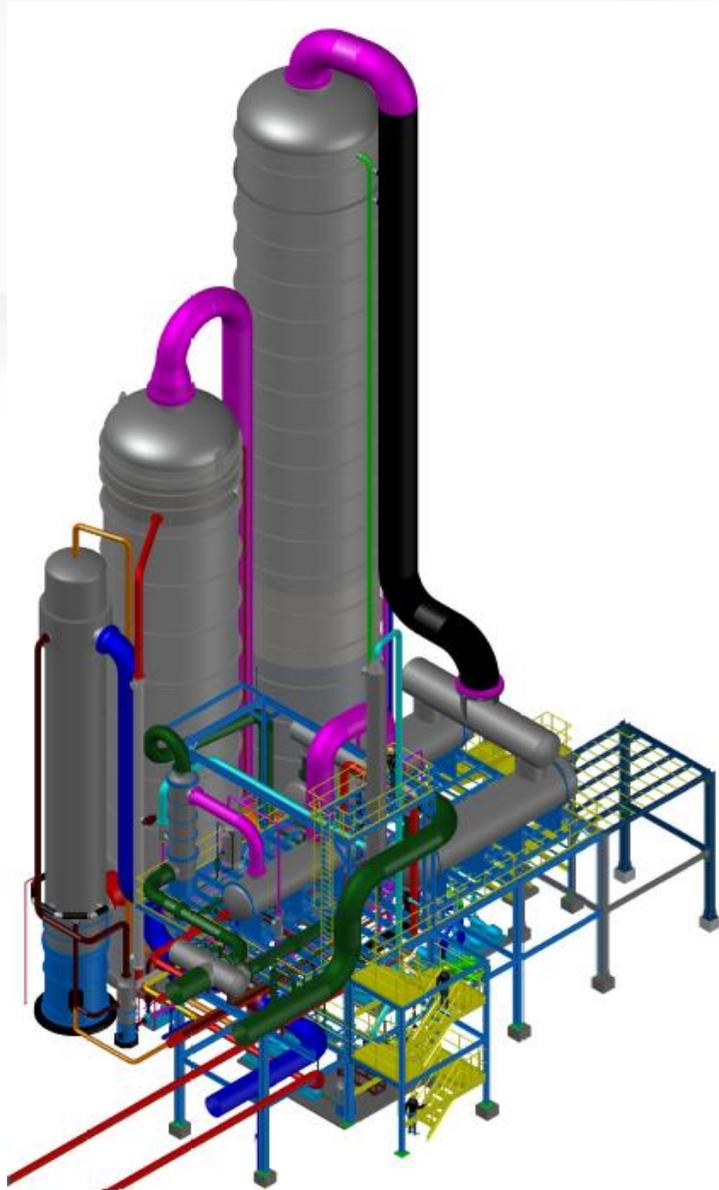


SIMULAÇÃO DA COLUNA – OUTPUTS

		Units	V1	VAPORA	FLEGMA	VINHO	ETANOL	VINHACA
+ Mole Flows	kmol/hr		1993,45	2053,81	1942,97	10455,7	681,479	11828,1
+ Mole Fractions								
+ Mass Flows	kg/hr		83157,2	37000	52927,4	204515	28428,1	213087
- Mass Fractions								
WATER			0,067022	1	0,443869	0,8703	0,0670235	0,999988
ETHANOL			0,932978	0	0,556131	0,1297	0,932976	1,23525e-05
Volume Flow	cum/hr		115595	38567,3	87767,9	214	35,4395	230,736

Conforme dados termodinâmicos é possível atingir um consumo de 1,044 kg vapor/ L etanol. Considerando a premissa de projeto de 1,15 kg vapor/ L etanol. Existe uma segurança de 10%.

DADOS DA COLUNA



Coluna C10:

- 4.500 mm diâmetro
- 25 bandejas
- 100% perfurada

Coluna C40:

- 4.800 mm diâmetro
- 50 bandejas
- 8 calotadas (6 primeiras e as 2 últimas)
- 42 valvuladas

IMPLANTAÇÃO – JUNHO A DEZEMBRO/2022



IMPLANTAÇÃO – JUNHO A DEZEMBRO/2022



IMPLANTAÇÃO – JUNHO A DEZEMBRO/2022



IMPLANTAÇÃO – JUNHO A DEZEMBRO/2022



IMPLANTAÇÃO – JUNHO A DEZEMBRO/2022





Desafios de Montagem:

- Pós pandemia (entrega de material)
- Fazer a montagem com a planta em operação
- Parte da montagem no período de chuva

DADOS OPERACIONAIS

- Vapor utilizado: 0,7 barg (V1)
- Vácuo de trabalho: -0,58 bar a - 0,64 bar
- Vácuo na coluna C10: -0,14 bar a -0,10 bar
- Temperatura na base da coluna C10: 94°C a 96°C
- Vazão mínima de vinho: 70 m³/h (30% da capacidade diária)
- Temperatura do vinho na entrada da coluna: 65 a 75°C
- Vácuo no topo da coluna C40: - 0,54 a -0,50 bar
- Temperatura na bandeja 8 da coluna C40: 70°C a 72°C
- Temperatura no condensador: 47°C a 50°C

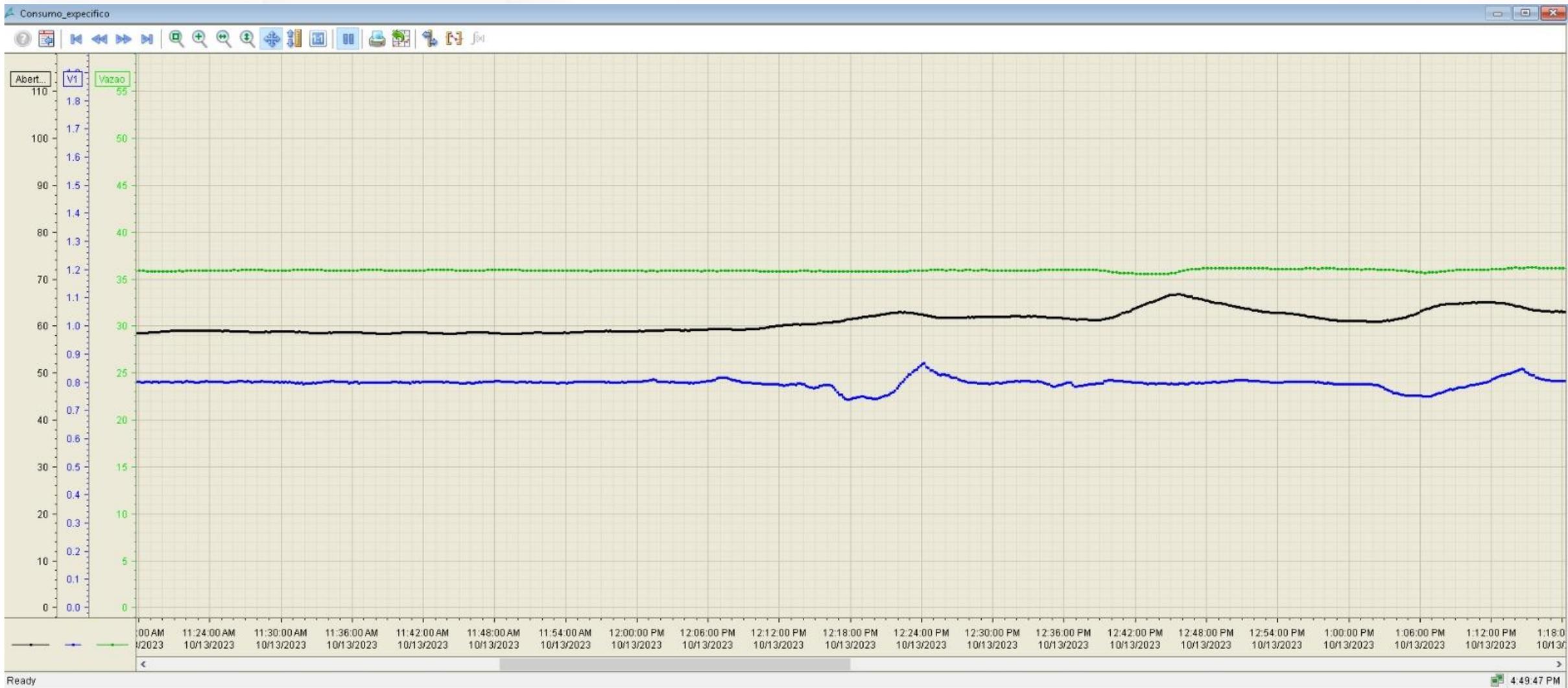
OBSERVAÇÕES OPERACIONAIS

- **Vácuo baixo na base da coluna C10 sinal de aparelho sujo**
- **Oscilação no vácuo na coluna C10 o aparelho está sujo**
- **GL do flegma é sempre menor que o vinho, se subir:**
 - **Excesso de óleo fúsel**
 - **Aparelho sujo**
 - **Ineficiência no sistema de aquecimento**
- **Controle na temperatura no condensador em torno de 47°C, importante melhorar temperatura do vinho**

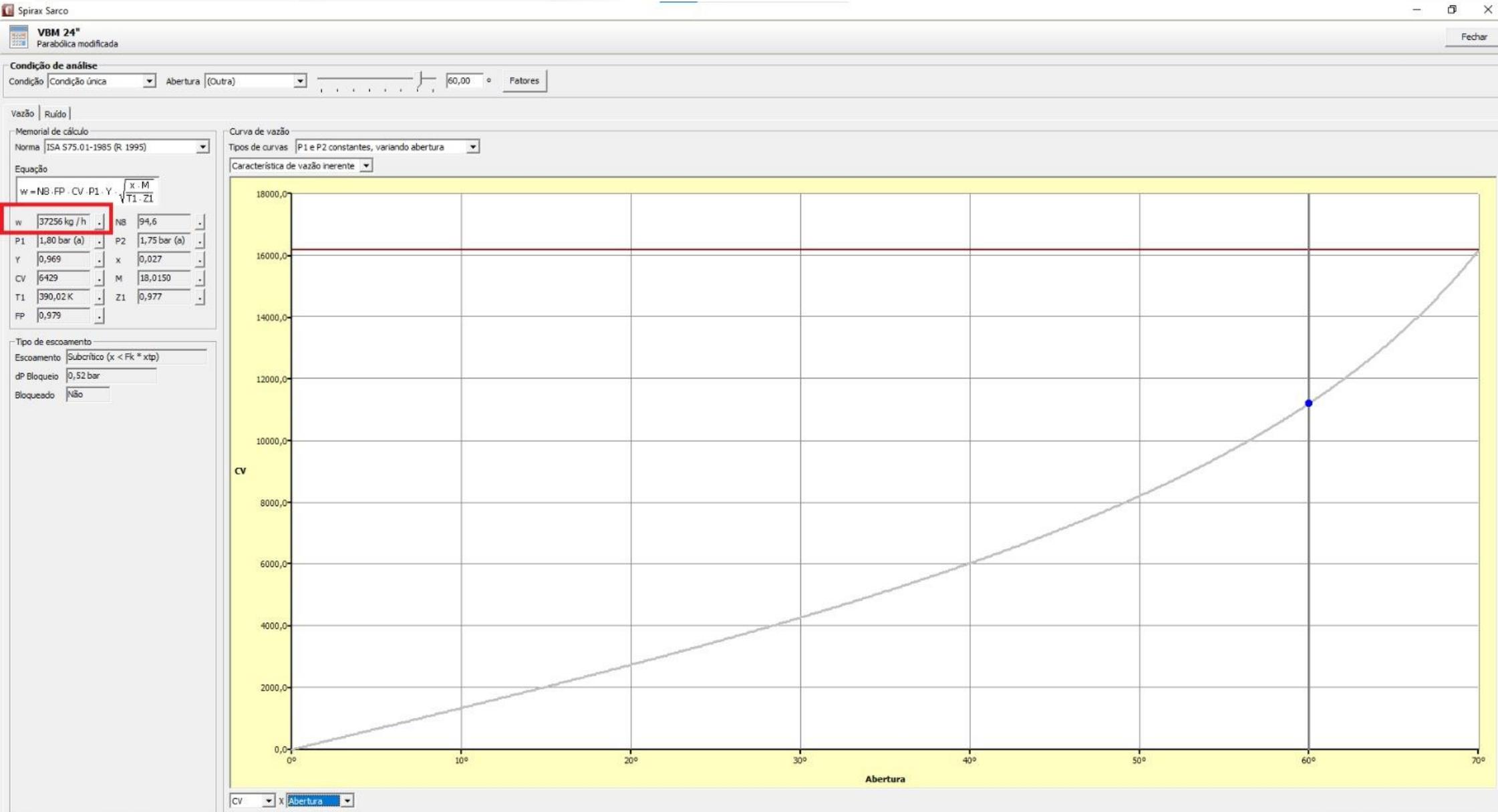
APRENDIZADOS OPERACIONAIS

1. Não havia nível físico na coluna apenas os transmissores
2. Entendimento na partida vapor x vácuo
3. Aumento na vazão de recirculação no aquecedor de vinho para atingir vazão máxima
4. Pela falta de enxergar o nível fisicamente, na primeira fervura de soda houve golpe de Ariete e quebra da 1ª bandeja
5. A importância de manter o monitoramento da temperatura do condensador C410 e C411 para manter temperatura do vinho entre 65°C e 75°C

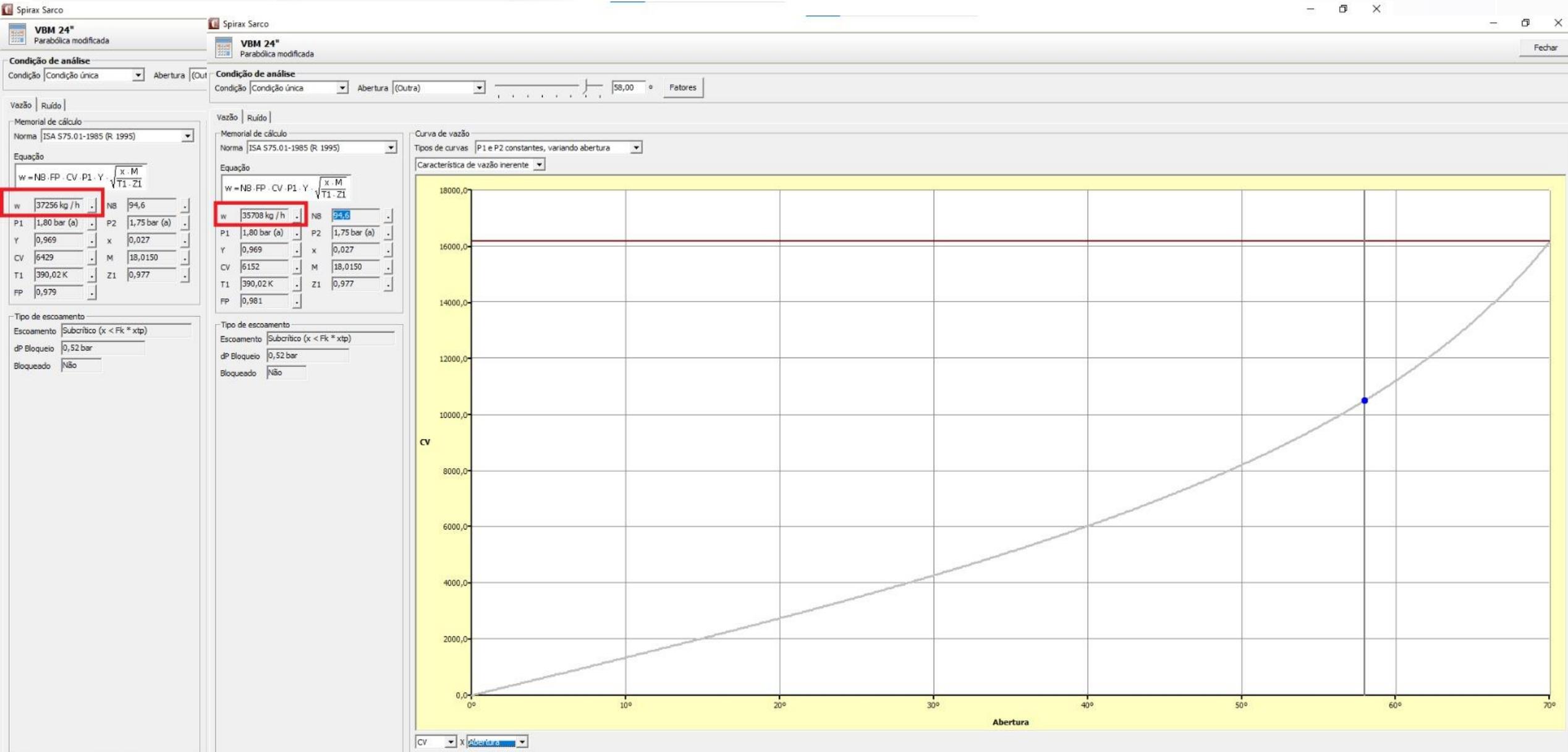
RESULTADOS CONSUMO DE VAPOR



RESULTADOS CONSUMO DE VAPOR



RESULTADOS CONSUMO DE VAPOR



RESULTADOS CONSUMO DE VAPOR

VBM 24"
Parabólica modificada

Condição de análise
Condição Abertura

Vazão

Memorial de cálculo
Norma

Equação
 $w = NB \cdot FP \cdot CV \cdot P1 \cdot Y \cdot \sqrt{\frac{x \cdot M}{T1 \cdot Z1}}$

w	37256 kg / h	NB	94,6
P1	1,80 bar (a)	P2	1,75 bar (a)
Y	0,969	x	0,027
CV	6429	M	18,0150
T1	390,02 K	Z1	0,977
FP	0,979		

Tipo de escoamento
Escoamento

dP Bloqueio

Bloqueado

VBM 24"
Parabólica modificada

Condição de análise
Condição Abertura

Vazão

Memorial de cálculo
Norma

Equação
 $w = NB \cdot FP \cdot CV \cdot P1 \cdot Y \cdot \sqrt{\frac{x \cdot M}{T1 \cdot Z1}}$

w	35708 kg / h	NB	94,6
P1	1,80 bar (a)	P2	1,75 bar (a)
Y	0,969	x	0,027
CV	6152	M	18,0150
T1	390,02 K	Z1	0,977
FP	0,981		

Tipo de escoamento
Escoamento

dP Bloqueio

Bloqueado

VBM 24"
Parabólica modificada

Condição de análise
Condição Abertura ° Fatores

Vazão

Memorial de cálculo
Norma

Equação
 $w = NB \cdot FP \cdot CV \cdot P1 \cdot Y \cdot \sqrt{\frac{x \cdot M}{T1 \cdot Z1}}$

w	36477 kg / h	NB	94,6
P1	1,80 bar (a)	P2	1,75 bar (a)
Y	0,969	x	0,027
CV	6289	M	18,0150
T1	390,02 K	Z1	0,977
FP	0,980		

Tipo de escoamento
Escoamento

dP Bloqueio

Bloqueado

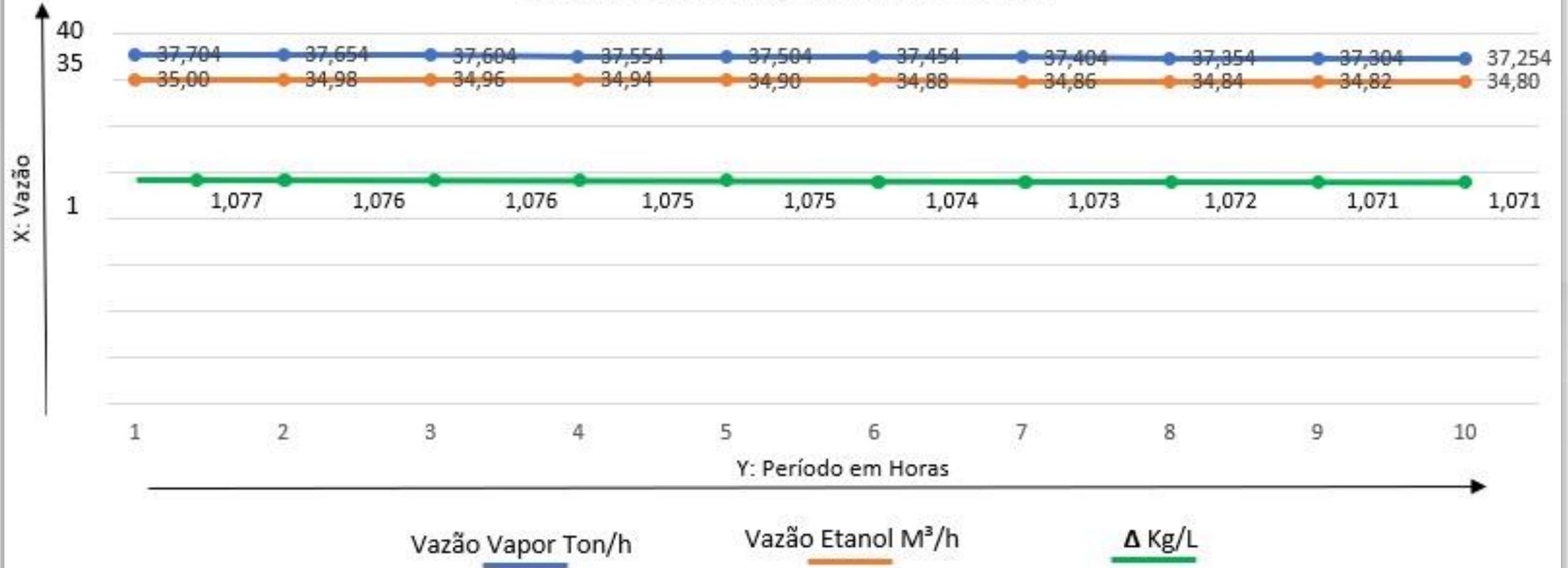
Curva de vazão
Tipos de curvas

Característica de vazão inerente

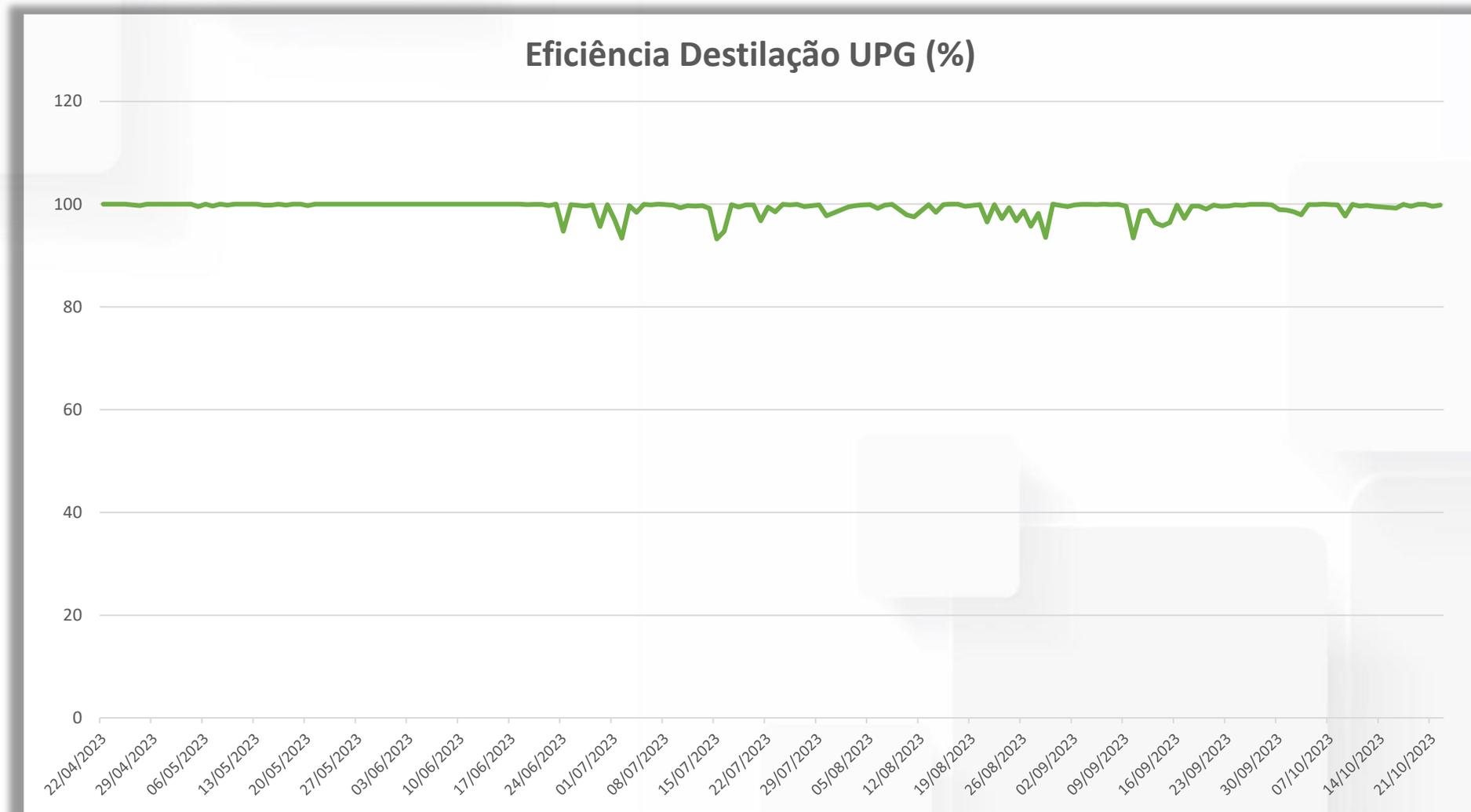
CV x

RESULTADOS CONSUMO DE VAPOR

Relação Vazão Vapor X Vazão Etanol



EFICIÊNCIA DE DESTILAÇÃO



RECORDE

MOAGEM DE GRÃOS

10/09/2023

2005,90

TONELADAS MOÍDAS

OBRIIGADO



 @sjcbioenergia

 @sjcbioenergia

 Rodovia GO 206, Km 18 a Esquerda 2 Km
CP 200 - ZONA RURAL
CEP: 75860-000
Quirinópolis - GO

 (64) 3615-9500 - QUIRINÓPOLIS
(64) 3434-7000 - CACHOEIRA DOURADA

 (64) 3615-9509 - FAX

 SJC BIOENERGIA.COM.BR