

REVISÃO NA MOENDA

14º SBA

SEMINÁRIO BRASILEIRO AGROINDUSTRIAL
A USINA DA SUPERAÇÃO

Centro de Eventos Taiwan – Ribeirão Preto – SP
30/10/2013



Delfini Consultoria e Projetos Industriais Ltda

paulo@delfini.com.br

19 98166-7000



Delfini Consultoria e Projetos Industriais Ltda

Índice

Limpeza de cana – evolução e resultados.....	03
Opções de preparo de cana X processo de extração.....	37
Controle do nível de cana na calha Donnelly do 1º terno.....	51
Componentes das moendas – mancais, rodetes, cabeçotes, eixos, flanges.....	74
Quebra de parafusos dos flanges do rolo superior.....	103
Revestimentos de solda nos componentes das moendas.....	114
Automação da operação das moendas/equalização oscilações.....	130
Capacidade e extração – moendas e difusores de cana e de bagaço.....	148



Delfini Consultoria e Projetos Industriais Ltda

Limpeza de cana – evolução e resultados

Limpeza de cana – evolução/resultados



Origem dos primeiros sistemas instalados no Brasil

- Início do desenvolvimento – começo dos anos 90
- Baseado na experiência da agroindústria cubana
- Separação por sopragem de ar e ação mecânica
- Dois primeiros sistemas:
 - Usina Santa Teresa (Pernambuco)
 - Usina Quatá (São Paulo)

Limpeza de cana – evolução/resultados

Tecnologia das Estações de Transbordo de Cuba

Usina Santa Teresa – Pernambuco:

- Sopragem de ar na mesa alimentadora (1)
- Sopragem de ar na transferência entre correias (2)
- Mesa alimentadora convencional e espalhador rotativo
- Picador de cana no final do 1º transportador de correia
- Sem câmaras de coleta de impurezas
- Sem sistema para transporte das impurezas separadas

Limpeza de cana – evolução/resultados

Tecnologia das Estações de Transbordo de Cuba



Limpeza de cana – evolução/resultados

Desenvolvimento da Tecnologia na Açucareira Quatá

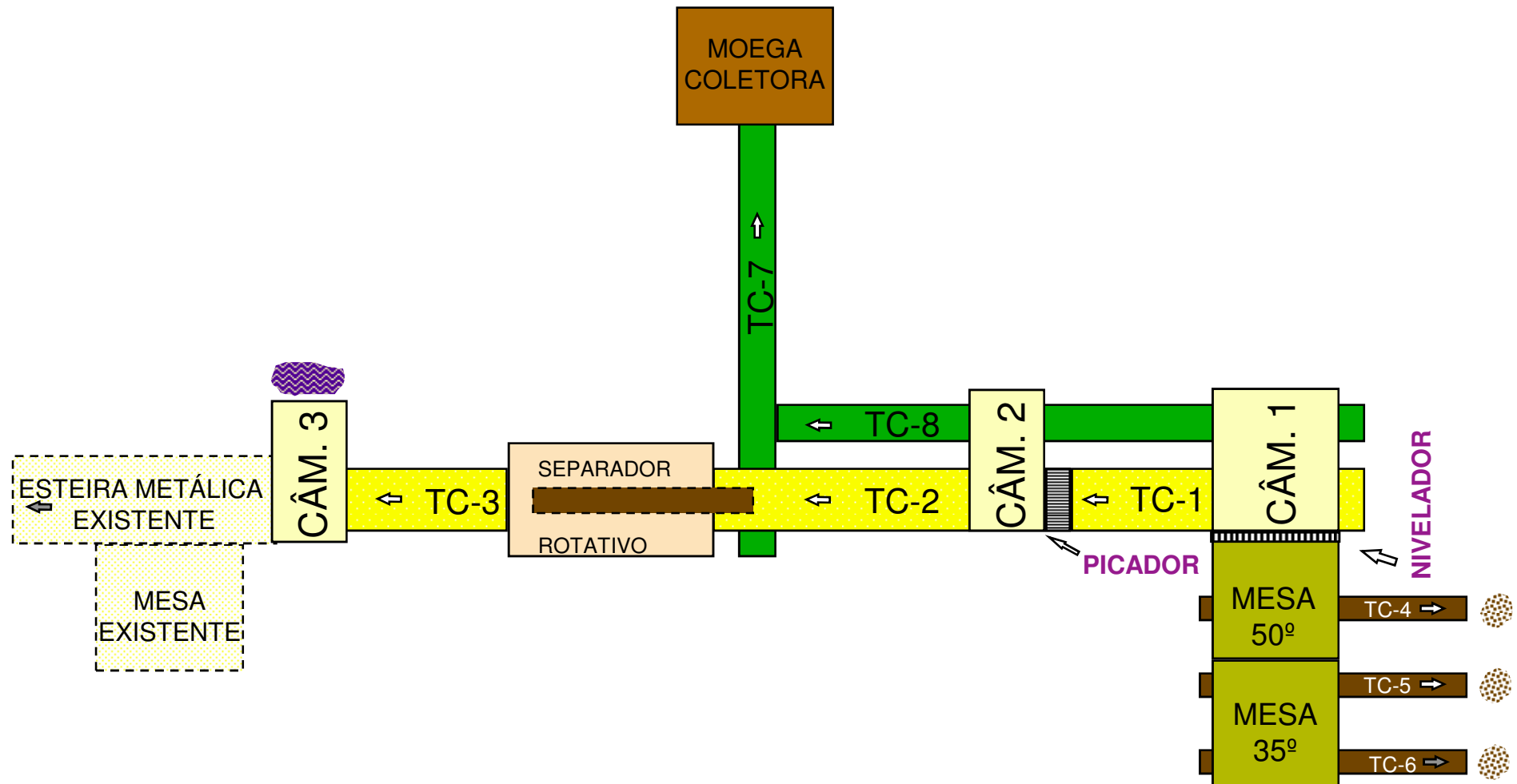
Usina Quatá – São Paulo:

- Sopragem de ar na mesa alimentadora (1)
- Sopragem de ar na transferência entre correias (2)
- Mesa alimentadora 45° e nivelador
- Picador de cana no final do 1º transportador de correia
- Câmaras de coleta de impurezas na mesa
- Câmaras de coleta na 1ª transferência entre correias
- Separador rotativo para impurezas minerais
- Transporte das impurezas para moega de descarte

Limpeza de cana – evolução/resultados

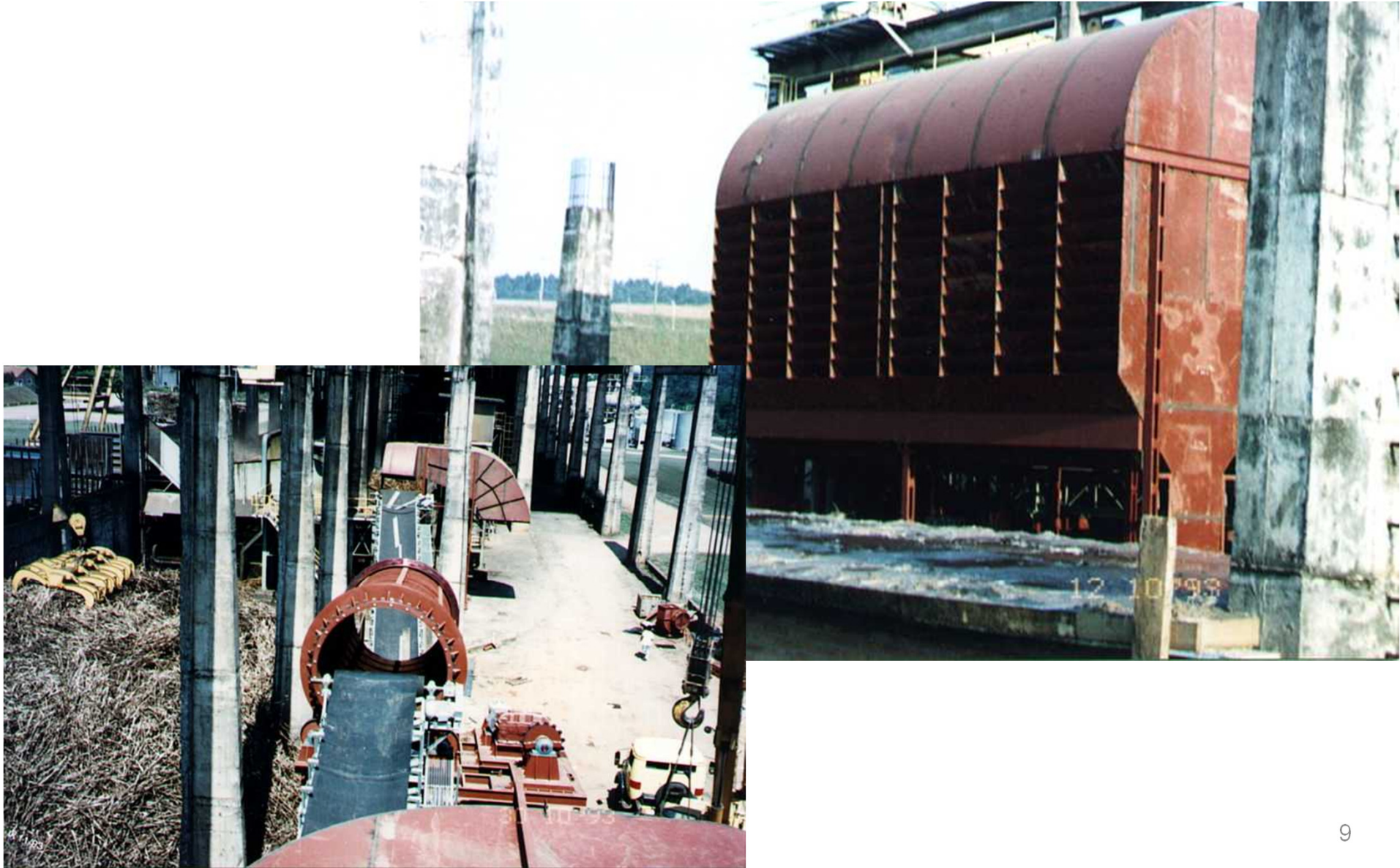


Açucareira Quatá – Instalação Inicial



Limpeza de cana – evolução/resultados

Açucareira Quatá – Instalação Inicial



Limpeza de cana – evolução/resultados

Açucareira Quatá – Principais Alterações

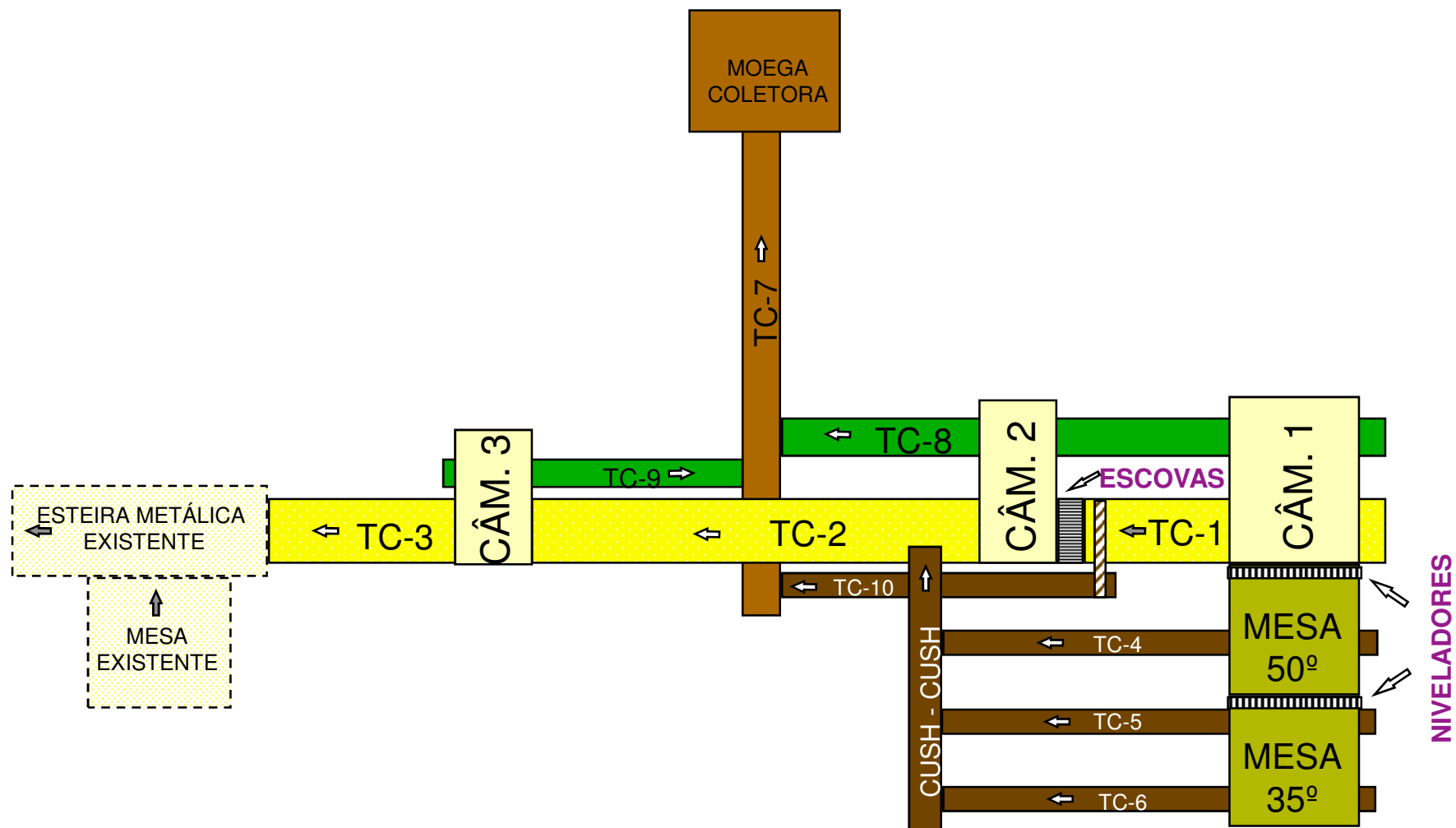
Usina Quatá – Modificações:

- Retirada do picador de cana no final do 1º transportador
- Instalação de escovas no lugar das facas
- Alterações na câmara de coleta de impurezas na mesa
- Instalação de câmara de coleta na 2ª transferência entre correias
- Retirada do separador rotativo para impurezas minerais
- Sistema de recuperação de cana das impurezas separadas pelas mesas

Limpeza de cana – evolução/resultados



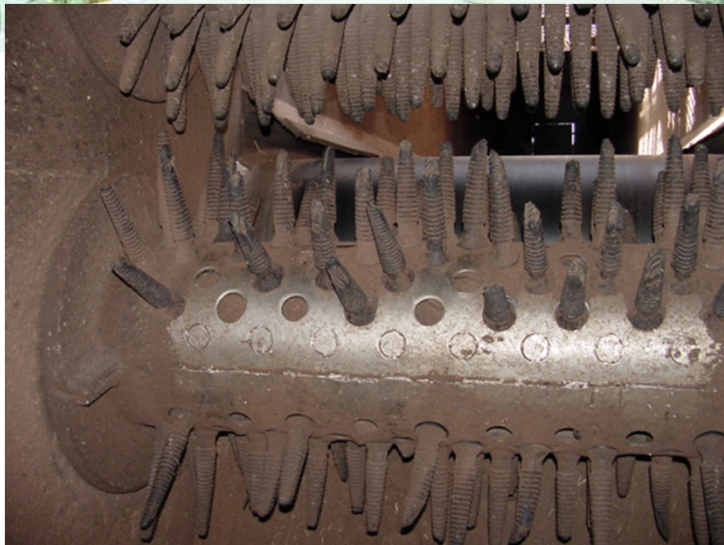
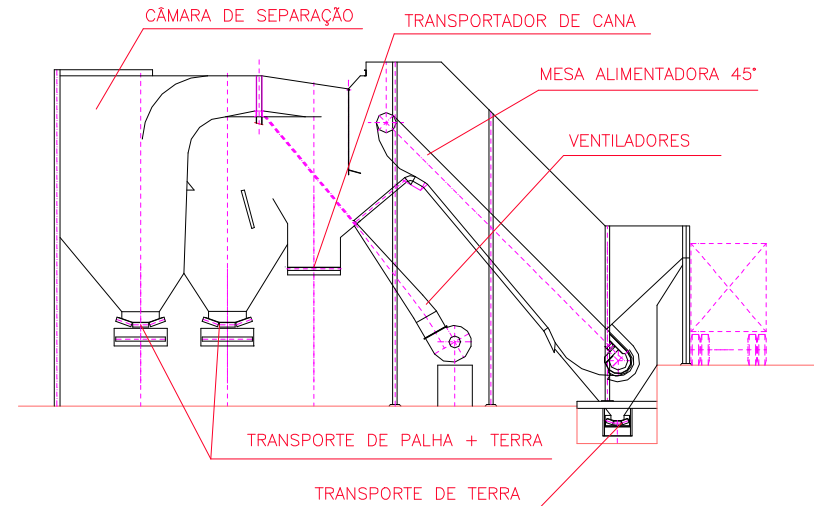
Açucareira Quatá – Instalação Modificada



Limpeza de cana – evolução/resultados



Açucareira Quatá – Instalação Modificada e Experimentos



Limpeza de cana – evolução/resultados



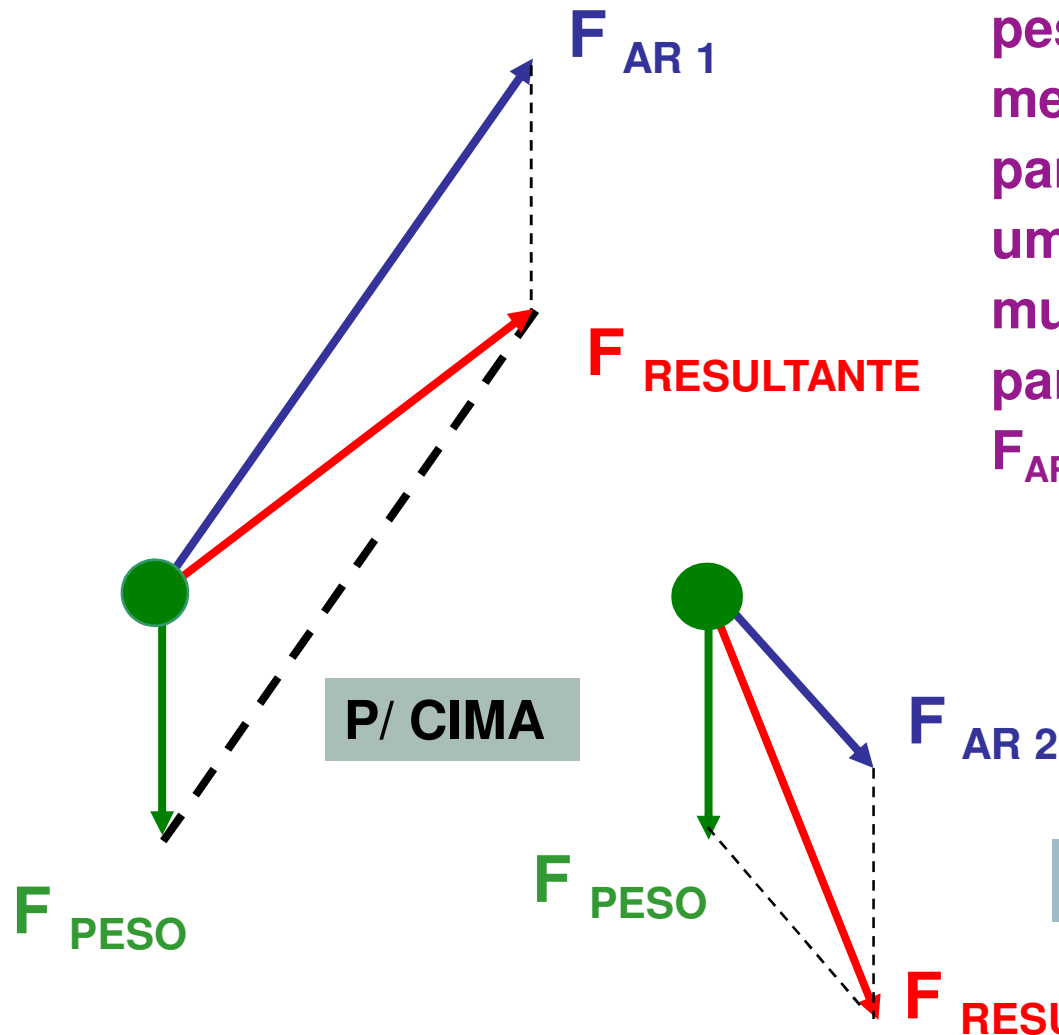
Açucareira Quatá – Eficiência após Alterações – Safra 01/02

Cana Picada		Ventilada	Parcialmente Ventilada	Não Ventilada
Quantidade de testes		4	4	4
Cana processada (t/h)		201,43	150,44	111,07
Impurezas na cana	Mineral (%)	1,45	1,91	2,38
	Vegetal (%)	5,75	10,88	21,57
Eficiência de Separação (Base seca)	Mineral (%)	45,44	63,09	71,73
	Vegetal (%)	55,13	56,35	59,92
	Total (%)	46,31	45,03	59,71

Safra 01/02 – Açucareira Quatá

Limpeza de cana – evolução/resultados

Pontos Positivos do Desenvolvimento – Direção da Sopragem



Para partícula com o mesmo peso (F_{PESO}), pode-se obter a mesma força atuante na partícula ($F_{RESULTANTE}$) a partir de uma força aplicada pelo ar (F_{AR}) muito menor se aplicada de cima para baixo, a favor da gravidade $F_{AR\ 2} \ll F_{AR\ 1}$

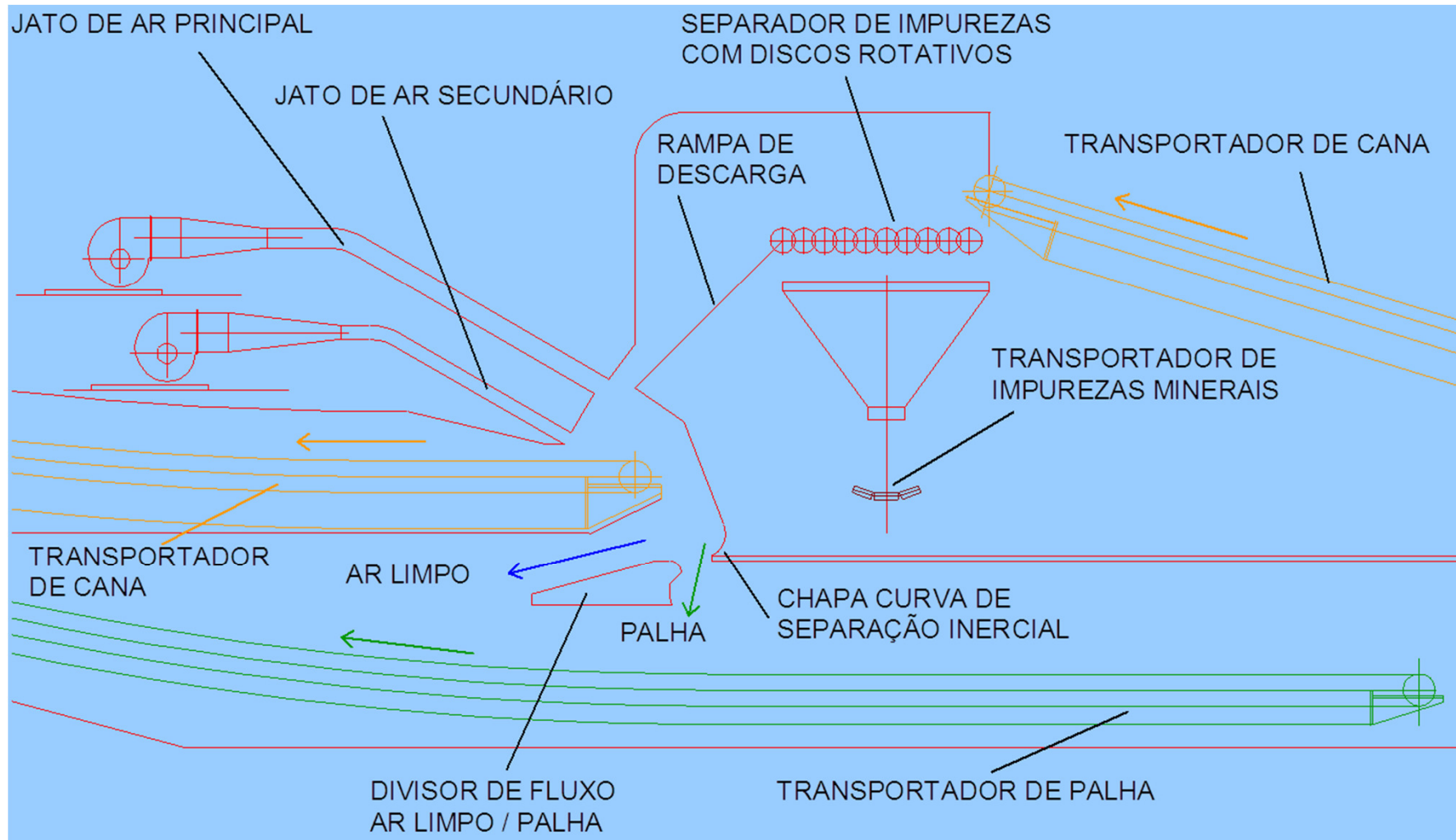
RESULTADOS:

- Maior eficiência
- Menor consumo de potência

Limpeza de cana – evolução/resultados



Direção e Posição da Sopragem na Transferência de TCs



Limpeza de cana – evolução/resultados



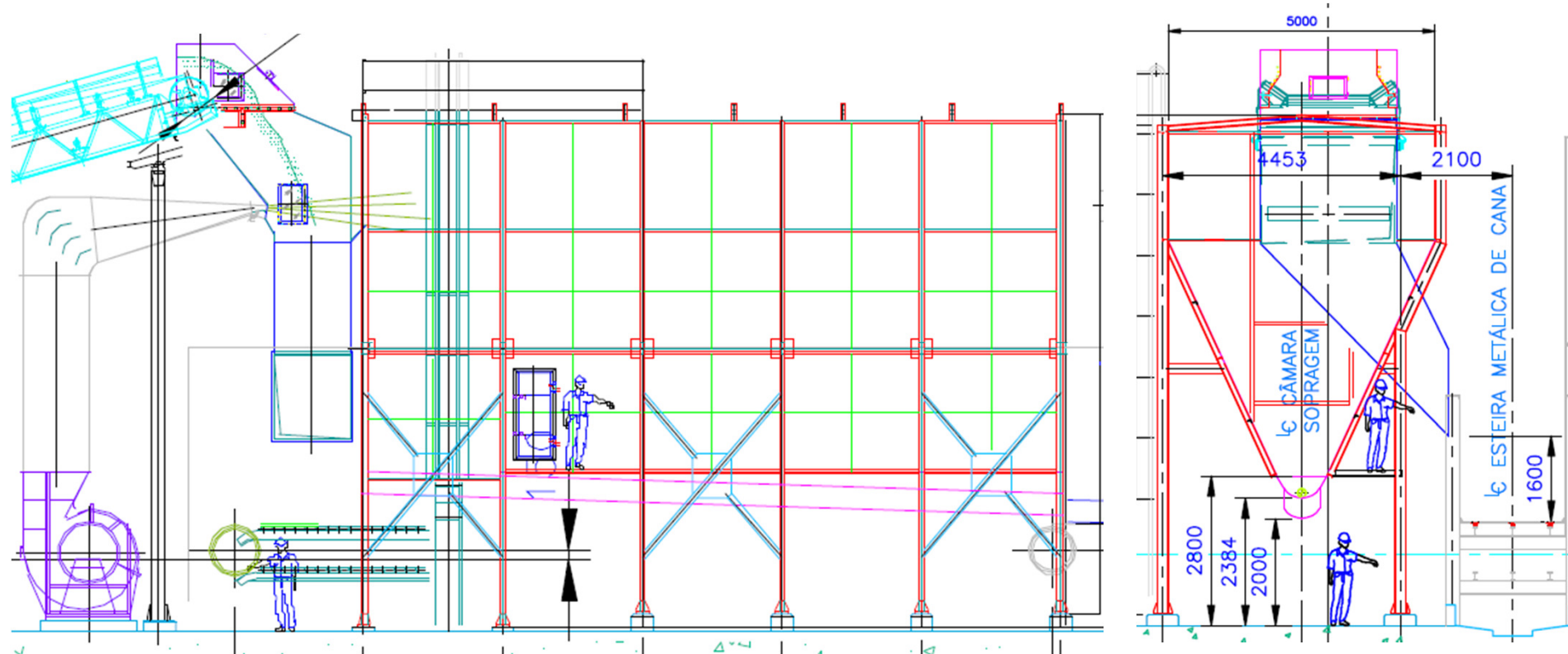
Direção e Posição da Sopragem na Transferência de TCs



Limpeza de cana – evolução/resultados



Pontos Positivos do Desenvolvimento – Separação no TC



Separação na descarga da correia transportadora mostrou uma eficiência maior que na descarga da mesa 45°

Limpeza de cana – evolução/resultados



Pontos Positivos do Desenvolvimento – Separação no TC

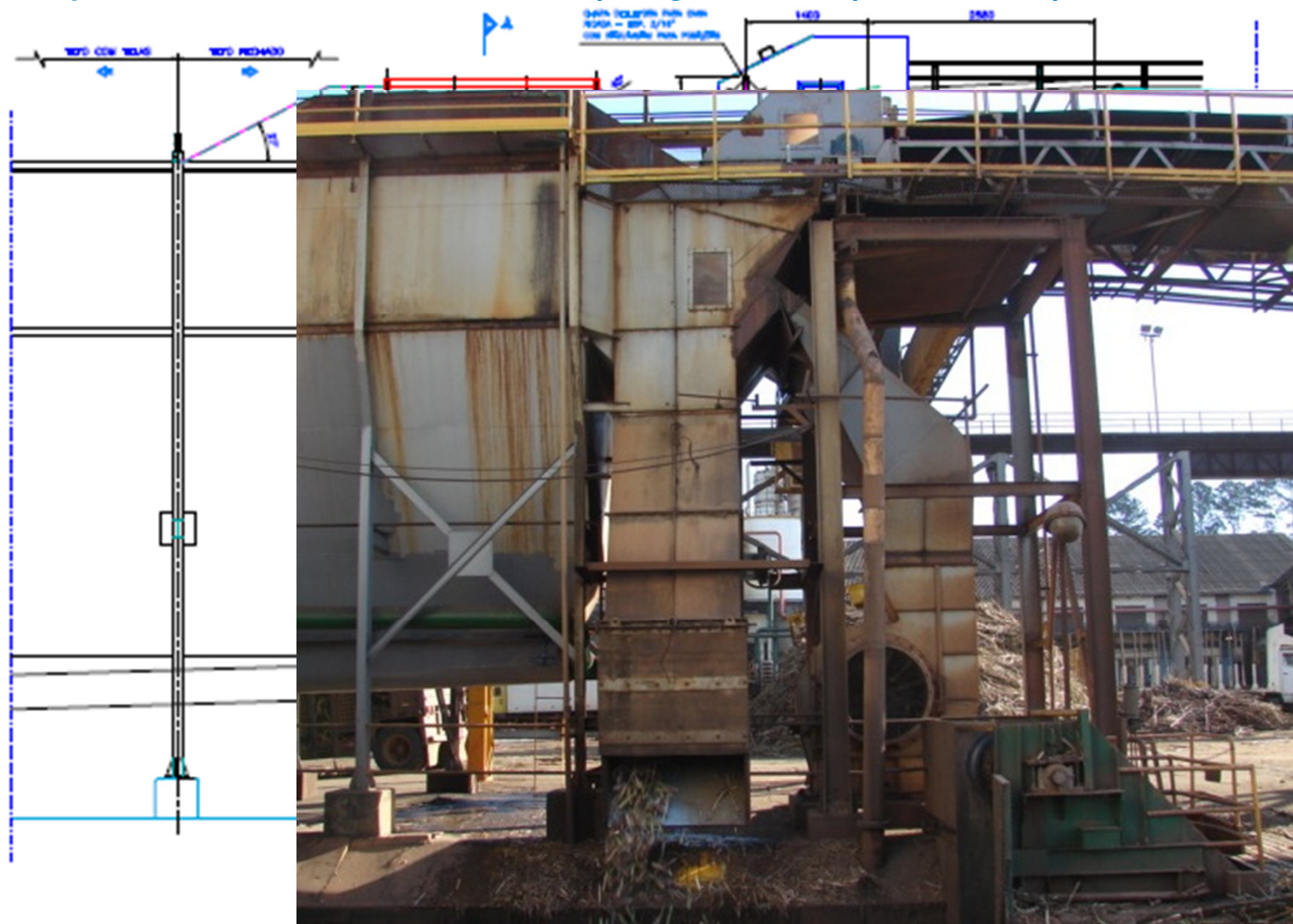


Separação Simples na descarga do TC – Usina Rafard

Limpeza de cana – evolução/resultados



Determinação da Eficiência com Sopragem Simples e Dupla

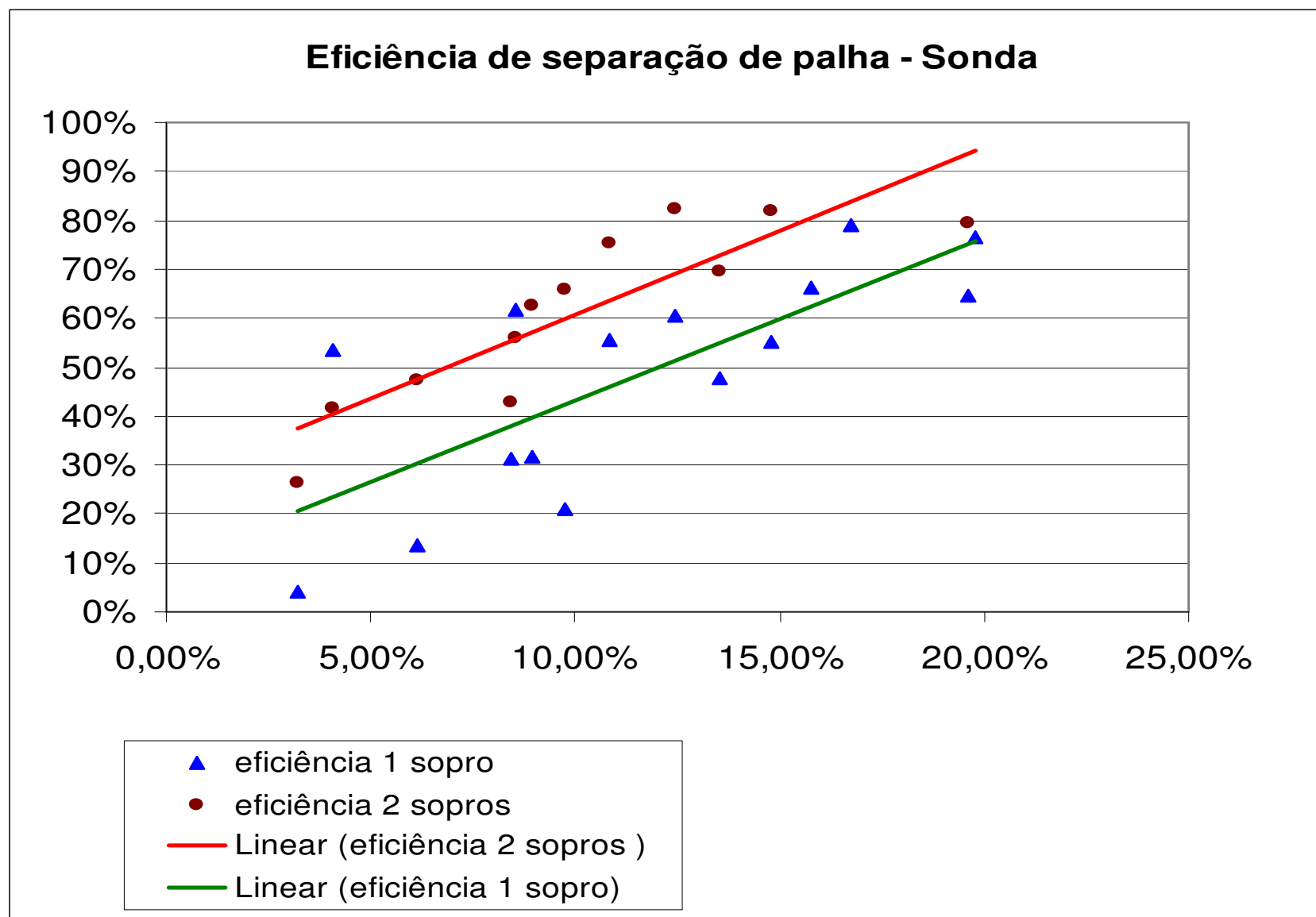


Ensaio na Usina Rafard – Eficiência com 1 e 2 sopragens 19

Limpeza de cana – evolução/resultados



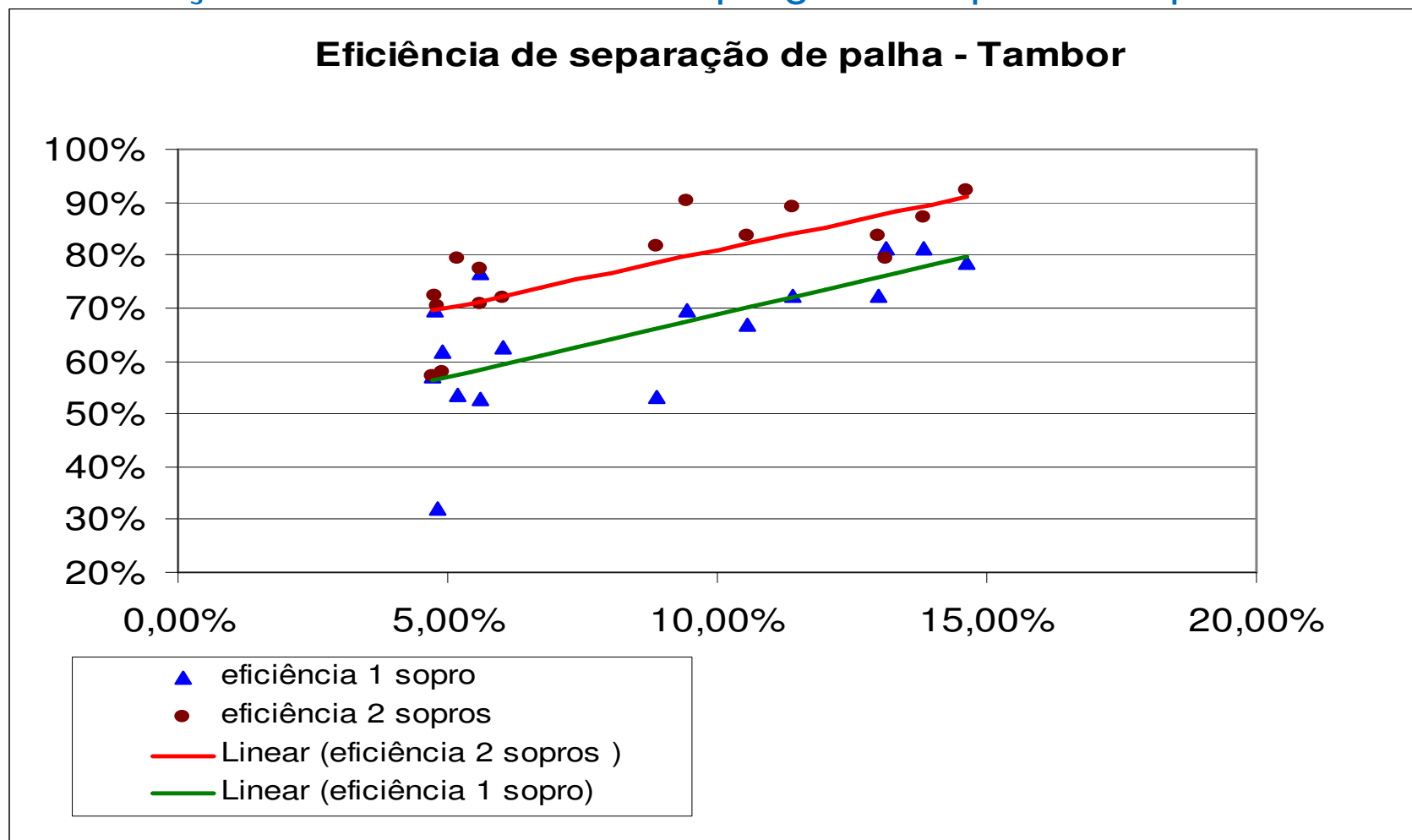
Determinação da Eficiência com Sopragem Simples e Dupla



Limpeza de cana – evolução/resultados



Determinação da Eficiência com Sopragem Simples e Dupla



A EFICIÊNCIA DO SISTEMA DE LIMPEZA DEPENDE DO NÍVEL DE IMPUREZAS NA CANA

Limpeza de cana – evolução/resultados

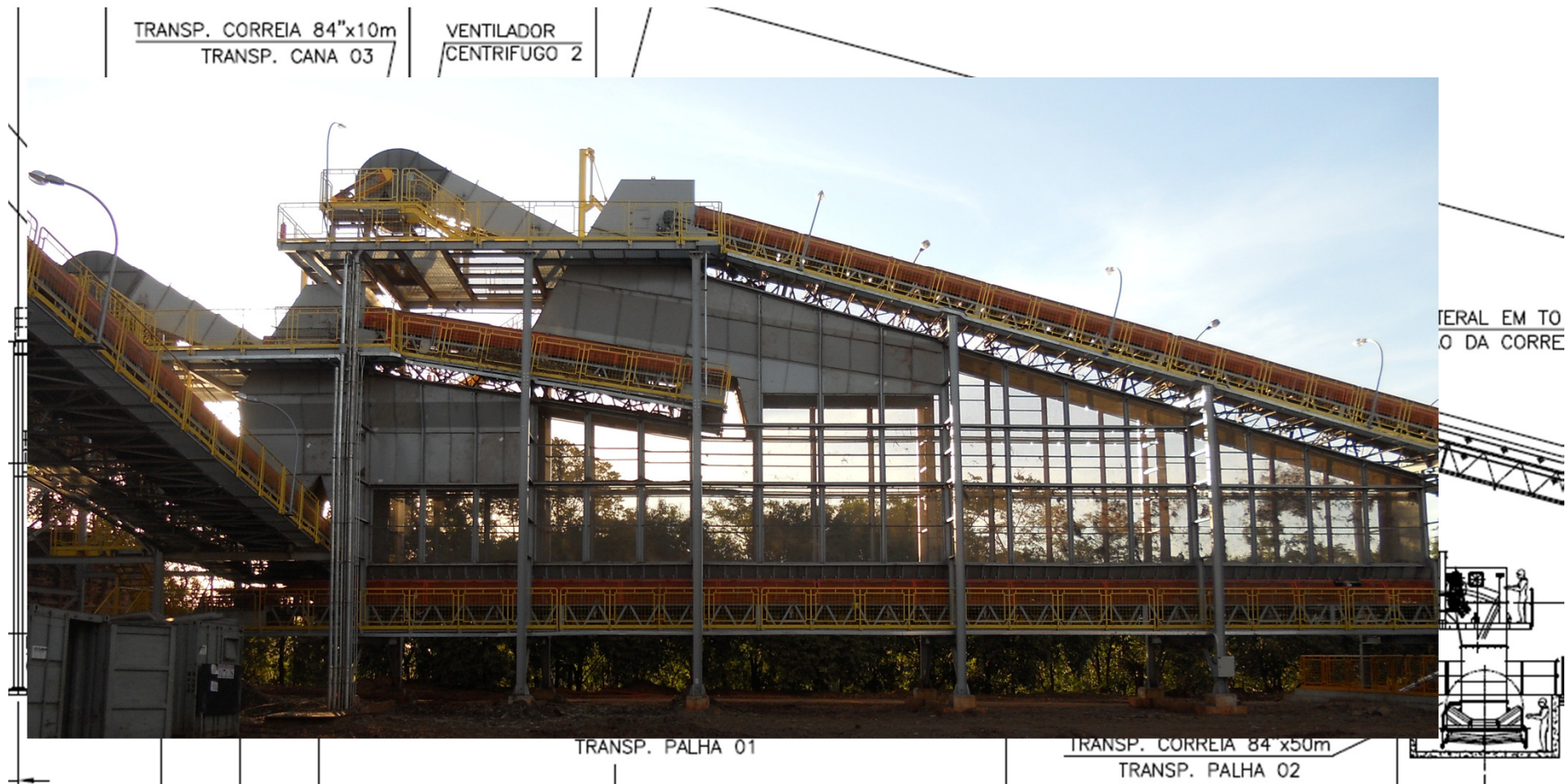
Conclusões e definições para o projeto do sistema

- A eficiência do sistema de limpeza a seco é fortemente influenciado pelo nível original de impurezas na cana
- Dois estágios de sopragem são suficientes para conseguir uma eficiência satisfatória (para 12 ~ 13 % de impurezas vegetais na cana)
- Um bom projeto, adicionando pontos positivos permitiriam:
 - Eficiência de 40 % - cana com 6 % de impurezas
 - Eficiência de 80 % - cana com 13 % de impurezas
- Para qualquer nível de impurezas na cana o sistema deve entregar cana com ~3 % impurezas.

Limpeza de cana – evolução/resultados



Concepção do Sistema de Limpeza nas Unidades Raízen



Limpeza de cana – evolução/resultados

Cálculo da extração quando utilizando sistema de limpeza a seco

- O método convencional de cálculo da extração considera peso constante de fibra ao longo do processo de extração.
- Com a limpeza a seco, parte da fibra é removida antes do processo de extração resultando num menor peso de fibra no bagaço final.
- Assim, a equação para determinar bagaço % cana baseado nesta condição se torna incorreta, pois: $Q_c \times F_c \neq Q_b \times F_b$
- Como o peso de fibra no bagaço final é menor, o bagaço % cana real é menor que o calculado pela equação tradicional.
- Portanto, se a cana a ser analisada é amostrada antes do sistema de limpeza, a extração calculada é sub estimada.
- Se a cana é amostrada depois do sistema, as perdas na limpeza estarão sendo negligenciadas

Limpeza de cana – evolução/resultados

Avaliação do sistema de limpeza – Unidade Serra – 2012 e 2013

- Foram realizados 2 conjuntos de ensaios na Safra 2012 e mais 1 conjunto na Safra 2013 na Unidade Serra.
- No primeiro conjunto de ensaios na Safra 2012 foram realizados de 2 a 3 ensaios diários, durante 4 dias, com o sistema de limpeza paralisado por 6 dias, com amostragens em todo o processo de fabricação, seguido de 6 dias com o sistema operando, com amostragens durante 4 dias.
- O segundo conjunto de ensaios (1 na Safra 2012 e outro na 2013) teve como foco específico a área de moagem, com 2 testes diários, com o sistema ligado e desligado alternadamente, durante 4 dias consecutivos.
- No segundo conjunto de ensaios o sistema foi alimentado com cana da mesma variedade e de mesmas frentes.

Limpeza de cana – evolução/resultados



Avaliação do sistema de limpeza – Unidade Serra – 2012 e 2013

Condições da Matéria Prima

Condição do Ensaio Parâmetros / Datas	SEM LIMPEZA				Total / Média	COM LIMPEZA				Total / Média
	03/set	04/set	05/set	06/set		03/set	04/set	05/set	06/set	
Peso de Cana / Ensaio (t)	282,5	284,0	259,1	285,2	1.111	249,6	278,8	273,4	254,3	1.056
Moagem (tch)	470,8	355,0	388,7	450,3	411,4	468,1	440,3	431,7	372,1	425,3
Fibra % Cana - Caminhão	13,23	11,53	11,68	12,33	12,20	12,90	12,16	11,95	12,61	12,39
Fibra % Cana - Esteira	12,85	12,00	12,11	12,77	12,44	13,19	10,93	11,57	11,58	11,79
Pol % Cana - Caminhão	15,22	16,80	15,35	15,17	15,64	15,56	15,93	16,14	14,87	15,64
Pol % Cana - Esteira	14,91	16,43	15,05	14,25	15,16	15,15	16,50	16,29	15,26	15,83
Impureza Mineral (kg/tc) - Caminhão	4,95	3,03	5,66	2,61	4,02	4,39	5,98	9,64	4,50	6,20
Impureza Mineral (kg/tc) - Esteira	4,15	2,38	4,40	2,84	3,42	2,74	2,18	1,47	1,77	2,03
Impureza Vegetal (%) - Caminhão	5,21	2,71	2,67	3,82	3,62	3,42	6,41	2,22	3,34	3,88
Impureza Vegetal (%) - Esteira	3,04	3,31	2,02	4,29	3,19	1,54	1,48	0,74	1,64	1,34
Impureza Total (%) - Caminhão	6,44	3,46	3,17	4,07	4,31	3,90	6,27	2,87	3,39	4,14
Impureza Total (%) - Esteira	3,47	3,60	2,44	4,80	3,61	1,83	1,88	0,95	2,88	1,87

2012

Condição do Ensaio Parâmetros / Datas	SEM LIMPEZA				Total / Média	COM LIMPEZA				Total / Média
	09/set	10/set	11/set	12/set		09/set	10/set	11/set	12/set	
Peso de Cana / Ensaio (t)	69,5	126,5	127,7	110,6	434,2	50,6	148,5	111,2	111,0	421,4
Moagem (tch)	231,5	421,7	425,7	331,7	369,5	168,8	469,0	351,0	350,7	370,6
Fibra % Cana - Caminhão	13,42	14,37	13,62	13,33	13,73	11,80	13,72	14,51	13,83	13,72
Fibra % Cana - Esteira	13,35	14,89	15,07	13,49	14,34	12,52	13,31	13,07	12,71	12,99
Pol % Cana - Caminhão	14,85	14,35	14,93	14,41	14,61	14,69	15,17	14,62	13,20	14,45
Pol % Cana - Esteira	14,17	14,67	14,25	14,18	14,34	14,23	14,87	14,84	14,90	14,79
Impureza Mineral (kg/tc) - Caminhão	5,31	5,30	2,77	4,50	4,36	8,43	4,99	3,82	5,06	5,11
Impureza Mineral (kg/tc) - Esteira	3,85	4,50	4,81	5,12	4,65	1,52	2,79	2,49	3,85	2,84
Impureza Vegetal (%) - Caminhão	5,05	8,72	6,91	5,94	6,89	8,93	8,26	6,75	6,54	7,49
Impureza Vegetal (%) - Esteira	7,04	9,05	8,20	5,85	7,67	2,74	3,46	2,96	2,10	2,88
Impureza Total (%) - Caminhão	6,09	10,23	7,83	7,05	8,05	10,27	9,97	7,89	7,62	8,84
Impureza Total (%) - Esteira	6,97	9,74	8,51	6,53	8,12	3,02	4,03	3,19	2,73	3,34

2013

Limpeza de cana – evolução/resultados



Avaliação do sistema de limpeza – Unidade Serra – 2012 e 2013
Terra e Palha retiradas na Limpeza

Condição do Ensaio	COM LIMPEZA				Total / Média
	03/set	04/set	05/set	06/set	
Parâmetros / Datas					2012
Peso de Cana / Ensaio (t)	249,6	278,8	273,4	254,3	1.056
Peso de Terra Retirada (Kg)	540	620	600	520	2.280
Fibra % Terra Retirada	42,38	42,71	44,93	51,29	45,27
Pol Perdida na Terra (kg)	61	59	59	55	234
% Pol Perdido na Terra	0,15	0,13	0,13	0,14	0,14
Peso de Palha Retirada (kg)	2.840	6.460	3.800	4.260	17.360
Umidade da Palha (%)	18,89	18,11	34,46	38,65	27,47
Fibra % Palha	72,78	74,98	59,71	52,63	65,79
Impureza Mineral % Palha Retirada	0,78	4,67	3,22	4,65	3,71
Pol Perdida na Palha (kg)	129	281	171	219	800
% Pol Perdido na Palha	0,32	0,62	0,38	0,56	0,47
Condição do Ensaio	COM LIMPEZA				Total / Média
	09/set	10/set	11/set	12/set	
Parâmetros / Datas					2013
Peso de Cana / Ensaio (t)	50,6	148,5	111,2	111,0	421
Peso de Terra Retirada (Kg)	180	580	360	320	1.440
Fibra % Terra Retirada	35,26	46,73	40,77	34,82	40,64
Pol Perdida na Terra (kg)	19	61	34	34	147
% Pol Perdido na Terra	0,25	0,26	0,20	0,21	0,23
Peso de Palha Retirada (kg)	2.240	3.080	3.190	2.980	11.490
Umidade da Palha (%)	47,52	38,96	36,73	38,88	39,38
Fibra % Palha	49,94	53,03	54,82	53,16	53,17
Impureza Mineral % Palha Retirada					
Pol Perdida na Palha (kg)	76	219	185	124	637
% Pol Perdido na Palha	0,71	1,15	0,93	0,74	0,96

Limpeza de cana – evolução/resultados



Avaliação do sistema de limpeza – Unidade Serra – 2012 e 2013

Eficiência de Limpeza

2012

EFICIÊNCIA DO SISTEMA	Média
Ton de cana	1.056
Peso de palha retirada ton	17,4
Peso de terra retirada ton	2,28
Impureza mineral PCTS %	0,62
Impureza vegetal PCTS %	3,88
Impureza Total PCTS %	4,14
Impureza mineral Esteira %	0,20
Impureza vegetal Esteira %	1,34
Impureza Total Esteira %	1,87
% Redução mineral Base análise	62,88
% Redução vegetal Base análise	66,06
% Redução total Base análise	55,63

2013

EFICIÊNCIA DO SISTEMA	Média
Ton de cana	421
Peso de palha retirada ton	11,5
Peso de terra retirada ton	1,44
Impureza mineral PCTS %	0,51
Impureza vegetal PCTS %	7,49
Impureza Total PCTS %	8,84
Impureza mineral Esteira %	0,28
Impureza vegetal Esteira %	2,88
Impureza Total Esteira %	3,34
% Redução mineral Base análise	42,65
% Redução vegetal Base análise	62,68
% Redução total Base análise	63,32

45,4*

55,1*

46,3*

* Melhores resultados da Quatá

Limpeza de cana – evolução/resultados



Avaliação do sistema de limpeza – Unidade Serra – 2012 e 2013

Ganho de Extração

2012

Condição do Ensaio	SEM LIMPEZA				Total / Média	COM LIMPEZA				Total / Média	Diferença Absoluta
	EXTRAÇÃO % POL / Datas	03/set	04/set	05/set		06/set	03/set	04/set	05/set		
Extração - Cana Caminhão	96,09	96,54	96,55	96,79	96,49	96,99	96,76	97,11	96,63	96,87	0,38
Extração - Cana Esteira	96,13	96,31	96,36	96,46	96,31	96,83	97,19	97,23	96,99	97,06	0,75
CÁLCULO DA EXTRAÇÃO PELO PESO DE POL E FIBRA NO PROCESSO											
Fibra % Cana - Caminhão	12,39				Peso de Pol no Bagaço (t)				4,71		
Peso de cana nos ensaios (t)	1056				Pol % Cana - Caminhão				15,64		
Peso de Fibra - Caminhão	130,85				Peso de Pol - Caminhão (t) - A				165,18		
Peso de Palha Retirada (t)	17,36				Pol % Cana - Esteira				15,83		
Fibra % Palha Retirada	65,79				Peso de Cana na Esteira (t)				1039		
Peso de Fibra na Palha Retirada (t)	11,42				Peso de Pol na Cana na Esteira (t) - B				164,44		
Peso de Fibra na Entrada da Moenda (t)	119,43				Extração % Pol - A				97,15		
Fibra % Cana Entrada da Moenda	11,50				Extração % Pol - B				97,13		
Fibra % Bagaço	48,86				Perda de Pol Impregnada na Palha				0,30		
Peso de Bagaço (t)	244,42				Pol Impregnada na Palha Recuperavel				0,29		
Pol % Bagaço	1,93				Ganho na Extração				0,82		
					Ganho do Sistema (Extração - Perda Limpeza)				0,53		
		Valor Medido				Valor Calculado					

Limpeza de cana – evolução/resultados



Avaliação do sistema de limpeza – Unidade Serra – 2012 e 2013

Ganho de Extração

2013

Condição do Ensaio	SEM LIMPEZA				Total / Média	COM LIMPEZA				Total / Média	Diferença Absoluta
	EXTRAÇÃO % POL / Datas	09/set	10/set	11/set		12/set	09/set	10/set	11/set		
Extração - Cana Caminhão	96,93	96,32	96,48	96,08	96,40	97,46	97,05	96,56	95,97	96,71	0,31
Extração - Cana Esteira	96,80	96,27	95,92	95,97	96,17	97,22	97,08	96,94	96,71	96,96	0,79
CÁLCULO DA EXTRAÇÃO PELO PESO DE POL E FIBRA NO PROCESSO											
Fibra % Cana - Caminhão	13,72				Peso de Pol no Bagaço (t)	1,79					
Peso de cana nos ensaios (t)	421				Pol % Cana - Caminhão	14,45					
Peso de Fibra - Caminhão	57,83				Peso de Pol - Caminhão (t) - A	60,88					
Peso de Palha Retirada (t)	11,49				Pol % Cana - Esteira	14,79					
Fibra % Palha Retirada	53,17				Peso de Cana na Esteira (t)	410					
Peso de Fibra na Palha Retirada (t)	6,11				Peso de Pol na Cana na Esteira (t) - B	60,62					
Peso de Fibra na Entrada da Moenda (t)	51,72				Extração % Pol - A	97,06					
Fibra % Cana Entrada da Moenda	12,62				Extração % Pol - B	97,05					
Fibra % Bagaço	48,25				Perda de Pol Impregnada na Palha	0,30					
Peso de Bagaço (t)	107,18				Pol Impregnada na Palha Recuperavel	0,29					
Pol % Bagaço	1,67				Ganho na Extração	0,88					
					Ganho do Sistema (Extração - Perda Limpeza)	0,59					
		Valor Medido				Valor Calculado					

Limpeza de cana – evolução/resultados

Avaliação do sistema de limpeza – Unidade Jataí – 2013

PCTS x Esteira	PCTS	Esteira	Diferença
Brix	18,90	20,10	-1,20
PC	13,01	14,32	-1,30
Fibra	13,46	12,68	0,79
Impureza Mineral (kg/tc)	7,14	2,18	4,96
Impureza Total (%)	8,92	3,01	5,91
Impureza Vegetal (%)	7,46	2,53	4,93
Fibra Tanimoto	13,42	12,33	1,09

Eficiência do sistema de palha (Impureza Mineral) Kg/tc	69,4
Eficiência do sistema de palha (Impureza Total) - %	66,2
Eficiência do sistema de palha (Impureza Vegetal) - %	66,1

Limpeza de cana – evolução/resultados



Amostras de cana antes & depois da limpeza – Unidade Serra

ANTES DA LIMPEZA



DEPOIS DA LIMPEZA



Limpeza de cana – evolução/resultados

Unidades instaladas e em operação na Raízen



Limpeza de cana – evolução/resultados



Unidades instaladas e em operação na Raízen



SERRA



JATAÍ

Limpeza de cana – evolução/resultados

Unidades sendo instaladas na Raízen

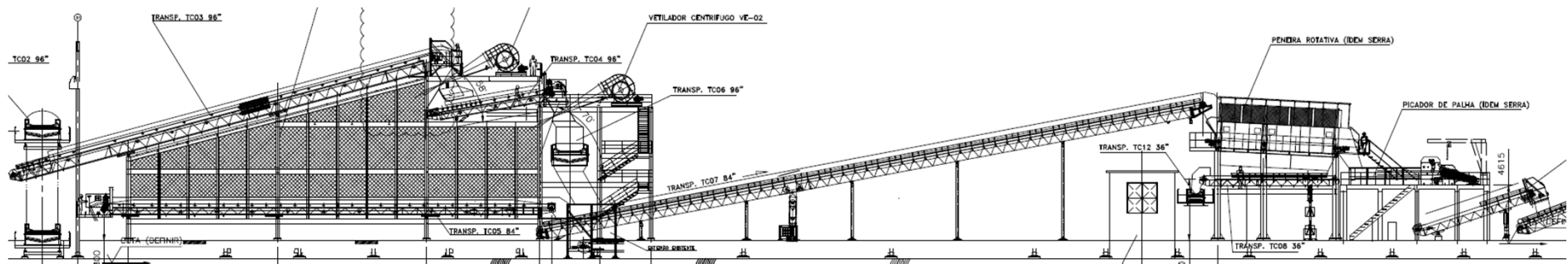


BARRA
Alimentação das Moendas 1 e 2
Capacidade = 1.000 t/h

Limpeza de cana – evolução/resultados



Previsão de novas unidades a serem instaladas na Raízen



IPAUSSU

Alimentação de cana já operando
Limpeza a seco para a Safra 2015
Capacidade = 710 t/h



Delfini Consultoria e Projetos Industriais Ltda

Opções de preparo de cana para
os processos de extração

Preparo da Cana – Moagem e Difusão



Índice de Preparo para o Processo de Moagem

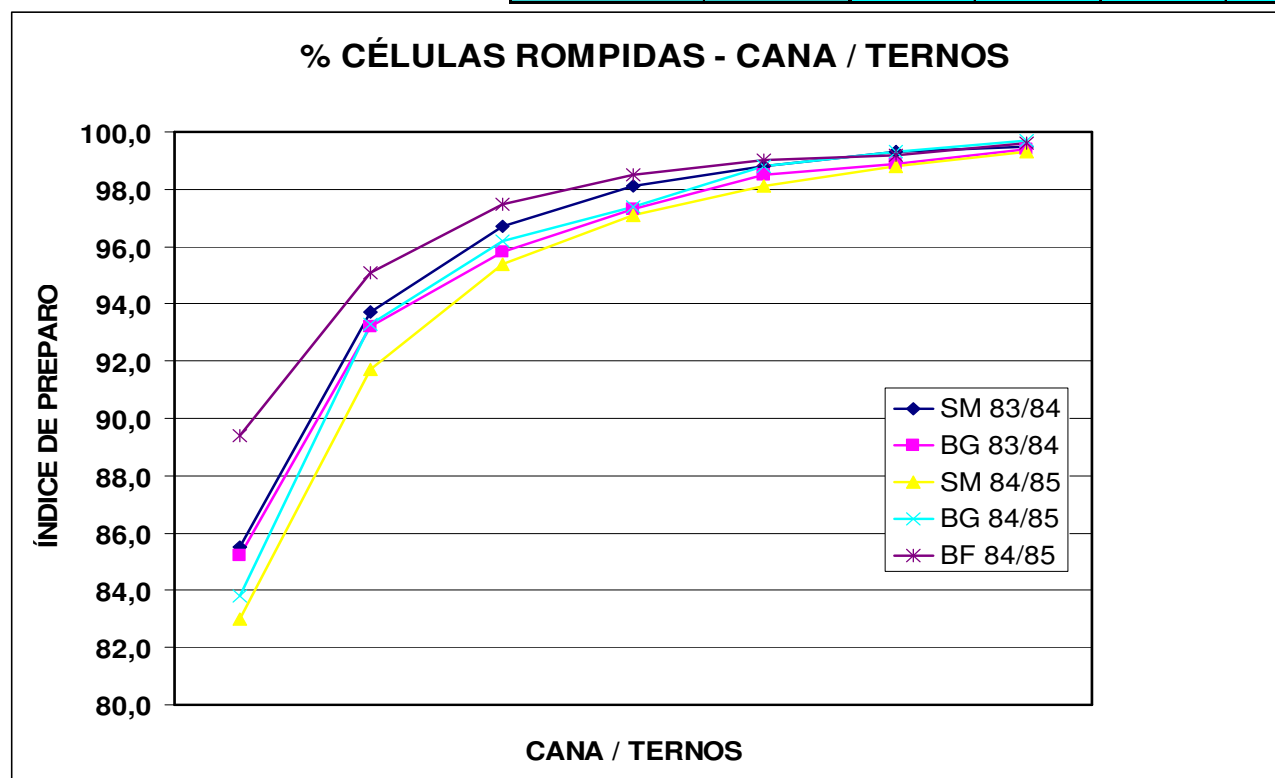
- Caldo disponível para deslocamento X extração do 1ºT
(I.P. = 80 a 85 % X Extração 1º T = 70 a 75%)
- Importância do tamanho médio das partículas (Alimentação)
- Moendas continuam o processo de ruptura das células

Preparo da Cana – Moagem e Difusão



Índice de Preparo para o Processo de Moagem

USINA SAFRA	QTDE ENSAIOS	CANA	TERNOS					
			1	2	3	4	5	6
São Martinho 83/84	11	85,5	93,7	96,7	98,1	98,8	99,3	99,5
Barra Grande 83/84	9	85,2	93,2	95,8	97,3	98,5	98,9	99,4
São Martinho 84/85	81	83,0	91,7	95,4	97,1	98,1	98,8	99,3
Barra Grande 84/85	33	83,8	93,3	96,2	97,4	98,8	99,3	99,7
Bonfim 84/85	30	89,4	95,1	97,5	98,5	99,0	99,2	99,6



Preparo da Cana – Moagem e Difusão



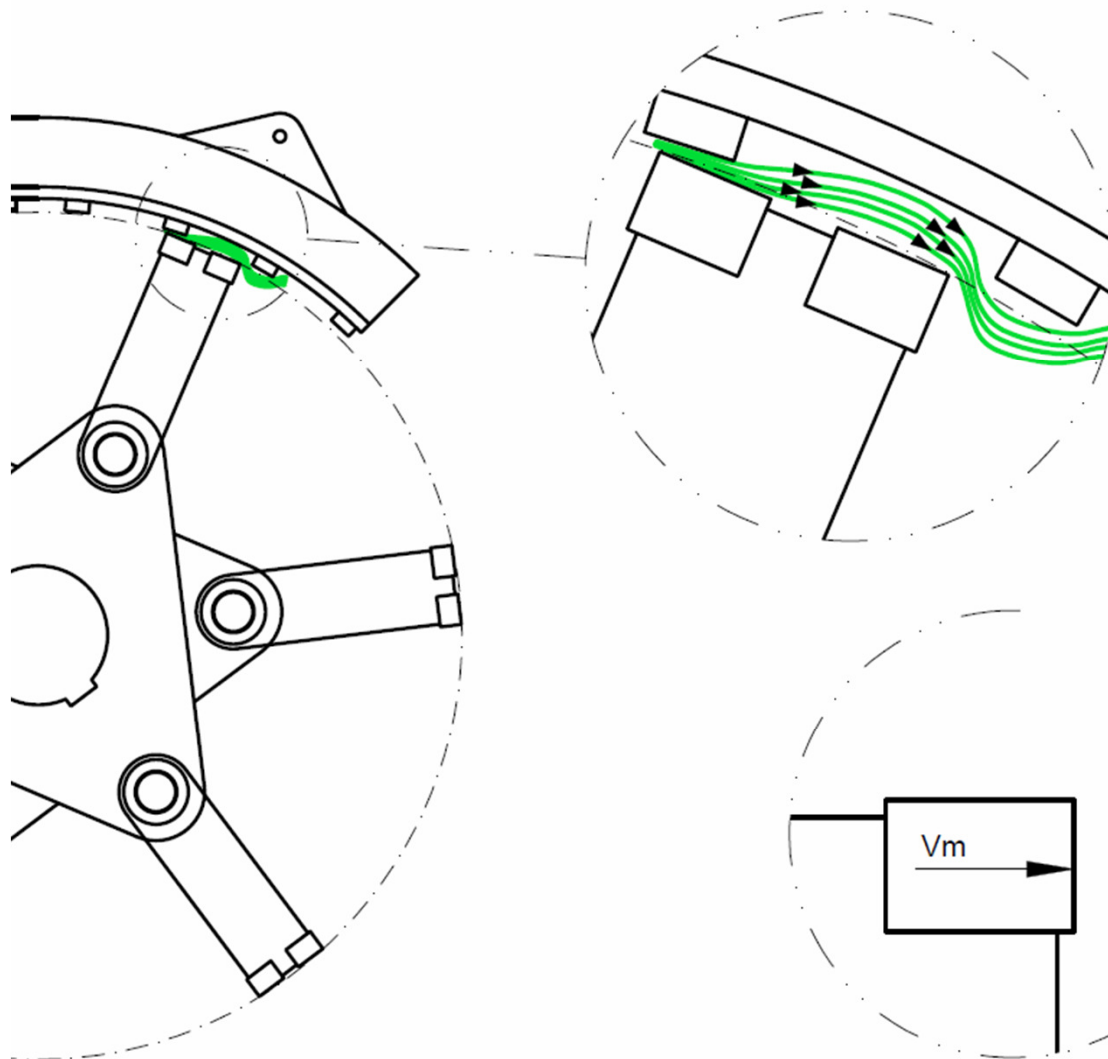
Índice de Preparo para o Processo de Difusão

- Disponibilizar a maior quantidade possível de caldo I.P. > 92 %
- Caldo disponível para lixiviação X extração do difusor
- Importância do tamanho médio das partículas (Percolação)

Preparo da Cana – Moagem e Difusão



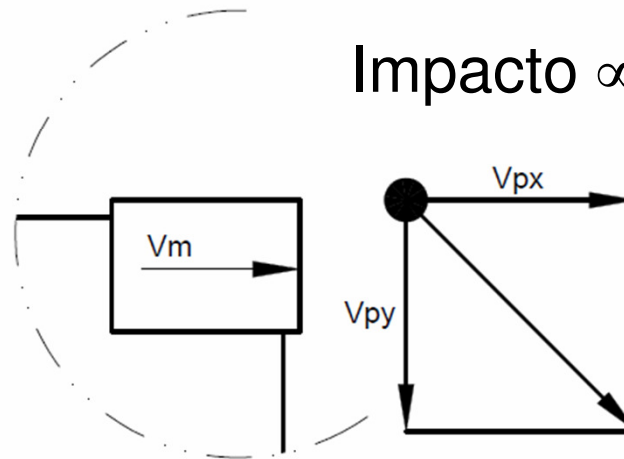
Nervuras das placas desfibradoras - Impacto



Impacto ∞ m x V_{rel}

$$V_{rel} = V_m - V_{px}$$

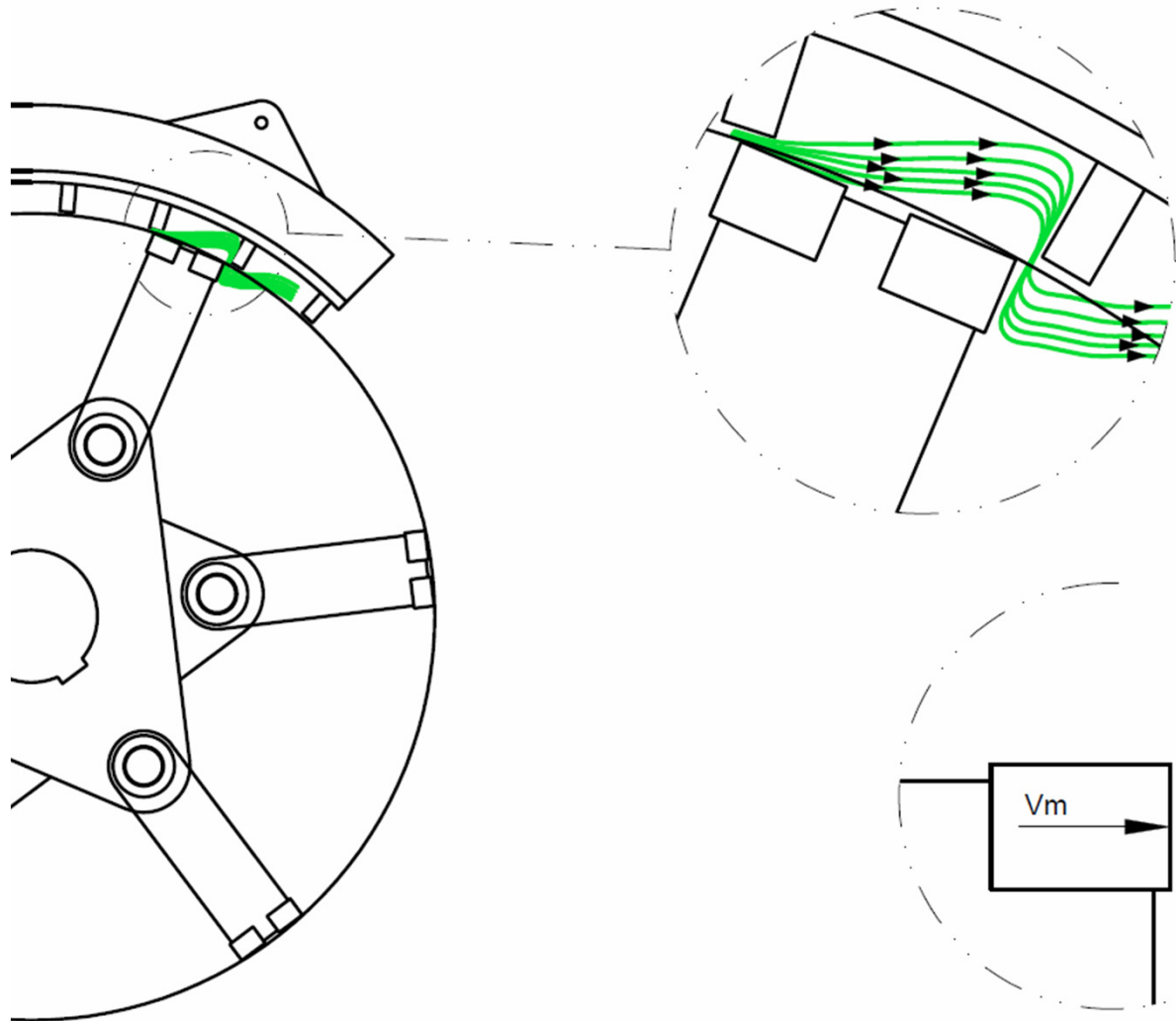
Impacto ∞ m x $(V_m - V_{px})$



Preparo da Cana – Moagem e Difusão



Nervuras das placas desfibradoras - Impacto



Impacto ∞ m x V_{rel}

$$V_{rel} = V_m - V_{px}$$

$$V_{px} = 0$$

Impacto ∞ m x V_m

$$V_{px} = 0$$

$$V_{py}$$

OBS: com nervuras mais altas observa-se uma tendência de aumento do tamanho médio das partículas

Preparo da Cana – Moagem e Difusão



Nervuras das placas desfibradoras - Austrália



Preparo da Cana – Moagem e Difusão



Classificação dos Desfibradores

Velocidade de operação

- Velocidade periférica = 60 m/s (I.P. = 80 a 85 %)
 - Potência específica: 28 a 32 cv/tfh (3,5 a 4,0 cv/tch)
- Velocidade periférica = 90 m/s (I.P. = 90 a 94 %)
 - Potência específica: 44 a 80 cv/tfh (5,5 a 10 cv/tch)

Forma de instalação

- Horizontal (sobre a esteira metálica)
- Vertical (transferência de transportadores)

Não há nenhuma relação entre a forma de instalação e a classificação do desfibrador

Preparo da Cana – Moagem e Difusão



Classificação dos Desfibradores

Velocidade de operação

- Velocidade periférica = 60 m/s (I.P. = 80 a 85 %)
- Velocidade periférica = 90 m/s (I.P. = 90 a 94 %)

PICADORES E DESFIBRADORES						
POTÊNCIAS ESPECÍFICAS - CONSUMO E INSTALAÇÃO (cv/tfh)						
APLICAÇÃO	TIPO	CONSUMO			INSTALAÇÃO	
		COSAN	DEDINI	CTC	DEDINI	CTC
NIVELADOR	COP-8	15	16	14	20	16
	COP-9	15	16	14	20	16
	FOL	14	13		16	
	SD-3	14	10	14	12	14
PICADOR	COP-8	28	28	28	35	32
	COP-9	28	28	28	35	32
	FOL	28	24		24	
	SD-3	24	20	24	30	28
ALIMENTAÇÃO VERTICAL	FOL	20	13		13	
	SD-3	20	10	20	10	24
DESFIBRADOR	DH-1	44	36	44	45	52
	TONGAAT	44	40	44	50	52
	MAXCELL	44	44	44	55	52
	FIVES-LILLE	68		68		80
	COP-5	27	26	28	32	32
	COP-6	27	26	28	32	32

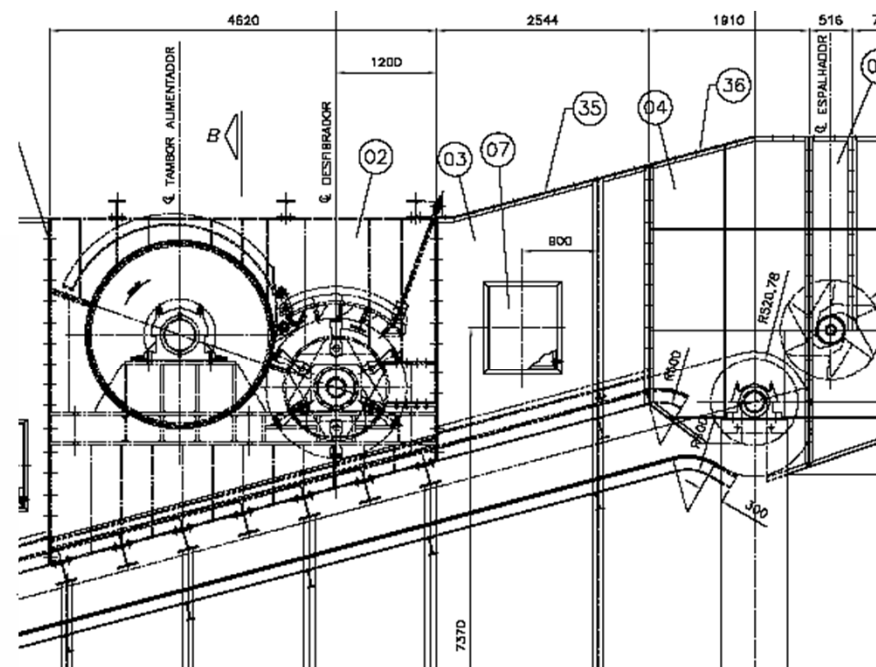
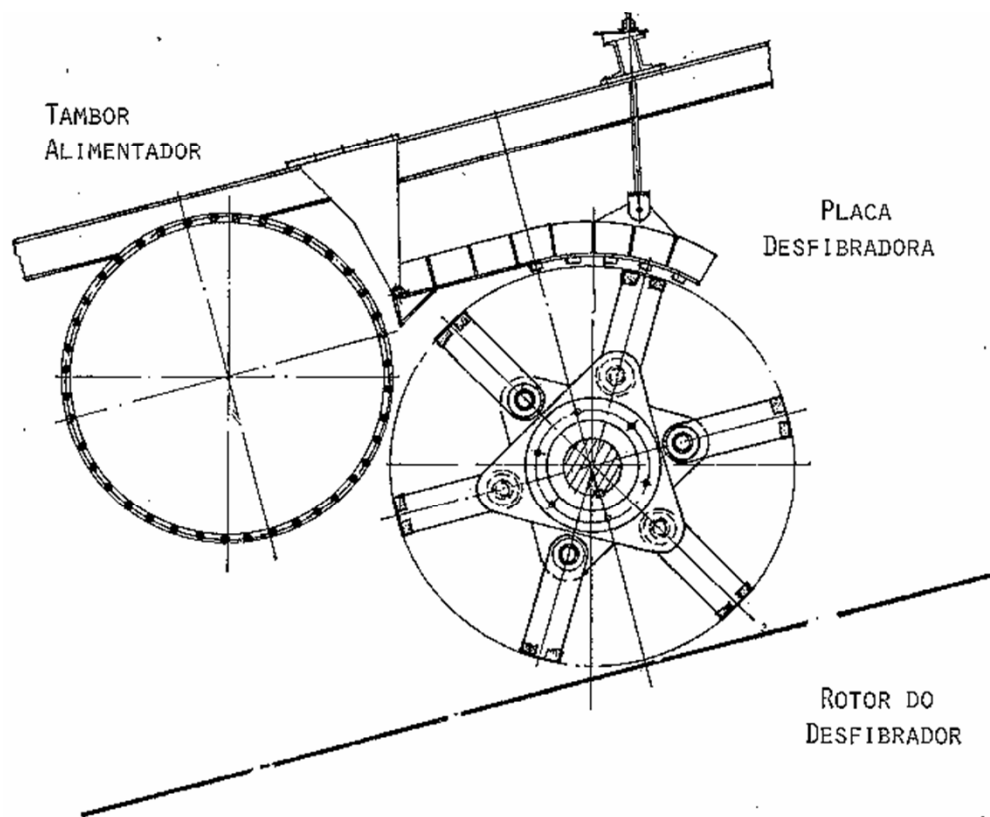
Preparo da Cana – Moagem e Difusão



Classificação dos Desfibradores

Forma de instalação

HORIZONTAL



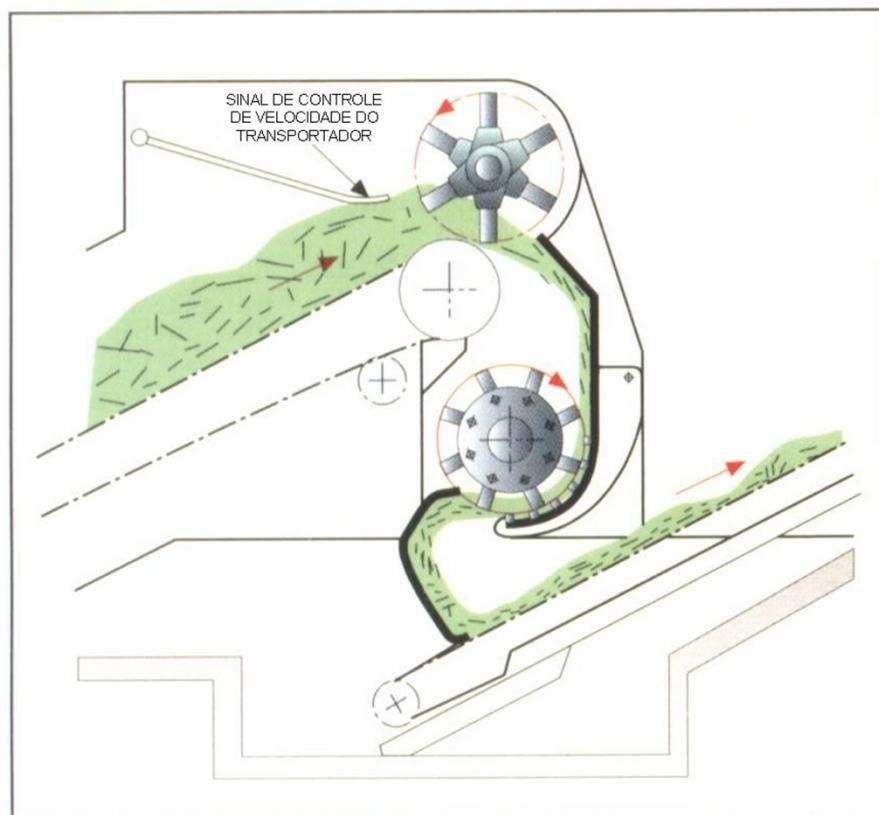
Preparo da Cana – Moagem e Difusão



Classificação dos Desfibradores

Forma de instalação

VERTICAL



Preparo da Cana – Moagem e Difusão

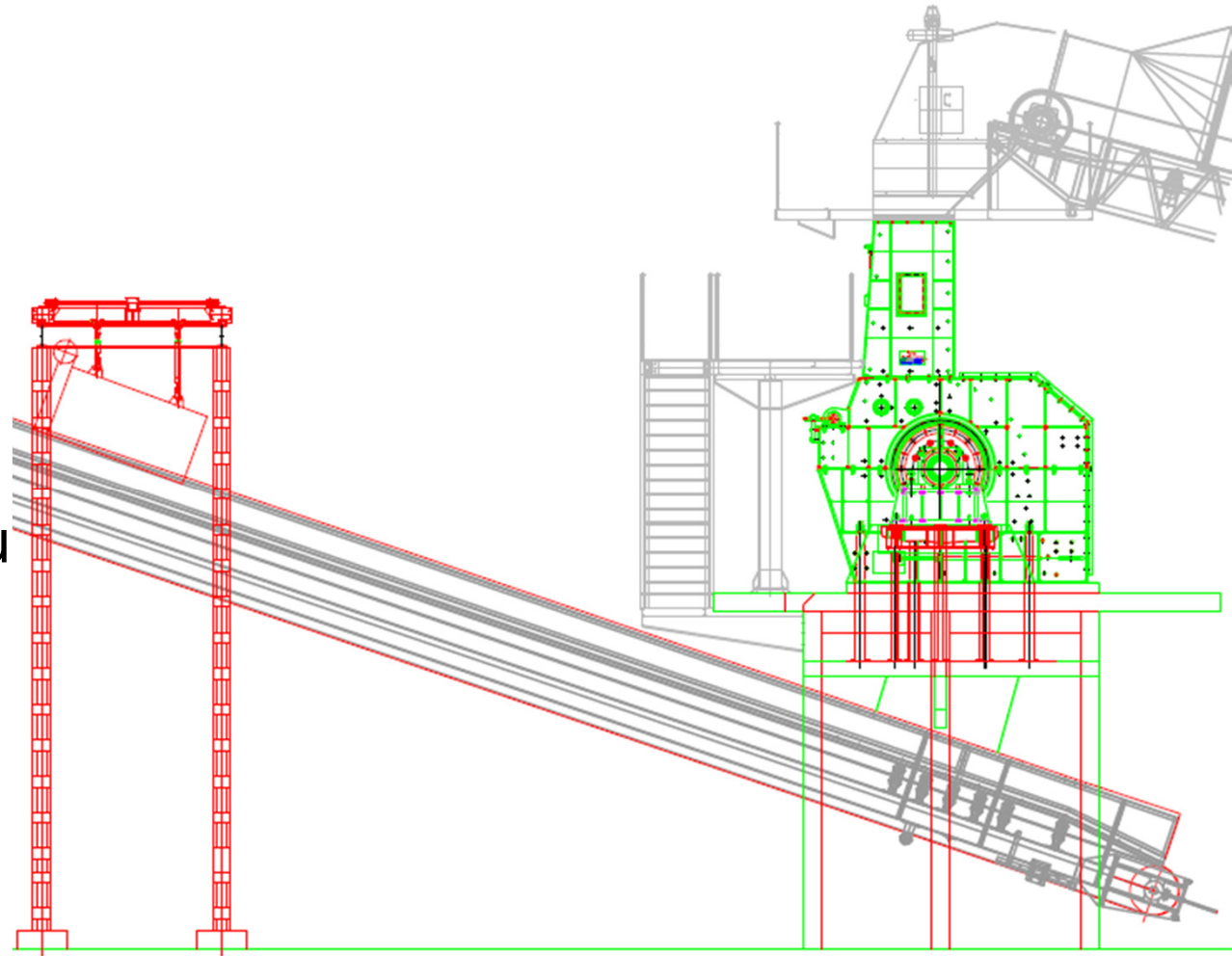


Classificação dos Desfibradores

Forma de instalação

VERTICAL

Projeto de
instalação na
Unidade Paraguaçu
Safrá 2014



Preparo da Cana – Moagem e Difusão



Preparo da Cana para os Processos de Moagem e Difusão

- Para o processo de moagem I. P. entre 80 a 85 % é suficiente para se atingir níveis de extração satisfatórios, portanto desfibradores com velocidade periférica de 60 m/s podem ser utilizados
- Para o processo de moagem, as instalações sem picadores de cana, tem sido feita com desfibradores de pelo menos 75 m/s, havendo um certo receio de nestes casos utilizar o de 60 m/s
- Para o processo de difusão I.P. acima de 90 a 92 % é imperativo para se obter níveis de extração satisfatórios, portanto desfibradores com velocidade periférica de 90 m/s devem ser utilizados

Preparo da Cana – Moagem e Difusão



Opções de desfibradores de cana no mercado

OPÇÕES DE DESFIBRADORES DE CANA NO MERCADO						
TIPO	VELOCIDADE (m/s)	INSTALAÇÃO	ROTOR	I.P. (%)	VANTAGENS	DESVANTAGENS
COP-5/6	60	HORIZONTAL	SEXTAVADO	80 A 85	CONSUMO DE ENERGIA DESGASTE INSTALAÇÃO MANUTENÇÃO	SÓ PARA MOENDAS PICADOR ANTES (1)
DH/TONGAAT	90	VERTICAL	OITAVADO	90 A 94	APLICAÇÃO MOENDAS APLICAÇÃO DIFUSORES	CONSUMO DE ENERGIA MAIOR DESGASTE PICADOR ANTES (2) INSTALAÇÃO MANUTENÇÃO
COP-10 MAXCELL	90	HORIZONTAL	OITAVADO	90 A 94	APLICAÇÃO MOENDAS APLICAÇÃO DIFUSORES INSTALAÇÃO MANUTENÇÃO	CONSUMO ENERGIA MAIOR DESGASTE PICADOR ANTES (1)
FIVES-LILLE	90	HORIZONTAL	OITAVADO	90 A 94	APLICAÇÃO MOENDAS APLICAÇÃO DIFUSORES CANAS INTEIRAS E PICADAS SEM PICADORES INSTALAÇÃO MANUTENÇÃO	CONSUMO ENERGIA MAIOR DESGASTE VELOCIDADE ESTEIRA
FIVES-LILLE	75	HORIZONTAL	SEXTAVADO	83 A 87	CONSUMO ENERGIA CANAS INTEIRAS OU PICADAS SEM PICADORES INSTALAÇÃO MANUTENÇÃO	SÓ PARA MOENDAS VELOCIDADE ESTEIRA
DVU	90	VERTICAL	OITAVADO	90 A 94	APLICAÇÃO MOENDAS APLICAÇÃO DIFUSORES SEM PICADORES SEM ESTEIRA METÁLICA INSTALAÇÃO	SÓ CANAS PICADAS CONSUMO ENERGIA MAIOR DESGASTE
DVU	60/75	VERTICAL	SEXTAVADO OITAVADO	80 A 85 83 A 87	SEM PICADORES SEM ESTEIRA METÁLICA INSTALAÇÃO CONSUMO DE ENERGIA MENOR DESGASTE	SÓ CANAS PICADAS SÓ PARA MOENDAS



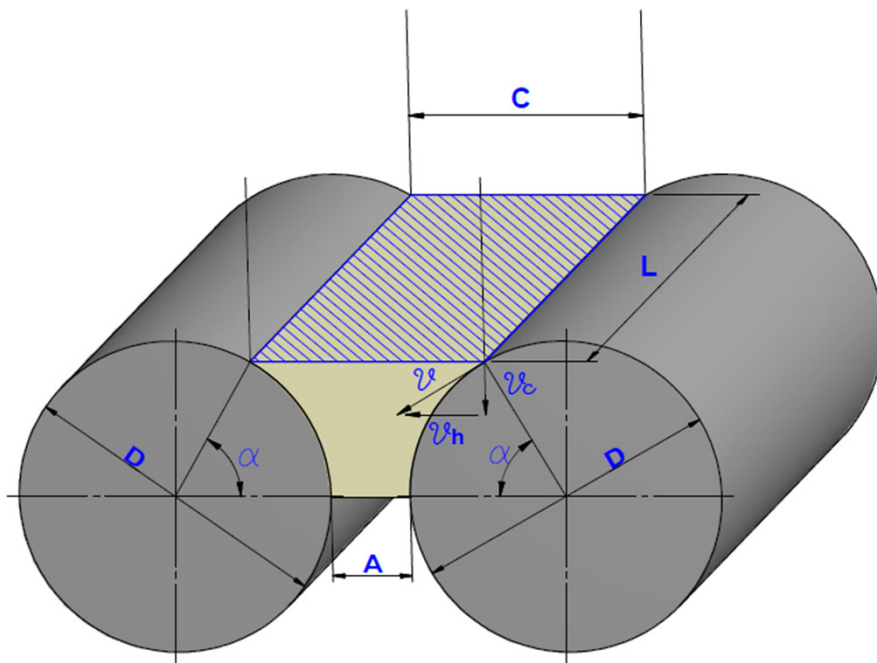
Delfini Consultoria e Projetos Industriais Ltda

Controle do nível de cana na
calha Donnelly do 1º terno

Nível de cana – Calha Donnelly 1º terno

Calha Donnelly e capacidade de moagem

- A calha Donnelly é utilizada praticamente em quase todas as unidades de moagem como recurso para aumento da capacidade de moagem
- As condições de alimentação do 1º terno definem a capacidade de moagem do conjunto



O peso de cana (Q_c) entrando num par de rolos na unidade de tempo é igual à sua densidade aparente (dc) multiplicada pelo volume descrito naquele ponto ($V_c = L \times C \times \nu \times \cos \alpha$).

$$Q_c = dc \times L \times C \times \nu \times \cos \alpha$$

Nível de cana – Calha Donnelly 1º terno

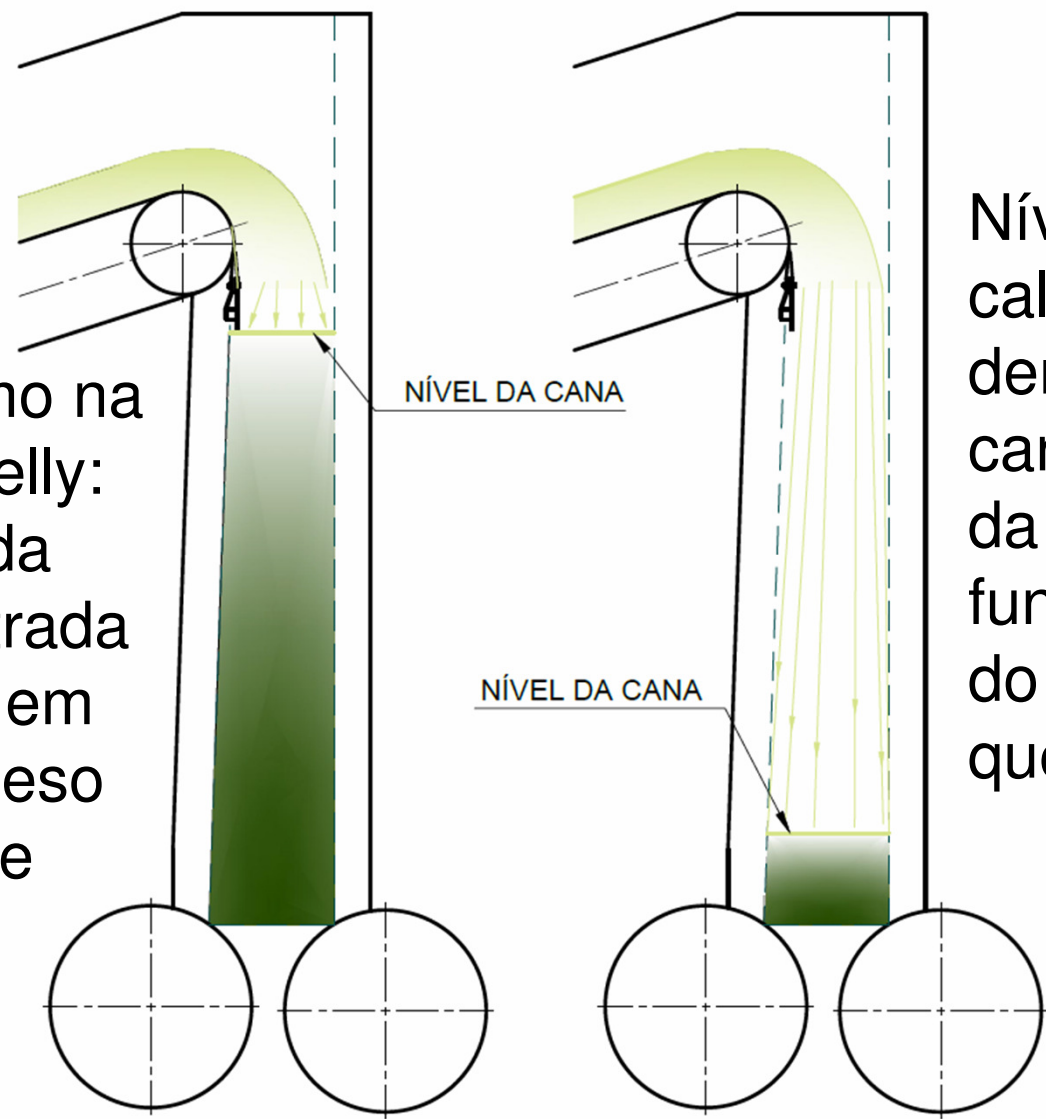
Calha Donnelly e capacidade de moagem

- A abertura da calha (C) e os ângulos de contato podem ser ajustados pela regulagem
- A velocidade do rolo (v) é determinada pelas condições do acionamento existente
- Definidas as condições acima, a densidade aparente da cana na entrada da moenda irá definir a capacidade de moagem
- Quanto maior a densidade aparente da cana na entrada da moenda, maior será a capacidade de moagem

Nível de cana – Calha Donnelly 1º terno

Opções para aumento da densidade da cana na entrada da moenda

Nível máximo na calha Donnelly: densidade da cana na entrada da moenda em função do peso da coluna de cana

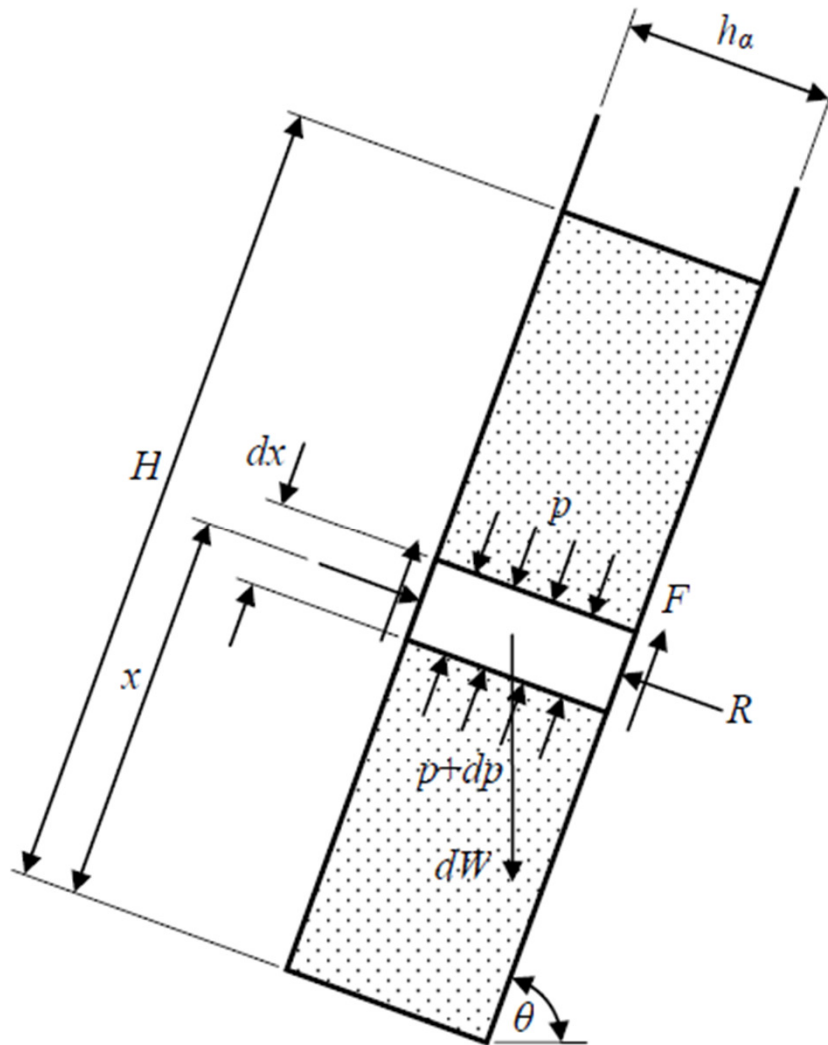


Nível baixo na calha Donnelly: densidade da cana na entrada da moenda em função energia do impacto da queda da cana

Nível de cana – Calha Donnelly 1º terno



Nível na calha X densidade da cana na base da coluna de cana



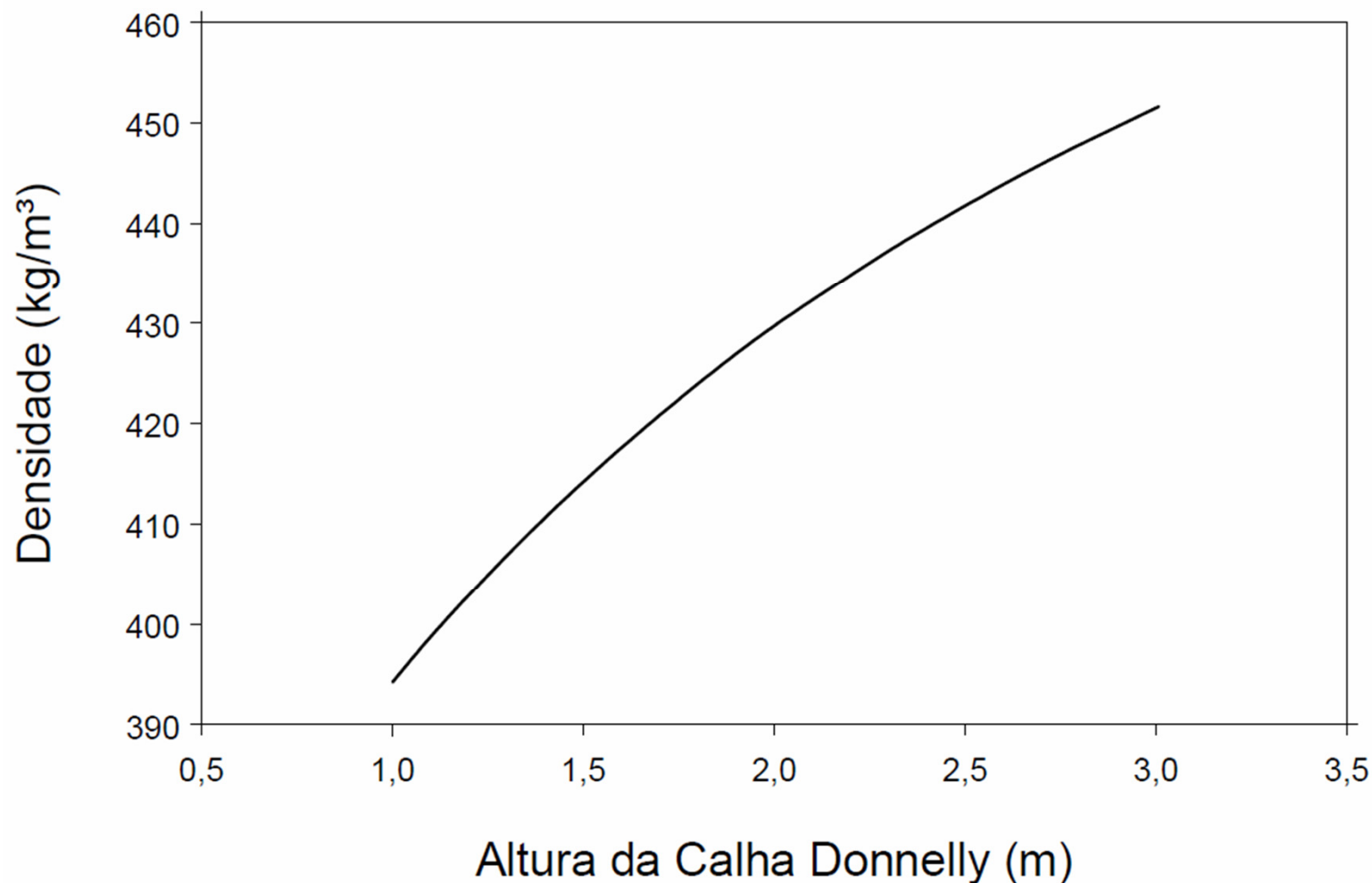
$$dp = \left[g(\sin \theta - \mu \cos \theta) \rho - \frac{2\mu k}{h_\alpha} p \right] dx$$

Modelo da calha Donnelly
(Murry & Hutchinson, 1958)

Nível de cana – Calha Donnelly 1º terno



Nível na calha X densidade da cana na base da coluna de cana

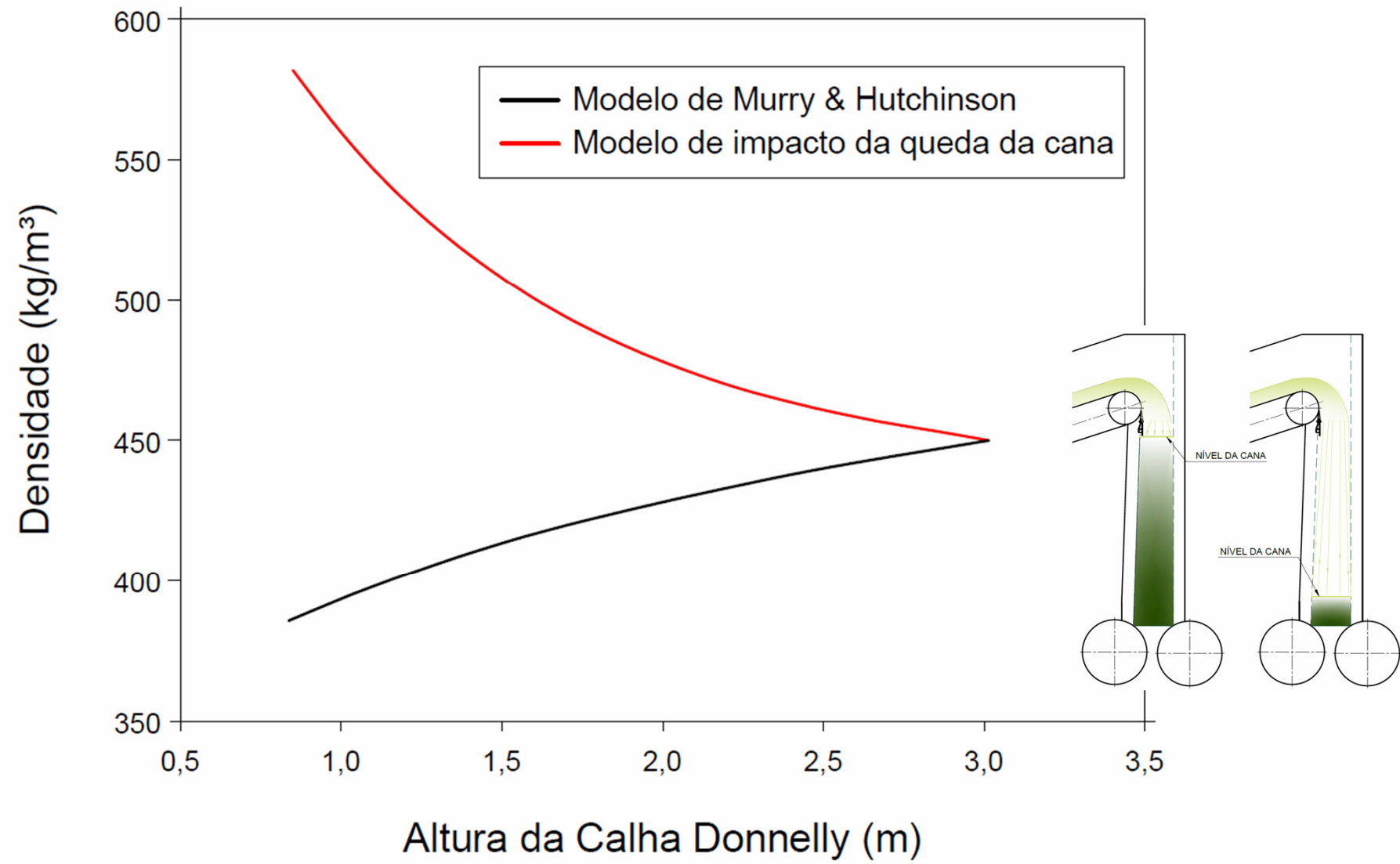


Relação utilizando o modelo de Murry & Hutchinson

Fonte: Kent, G.A. – *Effect of chute level on mill capacity – Proceedings ISSCT, 2013*

Nível de cana – Calha Donnelly 1º terno

Modelo de Murry & Hutchinson X modelo impacto da queda da cana



Nível de cana – Calha Donnelly 1º terno

Modelo de Murry & Hutchinson X modelo impacto da queda da cana

- No modelo de impacto da queda de cana não foram consideradas algumas perdas de energia devido à resistência do ar e algum atrito com as paredes laterais
- A previsão do modelo de Murry & Hutchinson é considerada como o limite mínimo do valor real da densidade da cana
- A previsão do modelo de impacto da cana é considerada como o limite máximo do valor real da densidade da cana

Nível de cana – Calha Donnelly 1º terno



Resultado de ensaios realizados na Unidade Tarumã



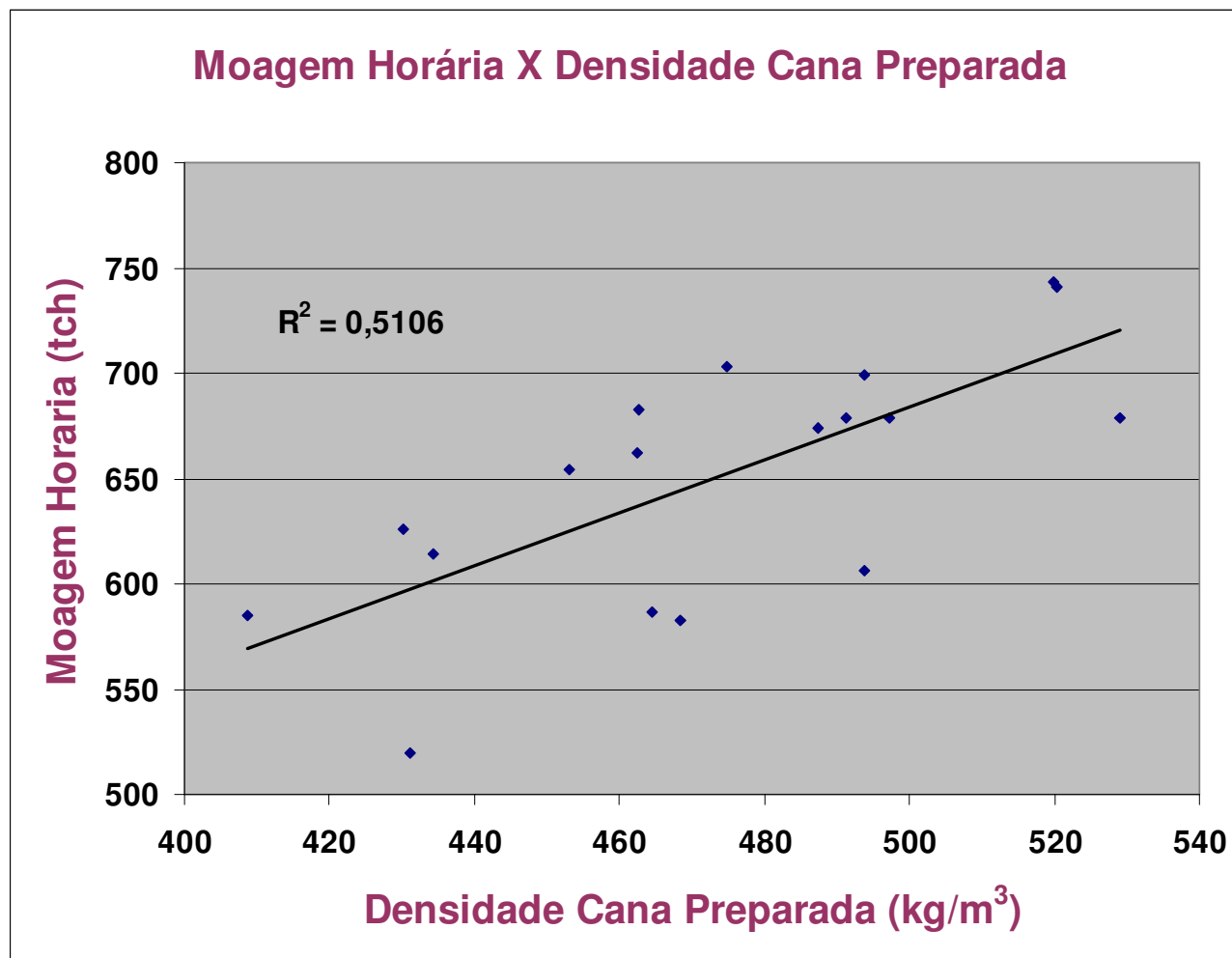
Nível de cana – Calha Donnelly 1º terno

Resultado de ensaios realizados na Unidade Tarumã

- Realizados 6 ensaios, 3 com set-point de 10 % e 3 com set-point de 90 %, correspondendo a alturas de 2,3 e de 3,1 m respectivamente
- A rotação da moenda foi mantida constante e registradas a oscilação do rolo superior, o nível efetivo de cana calha e a moagem durante o ensaio com a respectivo teor de fibra
- O nível médio de cana para o set-point de 10 % foi de 12%, correspondente a 2,32 m
- O nível médio de cana para o set-point de 90 % foi de 56%, correspondente a 2,76 m
- O nível de cana abaixo do set-point de 90 % demonstra que a moagem foi maior com o set-point mais alto
- Neste ensaio foi verificado um aumento de 0,7 % na capacidade de moagem (1/3 da previsão do modelo)

Nível de cana – Calha Donnelly 1º terno

Efeito da densidade na capacidade de moagem – Unidade Tarumã



Variação densidade
23,8 % (520/420)

Variação moagem
23,3 % (715/580)

Nível de cana – Calha Donnelly 1º terno

Funções da calha de alimentação por gravidade

- Adensar a cana na região de entrada da moenda
- **Manter um pulmão de cana para a alimentação da moendas**
- Dificuldade do sistema de controle para manter o nível elevado numa faixa estreita



Nível de cana – Calha Donnelly 1º terno



Controle do nível da cana na calha de alimentação por gravidade

- Nível de cana na calha
Donnelly atua na velocidade da esteira metálica
- Apalpador no final da esteira metálica verifica quantidade de cana na mesma
- Incrementa ou reduz a solicitação do nível na calha Donnelly

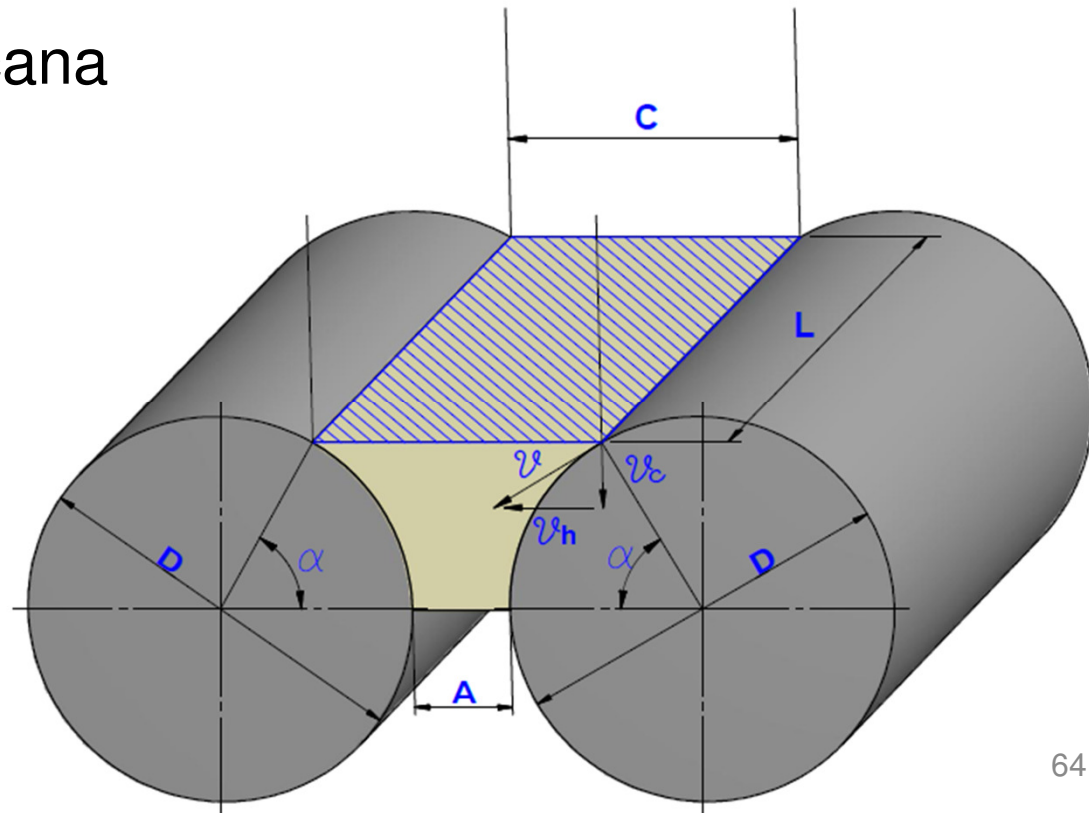


Nível de cana – Calha Donnelly 1º terno

Condição geométrica para máxima alimentação

- Aumentando $C \rightarrow$ volume grande de cana com velocidade vertical da cana pequena
- Diminuindo $C \rightarrow$ velocidade vertical da cana grande com volume pequeno de cana

Qual a combinação para maximizar a quantidade de cana a ser alimentada?



Nível de cana – Calha Donnelly 1º terno



Condição geométrica para máxima alimentação

$$V_c = L \times C \times \nu \times \cos \alpha$$

$$C = A + D - D \cos \alpha$$

$$C = D (1 + A/D - \cos \alpha)$$

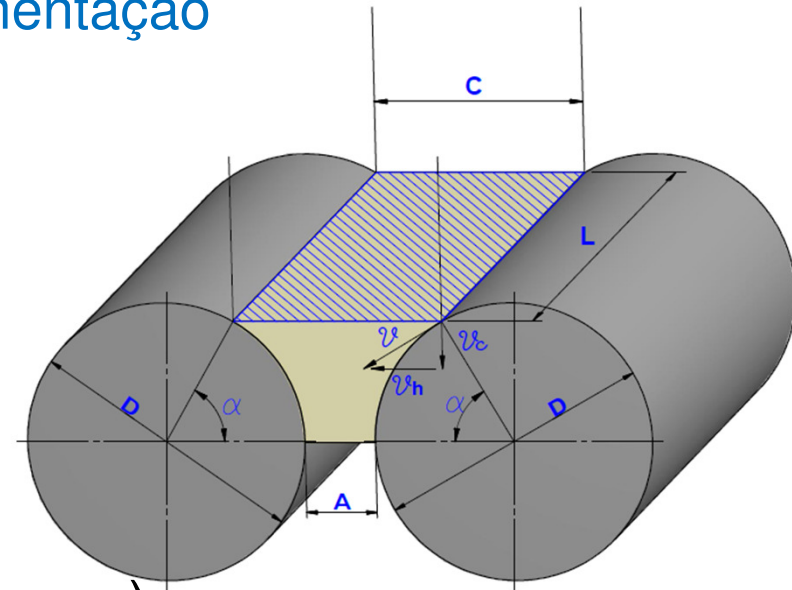
$$V_c = L \times \nu \times \cos \alpha \times D (1 + A/D - \cos \alpha)$$

$$V_c = L \times \nu \times D [(1 + A/D) \cos \alpha - \cos^2 \alpha]$$

$$\partial V_c / \partial \alpha = L \times \nu \times D [(1 + A/D) (-\sin \alpha) + 2 \times \cos \alpha \times \sin \alpha] = 0$$

$$\sin \alpha [2 \cos \alpha - (1 + A/D)] = 0$$

$$\sin \alpha = 0 \rightarrow \alpha = 0^\circ \quad \text{e} \quad \alpha = 180^\circ$$



Nível de cana – Calha Donnelly 1º terno

Condição geométrica para máxima alimentação

$$\text{sen } \alpha [2 \cos \alpha - (1 + A/D)] = 0$$

Soluções da equação acima:

$$\text{sen } \alpha = 0 \rightarrow \alpha = 0^\circ \text{ e } \alpha = 180^\circ$$

$$2 \cos \alpha - (1 + A/D) = 0$$

$$\alpha_{\text{máx}} = \text{arc cos } \frac{1}{2} (1 + A/D)$$

$$C = D (1 + A/D - \cos \alpha) \rightarrow C_{\text{máx}} = D (1 + A/D - \frac{1}{2} (1 + A/D))$$

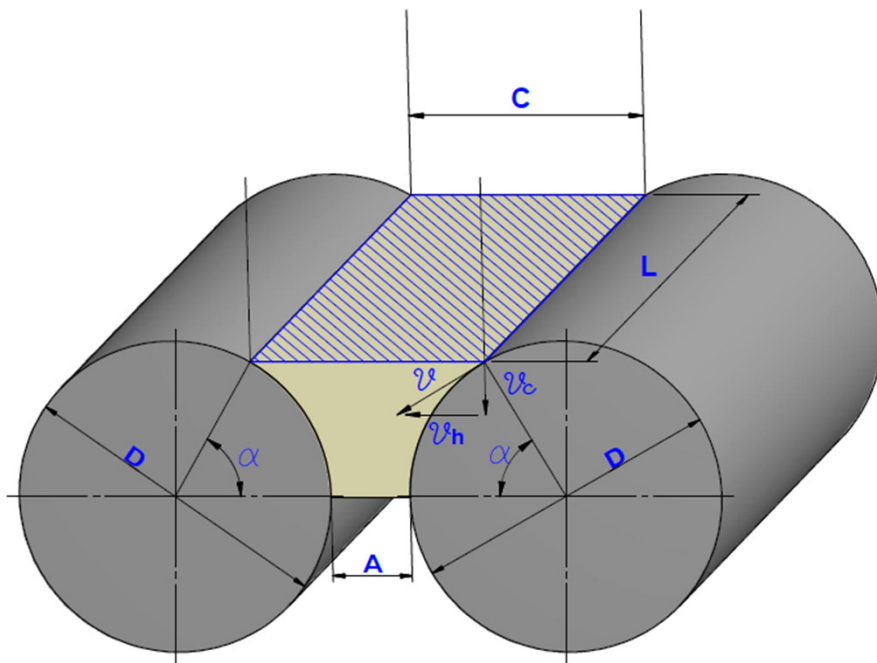
$$C_{\text{máx}} = \frac{1}{2} (A + D)$$

Nível de cana – Calha Donnelly 1º terno



Capacidade volumétrica X Capacidade de regulagem

Para verificar se uma moenda tem capacidade para processar uma determinada quantidade de cana, além de checar se a regulagem atende é necessário verificar se a capacidade volumétrica pode ser atendida com uma densidade da cana numa faixa aceitável.



$$Q_c = d_c \times L \times C \times \nu \times \cos \alpha$$

$$d_c = Q_c / L \times C \times \nu \times \cos \alpha$$

Nível de cana – Calha Donnelly 1º terno



Capacidade volumétrica X Capacidade de regulação

VALORES DE REFERÊNCIA PARA DENSIDADE DA CANA*:

- $< 0,5 \text{ t/m}^3$ – valor facilmente atingido
- $> 0,50$ até $0,55 \text{ t/m}^3$ – valores normais
- $> 0,55$ até $0,60 \text{ t/m}^3$ – valores relativamente elevados
- $> 0,60$ até $0,70 \text{ t/m}^3$ – valores extremamente elevados
- $> 0,70 \text{ t/m}^3$ – praticamente impossível no sistema atual

*** Para cana de boa qualidade, com teor de impureza vegetal em níveis normais**

Nível de cana – Calha Donnelly 1º terno



Capacidade volumétrica X Capacidade de regulagem

MOENDA 37" x 78"

$$M = 550 \text{ tch}$$

$$Fc = 12,5 \%$$

$$n = 6,5 \text{ rpm}$$

$$D_{\text{pre}} = 850 \text{ mm (hf = 47 mm)} \rightarrow D_{\text{mpre}} = 803 \text{ mm}$$

$$D_{\text{sup}} = 960 \text{ mm (hf = 47mm)} \rightarrow D_{\text{msup}} = 913 \text{ mm}$$

$$D_{\text{saída}} = 980 \text{ mm (hf = 47 mm)} \rightarrow D_{\text{msaída}} = 933 \text{ mm}$$

$$A = P' = \frac{5 \times 9,5 \times 550 \times 12,5}{\pi \times 0,923 \times 6,5 \times 1,981 \times 30} = 291,5 \text{ mm}$$

Nível de cana – Calha Donnelly 1º terno



Capacidade volumétrica X Capacidade de regulagem

MOENDA 37" X 78"

Pela condição volumétrica:

$$\alpha_{\text{máx}} = \arccos \frac{1}{2} (1 + A/D)$$

$$\alpha_{\text{máxpre}} = \arccos \frac{1}{2} (1 + 291,5/803) = 47,0^\circ$$

$$\alpha_{\text{máxsup}} = \arccos \frac{1}{2} (1 + 291,5/913) = 48,7^\circ$$

$$v_{\text{cpre}} = \pi \times 0,803 \times 6,5 \times 19/15 \times \cos 47,0^\circ = 14,17 \text{ m/min}$$

$$v_{\text{csup}} = \pi \times 0,913 \times 6,5 \times \cos 48,7^\circ = 12,30 \text{ m/min}$$

$$v_{\text{cméd}} = 13,24 \text{ m/min}$$

$$C_{\text{máx}} = \frac{1}{2} (A + D) = \frac{1}{2} (291,5 + 913/2 + 803/2) = 575 \text{ mm}$$

$$Qc = dc \times L \times C \times v_{\text{cméd}}$$

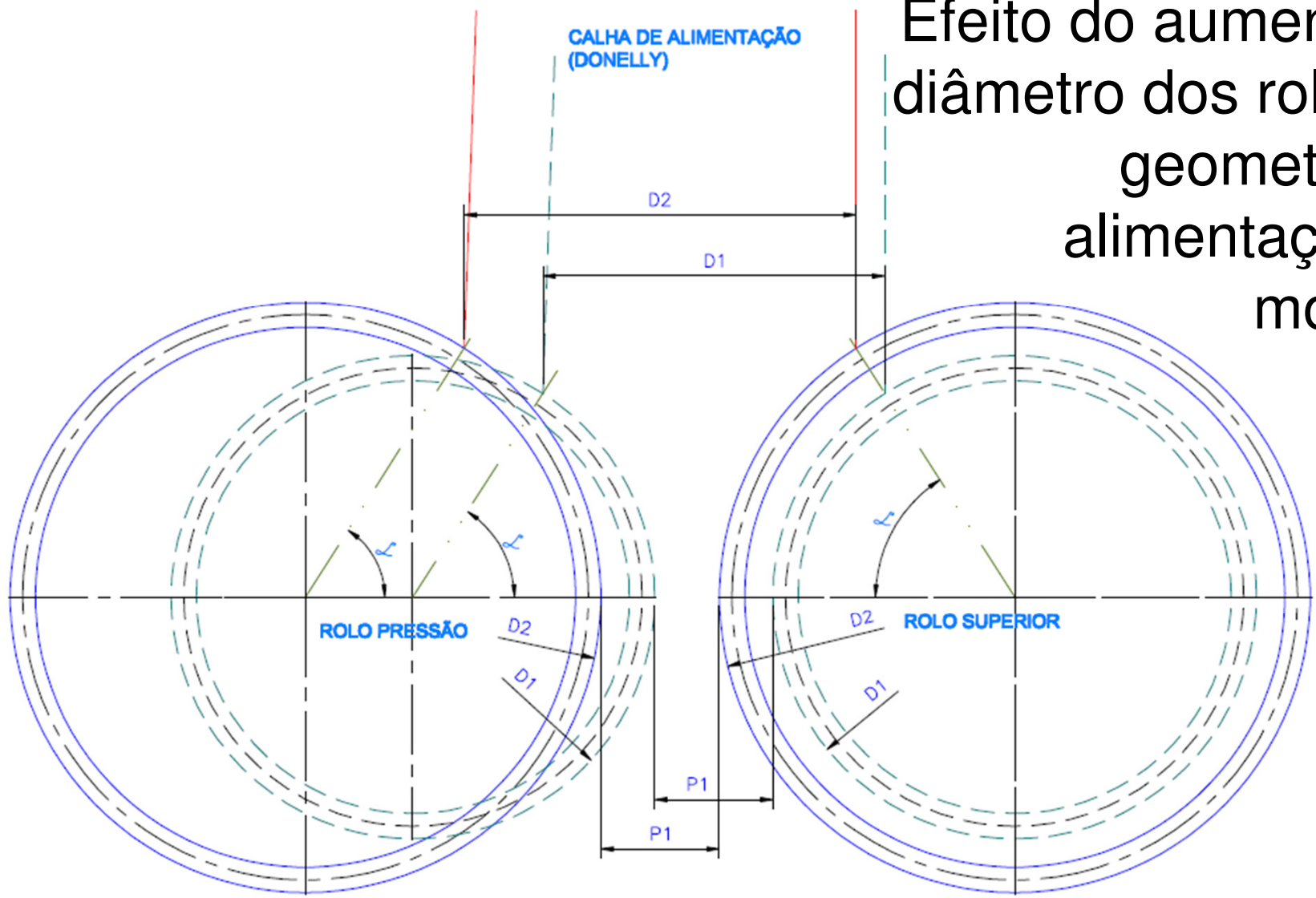
$$550 = dc \times 1,981 \times 0,575 \times 13,24 \times 60$$

$$dc = \mathbf{0,61 \text{ t/m}^3}$$

Nível de cana – Calha Donnelly 1º terno

Capacidade volumétrica X Capacidade de regulação

Efeito do aumento do diâmetro dos rolos na geometria de alimentação da moenda



Nível de cana – Calha Donnelly 1º terno



Capacidade volumétrica X Capacidade de regulagem

MOENDA 42" x 78"

$$M = 550 \text{ tch}$$

$$Fc = 12,5 \%$$

$$n = 6,5 \text{ rpm}$$

$$D_{\text{pre}} = 950 \text{ mm (hf = 47 mm)} \rightarrow D_{\text{mpre}} = 903 \text{ mm}$$

$$D_{\text{sup}} = 1.080 \text{ mm (hf = 47mm)} \rightarrow D_{\text{msup}} = 1.033 \text{ mm}$$

$$D_{\text{saída}} = 1.100 \text{ mm (hf = 47 mm)} \rightarrow D_{\text{msaída}} = 1.053 \text{ mm}$$

$$A = P' = \frac{5 \times 9,5 \times 550 \times 12,5}{\pi \times 1,043 \times 6,5 \times 1,981 \times 30} = 258,0 \text{ mm}$$

Nível de cana – Calha Donnelly 1º terno



Capacidade volumétrica X Capacidade de regulagem

MOENDA 42" X 78"

Pela condição volumétrica:

$$\alpha_{\text{máx}} = \arccos \frac{1}{2} (1 + A/D)$$

$$\alpha_{\text{máxpre}} = \arccos \frac{1}{2} (1 + 258/903) = 50,0^\circ$$

$$\alpha_{\text{máxsup}} = \arccos \frac{1}{2} (1 + 258/1.033) = 51,3^\circ$$

$$v_{\text{cpre}} = \pi \times 0,903 \times 6,5 \times 19/15 \times \cos 50,0^\circ = 15,01 \text{ m/min}$$

$$v_{\text{csup}} = \pi \times 1,033 \times 6,5 \times \cos 51,3^\circ = 13,19 \text{ m/min}$$

$$v_{\text{cméd}} = 14,10 \text{ m/min}$$

$$C_{\text{máx}} = \frac{1}{2} (A + D) = \frac{1}{2} (258 + 1.033/2 + 903/2) = 613 \text{ mm}$$

$$Qc = dc \times L \times C \times v_{\text{cméd}}$$

$$550 = dc \times 1,981 \times 0,613 \times 14,10 \times 60$$

$$dc = 0,54 \text{ t/m}^3 \text{ (- 13 \%)}$$



Delfini Consultoria e Projetos Industriais Ltda

Componentes das moendas:

Mancais

Rodetes

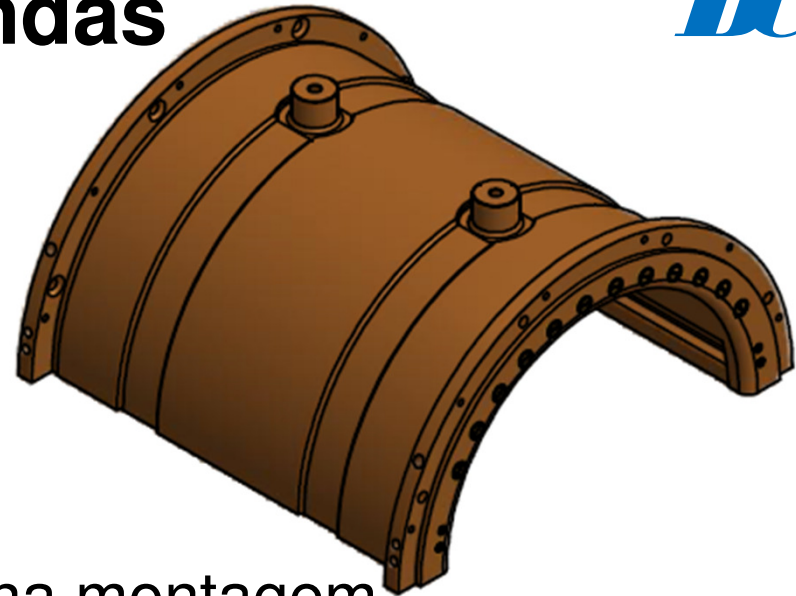
Cabeçotes

Eixos

Flanges

Componentes das moendas

Mancais – Montagem e operação



- Verificação e ajuste do contato na montagem
- Lubrificação do mancal – óleo ou graxa
- Controle da temperatura de operação
- Qualidade da água de resfriamento
- Limpeza das serpentinas
- Correção das folgas:
 - Solda nas mangas dos eixos
 - Usinagem das mangas com 3 ou mais diâmetros padrões

Componentes das moendas



Mancais – Montagem e operação

Bitola	Ternos	Manga Eixo		Padronização Diâmetros (Eixos)			
		Diâmetro	Largura	Novo	1ª Usinagem	2ª Usinagem	3ª Usinagem
37"x66"	1º e 2º	445	580	445	441	437	---
32"x60"	3º e 4º	381	508	381	377	373	---
30"x60"	1º ao 6º	384	500	384	380	376	372
32"x60"	1º e 6º	381	508	381	377	373	---
34"x66"	1º	445	581	445	441	437	---
34"x54"	2º e 3º	381	457	381	376	371	366
30"x54"	4º e 5º	381	457	381	376	371	366
30"x54"	1º ao 4º	355,6	457,2	355,6	352,6	349,6	---
30"x54"	5º e 6º	381	457	381	376	371	366
34"x54"	1º	381	457	381	376	371	366
30"x54"	2º ao 6º	355,6	457	355,6	352,6	349,6	---

Bitola	Ternos	Manga Eixo		Padronização Casquilhos (Mancais)			
		Diâmetro	Largura	Novo	1ª Usinagem	2ª Usinagem	3ª Usinagem
37"x66"	1º e 2º	445	580	437	441	445	---
32"x60"	3º e 4º	381	508	373	377	381	---
30"x60"	1º ao 6º	384	500	372	376	380	384
32"x60"	1º e 6º	381	508	373	377	381	---
34"x66"	1º	445	581	437	441	445	---
34"x54"	2º e 3º	381	457	366	371	376	381
30"x54"	4º e 5º	381	457	366	371	376	381
30"x54"	1º ao 4º	355,6	457,2	349,6	352,6	355,6	---
30"x54"	5º e 6º	381	457	366	371	376	381
34"x54"	1º	381	457	366	371	376	381
30"x54"	2º ao 6º	355,6	457	349,6	352,6	355,6	---

Componentes das moendas



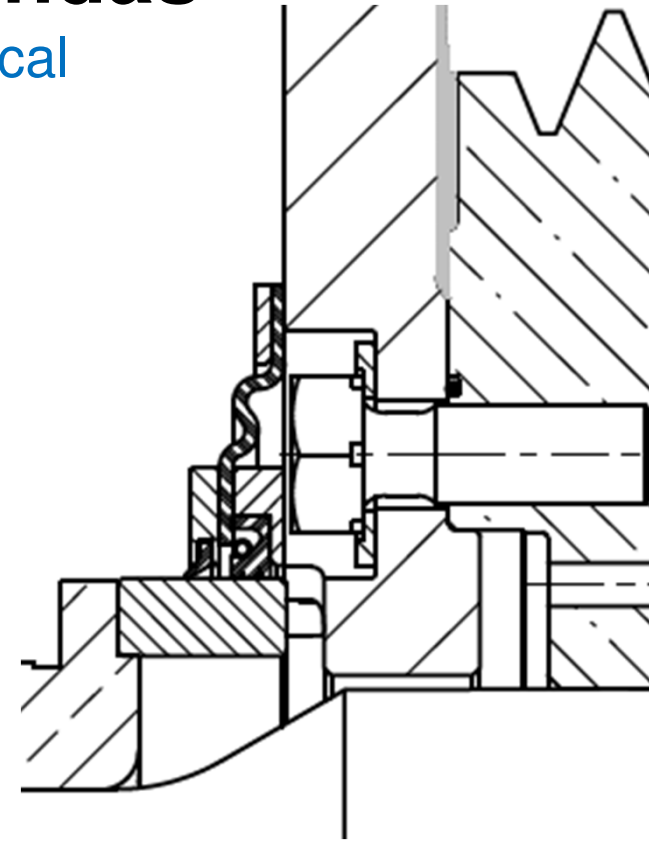
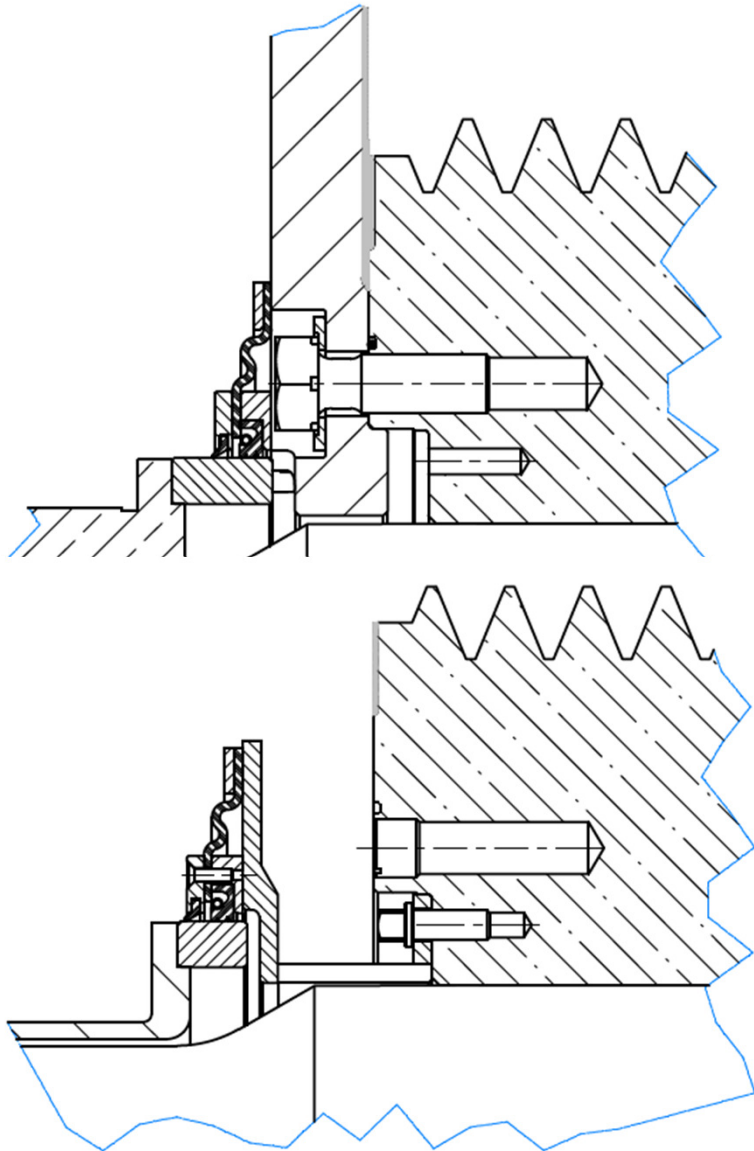
Mancais – Montagem e operação

Bitola	Ternos	Manga Eixo		Padronização Diâmetros (Eixos)			
		Diâmetro	Largura	Novo	1ª Usinagem	2ª Usinagem	3ª Usinagem
37"x78"	1º ao 6º	482,6	635	482,6	479	475	471
34"x66"	1º e 2º	445	581	445	441	437	---
30"x54"	3º ao 6º	355,6	457	355,6	352,6	349,6	---

Bitola	Ternos	Manga Eixo		Padronização Casquilhos (Mancais)			
		Diâmetro	Largura	Novo	1ª Usinagem	2ª Usinagem	3ª Usinagem
37"x78"	1º ao 6º	482,6	635	471	475	479	482,6
34"x66"	1º e 2º	445	581	437	441	445	---
30"x54"	3º ao 6º	355,6	457	349,6	352,6	355,6	---

Componentes das moendas

Mancais – Vedações para eixo e mancal



- Utilização de retentores de borracha
- Flexibilidade – compensar folga entre eixo e casquilho
- Vedações adicionais: flange/camisa, parafuso/flange

Componentes das moendas



Rodetes - Projeto

DADOS TÉCNICOS :

N.º DE DENTES

$$z = 15$$

MÓDULO

$$m = 60.75$$

ÂNGULO DE PRESSÃO

$$\alpha = 15^\circ$$

CORREÇÃO

$$x = 0.20$$

	0,1/0,2	0,2/0,2	0,2/0,4	0,2/0,83
C/C MÍNIMO	928	933	940	967
C/C MÁXIMO	997	1000	1007	1013

MATERIAL – AÇO FUNDIDO ASTM – A148/85 Gr 105/85

TRATAMENTO TÉRMICO – normalizado ao ar

– têmpera superficial – revenido

DUREZA – 220 A 260 HB após normalização

– 400 A 450 HB na superfície temperada

Componentes das moendas



Rodete com perfil totalmente usinado



Início da
Safrá 2013



15/10/13

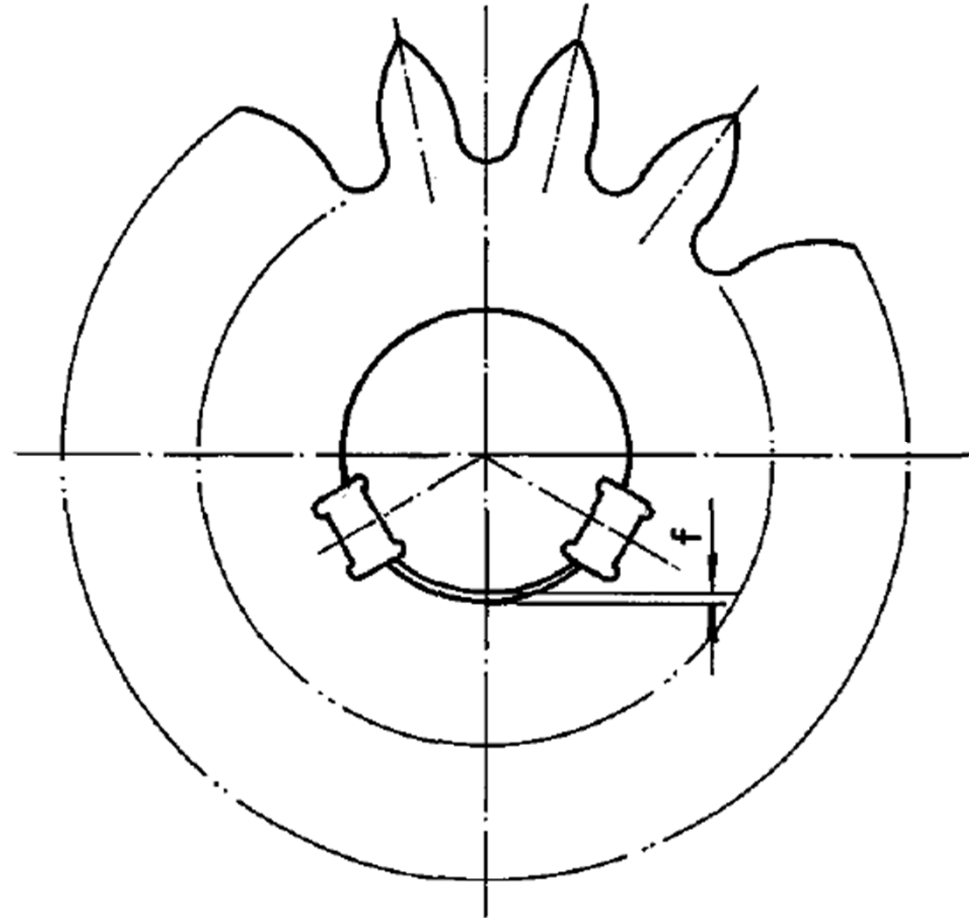


Componentes das moendas



Rodetes – Procedimento de montagem

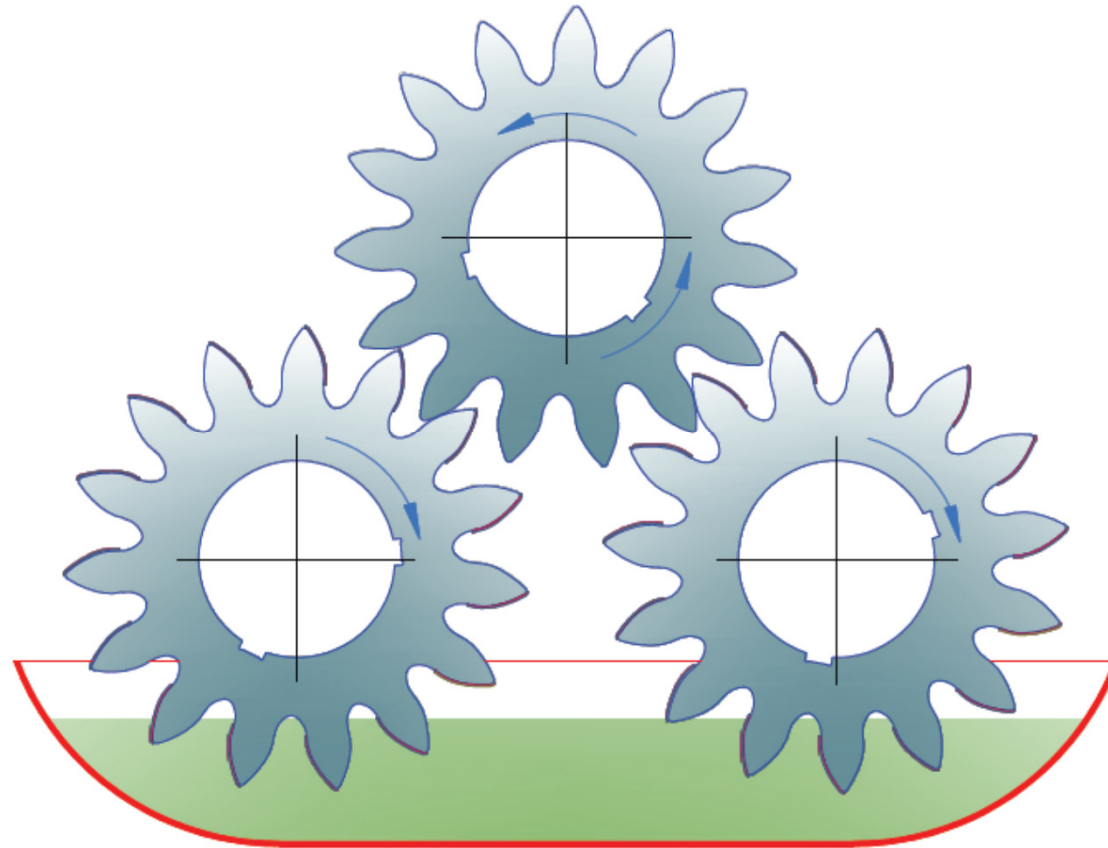
- Nos rodetes montados a frio o torque é transmitido através do atrito em 3 regiões: nas 2 faces tangenciais das chavetas e apoio do furo do rodete no eixo
- Posição de montagem e verificação do contato das chavetas
- Um rodete bem montado não precisa de artifícios para travamento axial



Componentes das moendas



Rodetes – Lubrificação por banho

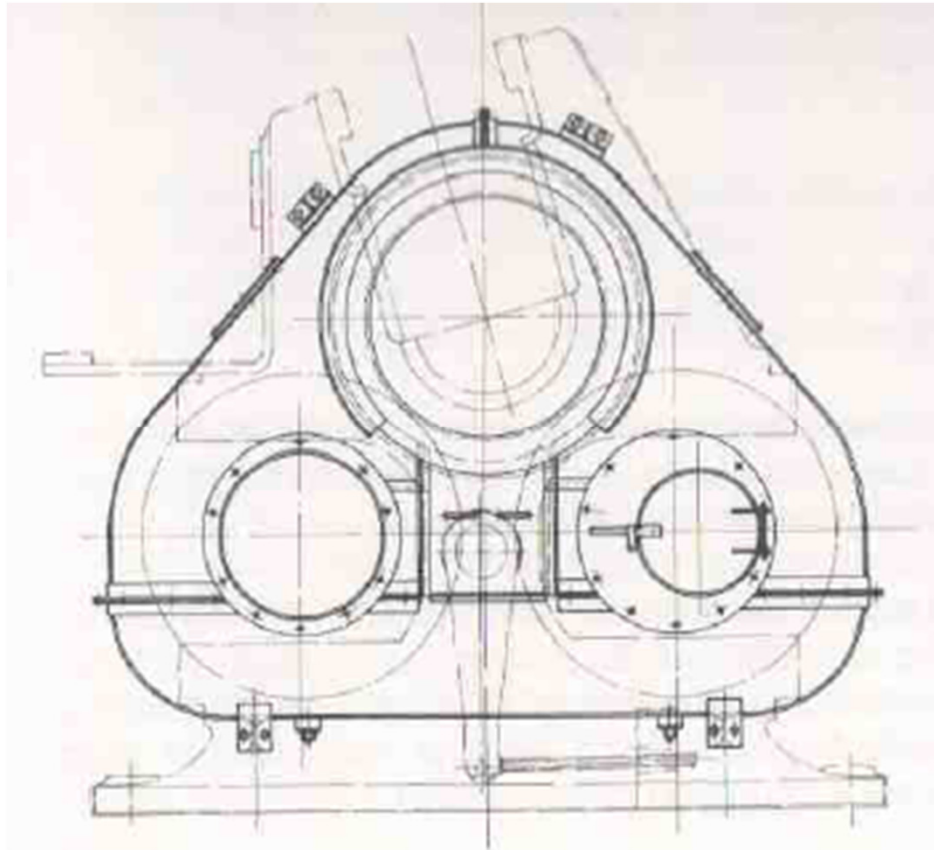


- Face lubrificada / face de contato
- Especificação do lubrificante
- Nível e fluxo de óleo na caixa

Componentes das moendas



Rodetes – Lubrificação por banho



- Contaminação do lubrificante
- Uso de capas fechadas
- Nível e fluxo de óleo na caixa

Componentes das moendas

Rodetes – Outras alternativas de lubrificação



Gotejamento



Aspersão

Componentes das moendas



Rodetes – Recuperação por soldagem

- Estabelecer limites
- Garantir procedimentos adequados



Componentes das moendas

Cabeçotes - funções

CABEÇOTE SUPERIOR HIDRÁULICO

- Transmitir o esforço para a compactação do bagaço
- Permitir a flutuação do rolo superior mantendo a carga praticamente constante
- Travar o garfo superior do castelo (esforços do esmagamento e da transmissão)

CABEÇOTES INFERIORES

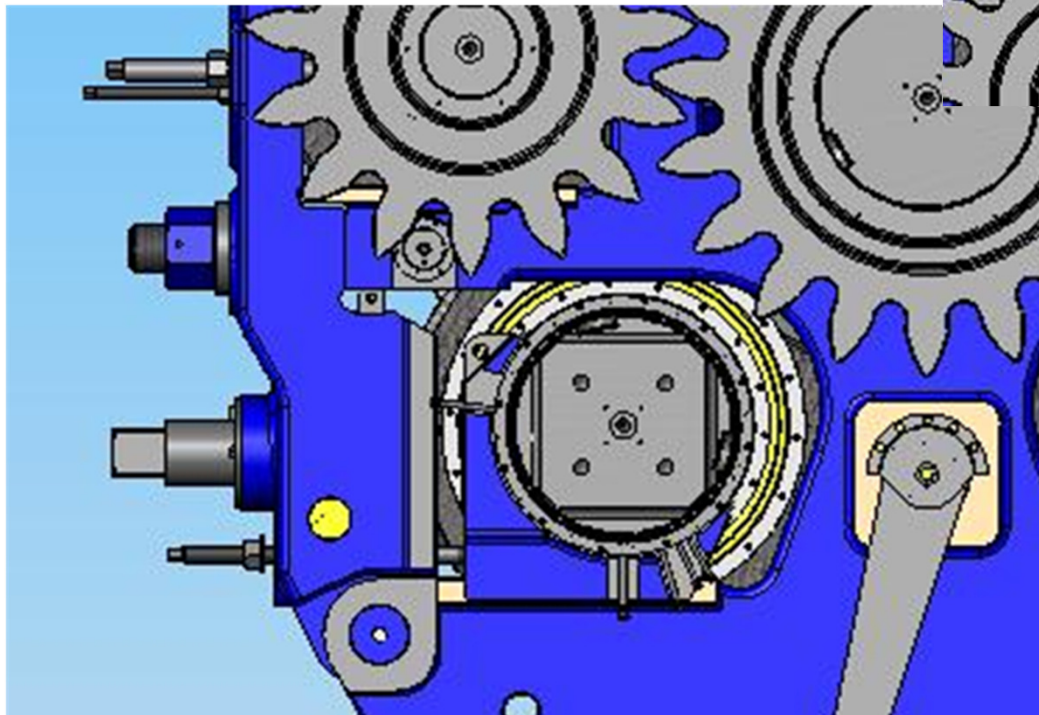
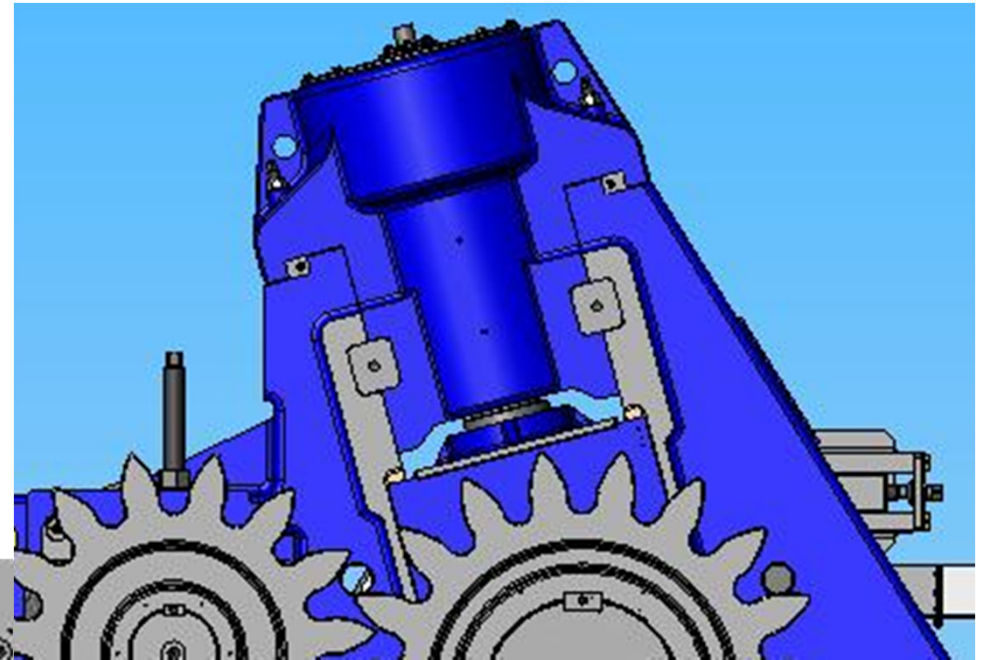
- Regulagem do posicionamento dos rolos inferiores
- Fixar posição dos mancais dos rolos inferiores
- Travar a parte inferior do castelo (esforços do esmagamento e da transmissão)

Componentes das moendas



Cabeçotes - melhorias

- Alternativas mais adequadas de travamento
- Mancal superior mais alto
- Maior facilidade para manuseio dos calços



Componentes das moendas



Cabeçotes – situações inadequadas



- Ampliação dos castelos sem alívios de tensão
- Dimensões e formas comprometidas

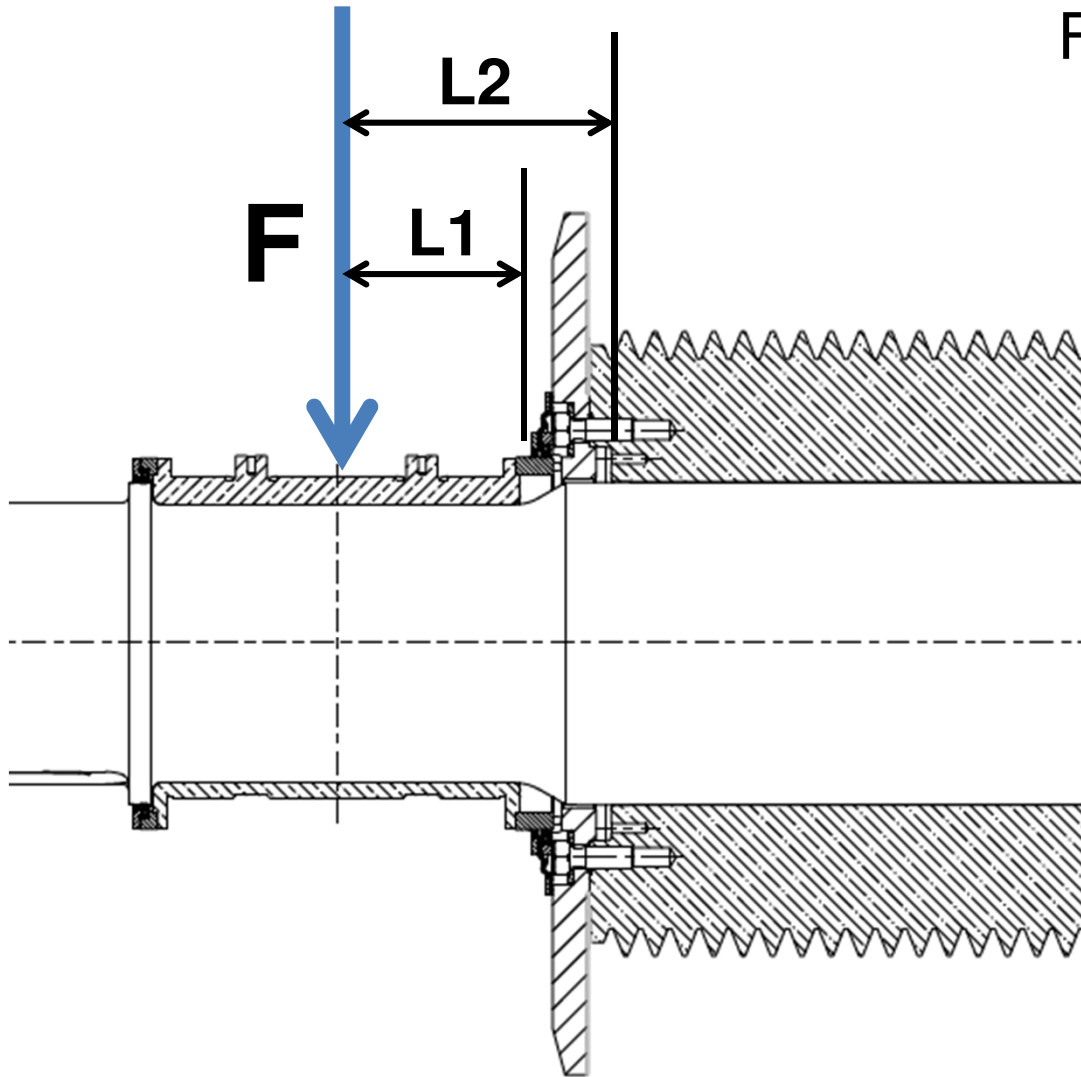
- Deterioração de partes já revestidas
- Comprometimento da resistência mecânica dos castelos



Componentes das moendas



Eixos – Esforços atuantes



F = Força de esmagamento
(Sistema Hidráulico)

$L1$ = Distância do centro
do mancal até
início do raio do
colo do eixo

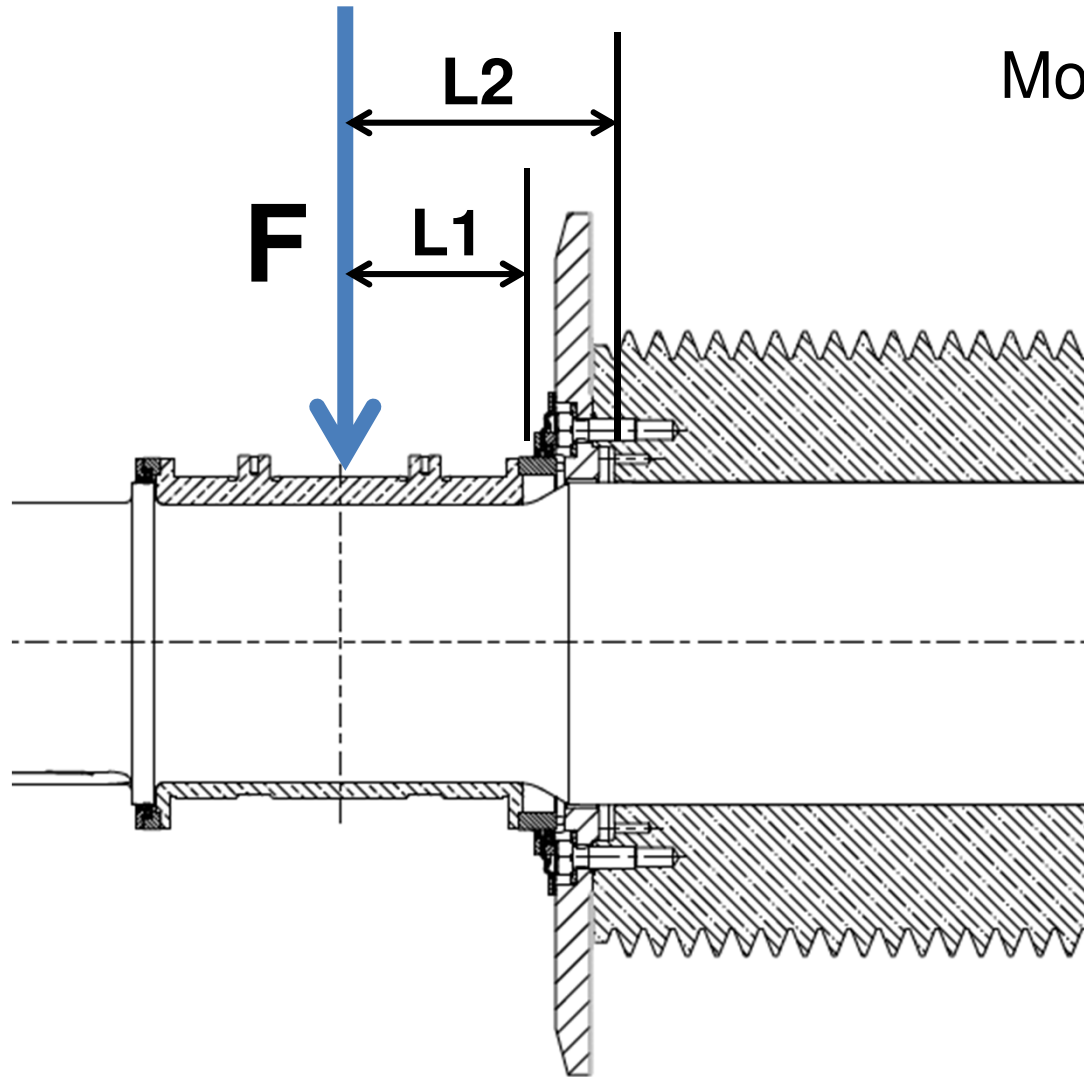
$L2$ = Distância do centro
do mancal até o
início da camisa

**Dimensionamento pela
tensão de flexão sob
fadiga nas 2 seções
mais críticas**

Componentes das moendas



Eixos – Esforços atuantes



Momento Fletor nas 2 seções

$$M_{f1} = F \times L1$$

$$M_{f2} = F \times L2$$

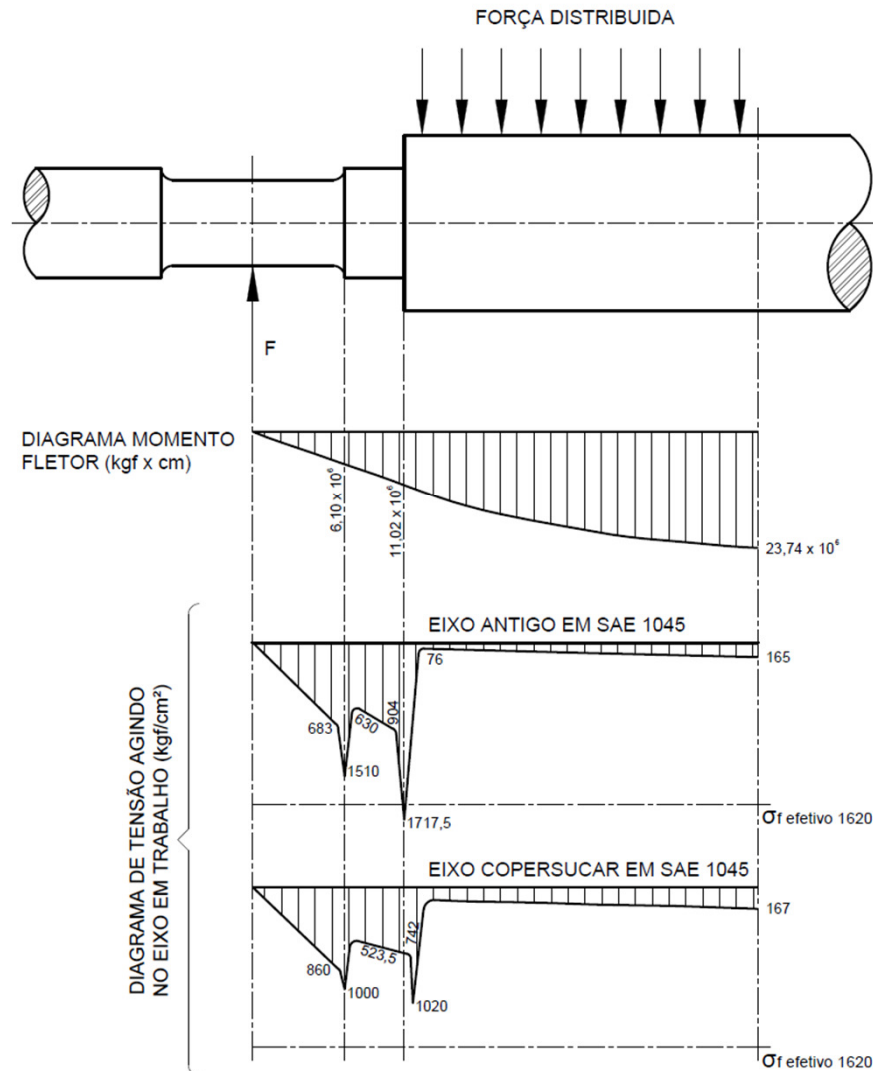
**Tensões nas 2 seções
são determinadas
levando em
consideração os
fatores de
concentração de
tensões**

Componentes das moendas



Eixos – diagramas de momento fletor e de tensões

COMPARAÇÃO DE TENSÃO - EIXO 37" x 78"



Componentes das moendas

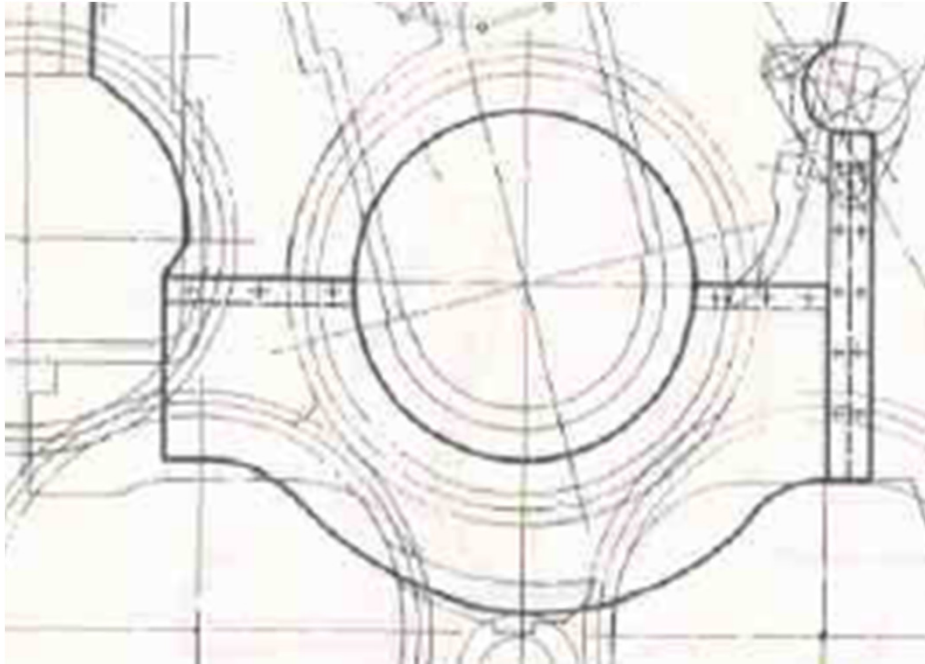


Eixos – Considerações importantes

- Coeficiente de segurança à fadiga
- Usinagem das mangas e região das camisas → elimina o encruamento
- Revestimento ou recuperação com solda → resistência do material e alteração das condições metalúrgicas na superfície
- Limites para recuperação sem soldagem de defeitos superficiais
- Limites para recuperação por soldagem de trincas (módulo de resistência à flexão)
- Procedimento de soldagem – redução do risco de falha
- Sistema de vedação eficiente – evitar riscos na superfície
- Proteção contra corrosão nas superfícies
- Montagem correta das chavetas sem artifícios para travamento axial das mesmas

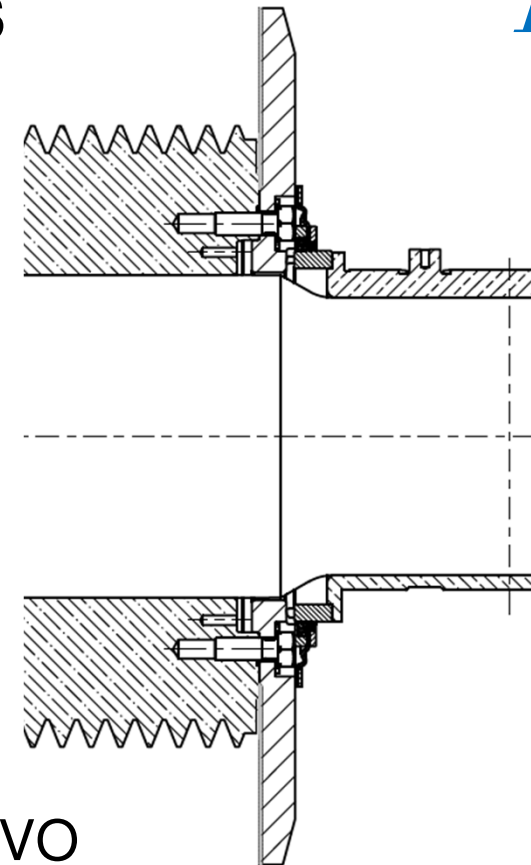
Componentes das moendas

Flanges do rolo superior - tipos



FIXO

- Maior vida útil
- Desgastes localizados acentuados
- Folgas em relação às camisas
- Ação do bagaço entre a camisa e o flange (esforços e torque)



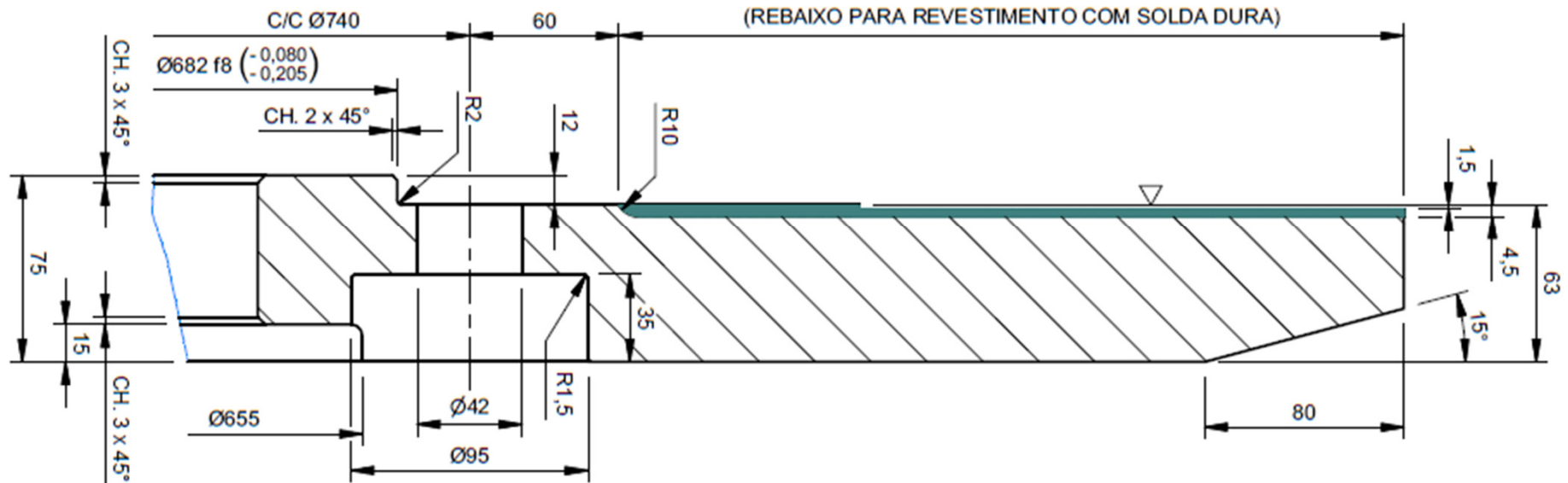
ROTATIVO

- Menor vida útil
- Desgaste superficial uniforme
- Folgas em relação às camisas
- Ação do bagaço entre a camisa e o flange (quebra parafusos)

Componentes das moendas



Flanges do rolo superior – detalhes construtivos

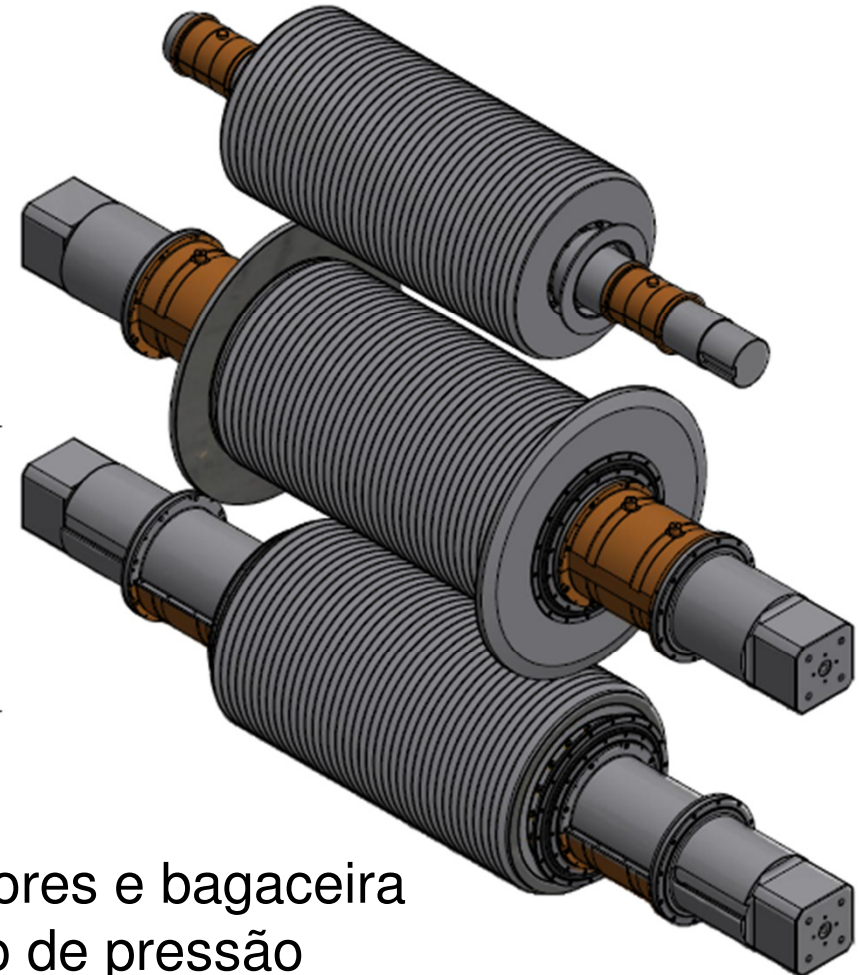
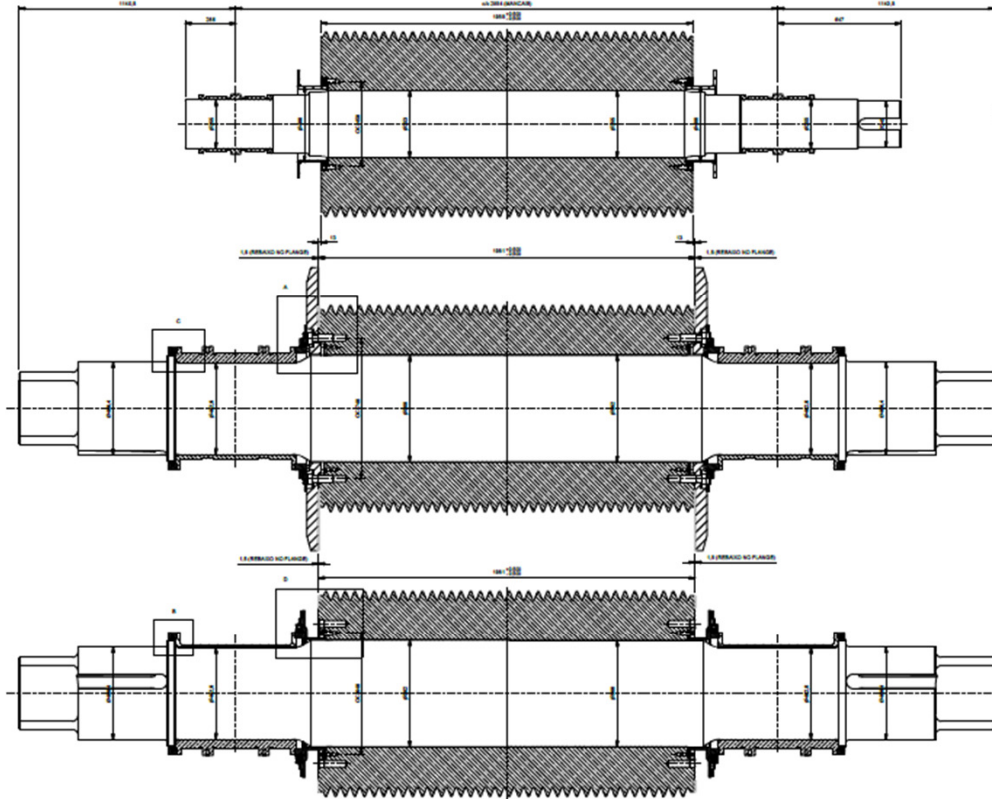


- Espessura do flange
- Espessura na região do alojamento da cabeça do parafuso
- Encaixe na camisa (ajuste com tolerância)
- Rebaixo para solda dura
- Rebaixo para camisas com frisos universal

Componentes das moendas



Flanges do rolo superior – folgas axiais



- Folga entre flanges e camisas inferiores e bagaceira
- Folga entre flanges e camisa do rolo de pressão
- Folga entre balança da bagaceira e castelos
- Folga entre encosto dos eixos e mancais

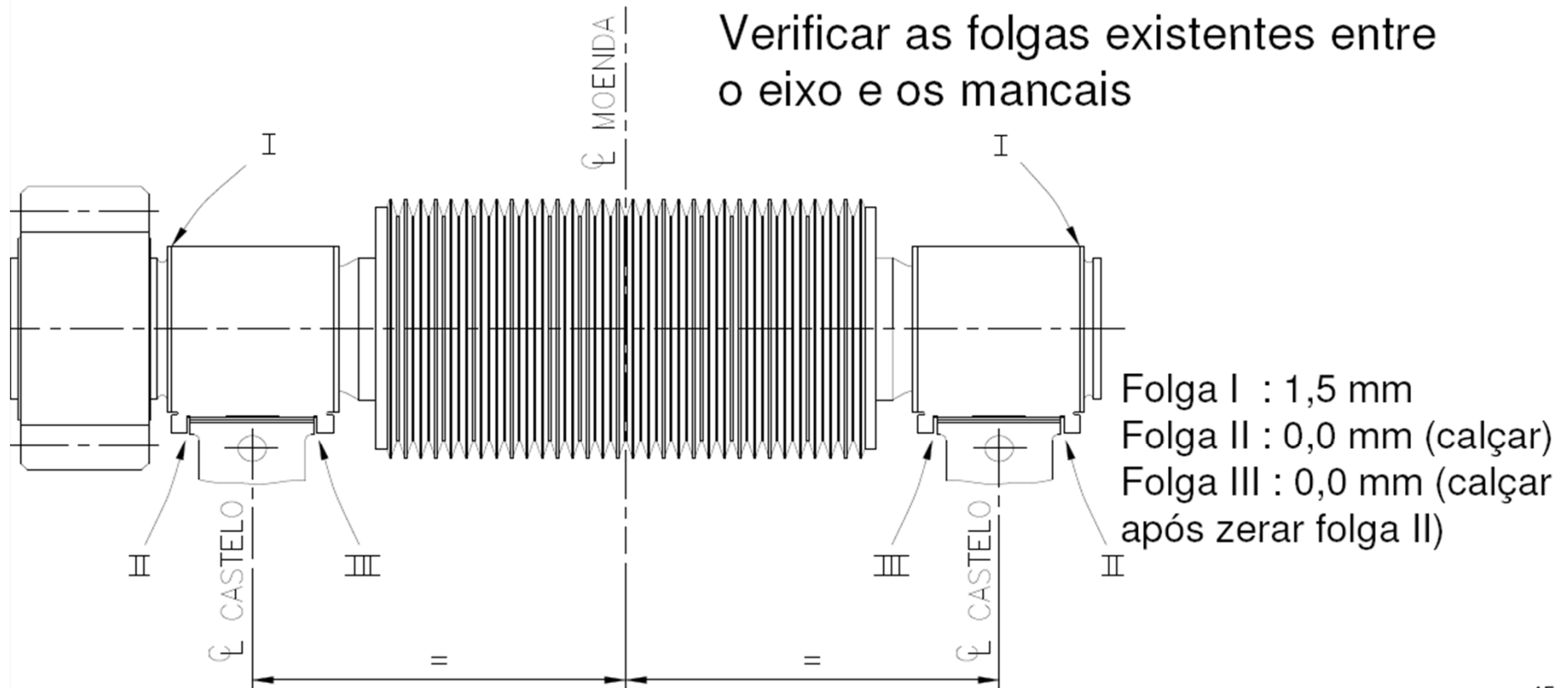
Componentes das moendas



Folgas axiais entre eixo e mancais das moendas

MONTAGEM DAS MOENDAS

Procedimento de Montagem das Moendas

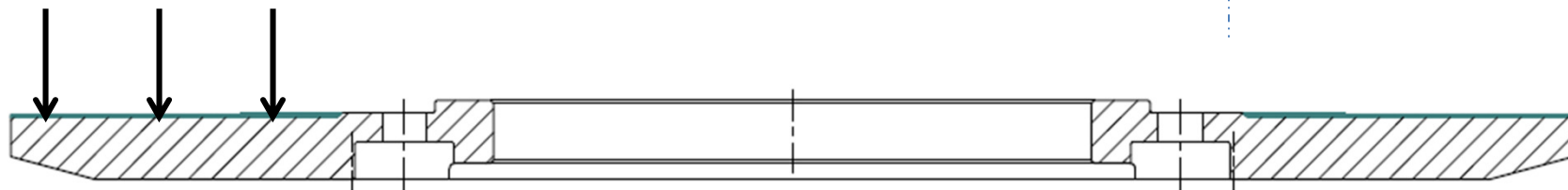
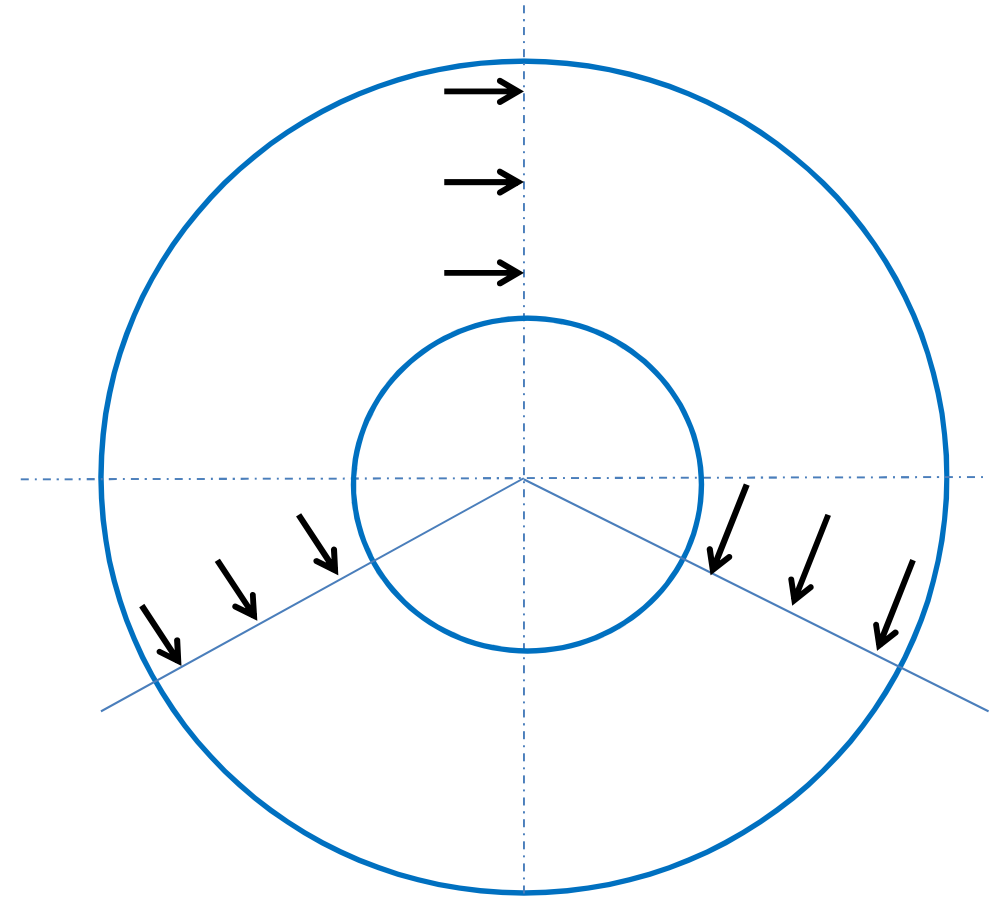


Componentes das moendas



Flanges do rolo superior – inspeção de dureza e revestimento

- Medir dureza em 3 pontos distribuídos radialmente
- Medir a dureza em 3 regiões distribuídas a 120°
- Verificar sobrepena dos cordões de solda



Componentes das moendas



Flanges do rolo superior – principais defeitos

- Destacamento da solda dura
- Desgaste entre os cordões de solda (falta de sobrepasso)
- Desgaste mais acentuado na região mais próxima ao diâmetro externo (empenamento e retífica)





Delfini Consultoria e Projetos Industriais Ltda

Quebra de parafusos dos flanges
do rolo superior

Quebra de parafusos dos flanges



Motivos para quebra de parafusos do flange

1. Projeto do parafuso
2. Material do parafuso (especificação e tratamento térmico)
3. Aperto na montagem (torque excessivo ou insuficiente e sequência de aperto)
4. Condição considerada no cálculo do torque de aperto (sem lubrificação entre as roscas)
5. Condições da superfície de apoio do flange na lateral da camisa
6. Encaixe do flange na camisa
7. Diâmetro do círculo de furação para os parafusos do flange
8. Corrosão da superfície do parafuso pelo caldo
9. Folga inadequada entre o flange e as camisas ou bagaceira na montagem

Quebra de parafusos dos flanges



Motivos para quebra de parafusos do flange

10. Bagaceira travada sem possibilidade de deslocamento axial
11. Desvio excessivo do centro de uma das camisas
12. Eixos ou castelos com montagem fora de esquadro
13. Folga axial excessiva de qualquer um dos rolos principais
14. Desgaste excessivo da lateral da camisa
15. Desgaste excessivo das faces do flange
16. Diferença excessiva da oscilação de cada lado da moenda
17. Esforços axiais excessivos (acoplamento luva/palito)
18. Diâmetro excessivo do flange
19. Empenamento do flange
20. Perpendicularidade entre a rosca e a face da camisa
21. Rosca com profundidade insuficiente
22. ...

Quebra de parafusos dos flanges



Torques de aperto – sem lubrificante entre as roscas

Elemento	Rosca W	Material	Pré-tensão Kgf	Torque N.m	Ver NOTA
Parafusos de fixação do flange à camisa do rolo superior	1 1/4"	SAE 4140	32.900 a 38.000	2.100 a 2.400	a, 1
Parafusos de fixação do flange à camisa do rolo superior	1 1/2"	SAE 4140	46.300 a 52.900	3.500 a 4.000	a, 2
Parafusos de fixação do flange à camisa do rolo superior	1 3/4"	SAE 4140	64.500 a 74.500	5.700 a 6.600	a, 3
Parafusos de fixação do flange à camisa do rolo superior	2"	SAE 4140	86.900 a 100.300	8.800 a 10.200	a

a) Especificação Técnica Copersucar: 74.048.30.50 R-1

“Especificação de Parafusos de Flange de Moenda”

Material sugerido: SAE 4140

Dureza: 33 a 39 HRC (311 a 363 HB)

Limite de resistência: 1030 Mpa (mínimo)

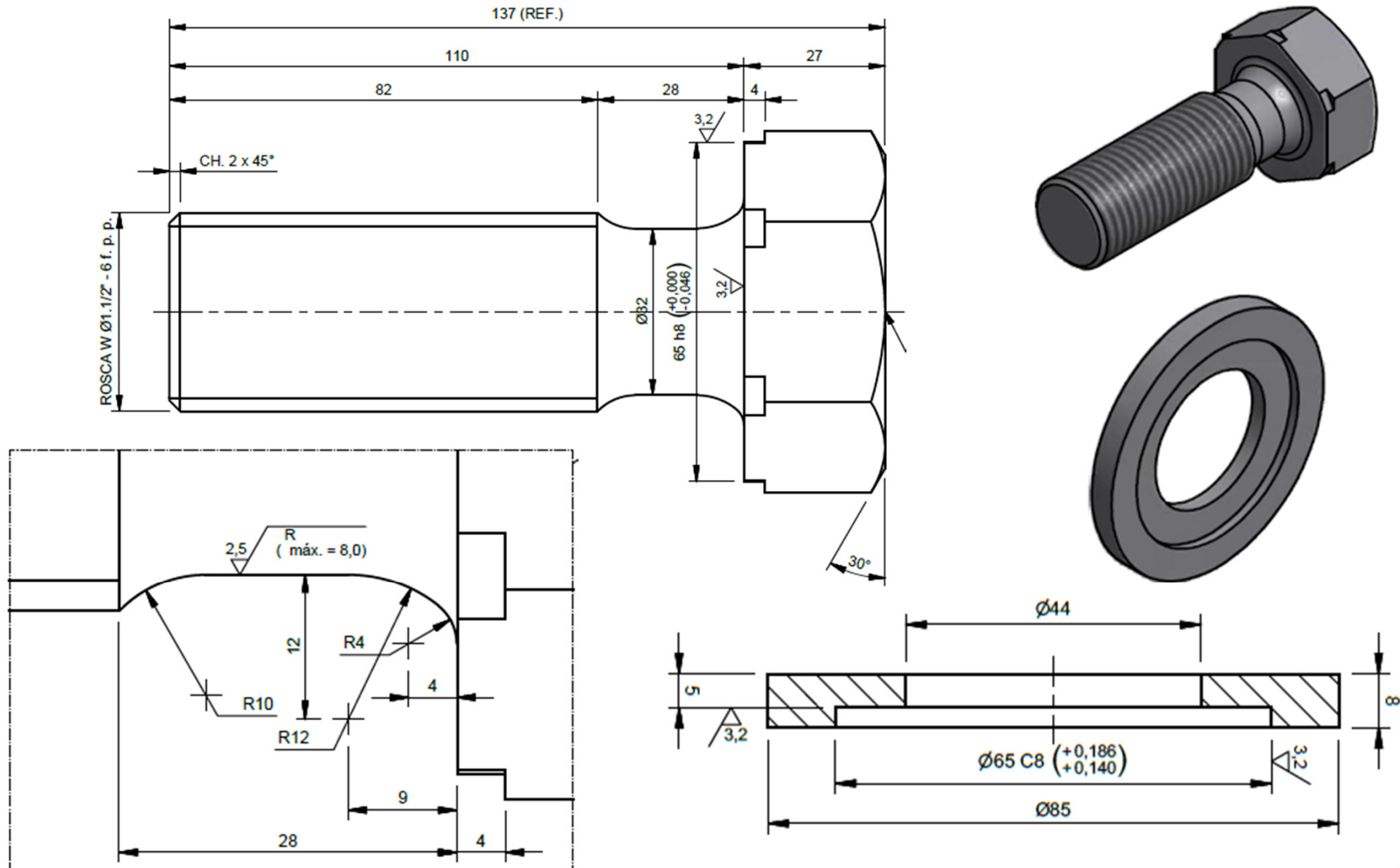
Limite de escoamento: 900 Mpa (mínimo)

Rosca produzida por rolamento (laminação) depois do tratamento térmico final.

Quebra de parafusos dos flanges



Projeto do parafuso e arruela – ênfase no acabamento



Quebra de parafusos dos flanges



Tabela de conversão pressão/torque do fabricante do torquímetro

HYTORC

TOOL MODEL: HY-AVANTI 5 S/N: A1792 AND HIGHER

PRESSURE/TORQUE CONVERSION CHART

Standard Torque Chart

PRESSURE IN PSI	FT. LBS.	TORQUE IN		PRESSURE IN BAR
		KGM	NM	
1500	804	111	1090	104
1600	858	119	1163	110
1800	965	133	1308	124
2000	1072	148	1453	138
2200	1179	163	1599	152
2400	1286	178	1744	165
2600	1394	193	1889	179
2800	1501	208	2034	193
3000	1608	222	2180	207
3200	1715	237	2325	220
3400	1822	252	2470	234
3600	1930	267	2616	248
3800	2037	282	2761	262
4000	2144	297	2906	276
4200	2251	311	3052	290
4400	2358	326	3197	303
4600	2466	341	3342	317
4800	2573	356	3488	331
5000	2680	371	3633	345
5200	2787	385	3778	358

Quebra de parafusos dos flanges



Sequência de montagem do flange



Quebra de parafusos dos flanges



Sequência de montagem do flange



Aplicação de silicone nas faces da camisa



Montagem do flange



Aplicação de silicone entre arruela e flange



Aplicação de silicone entre arruela e parafuso

Quebra de parafusos dos flanges



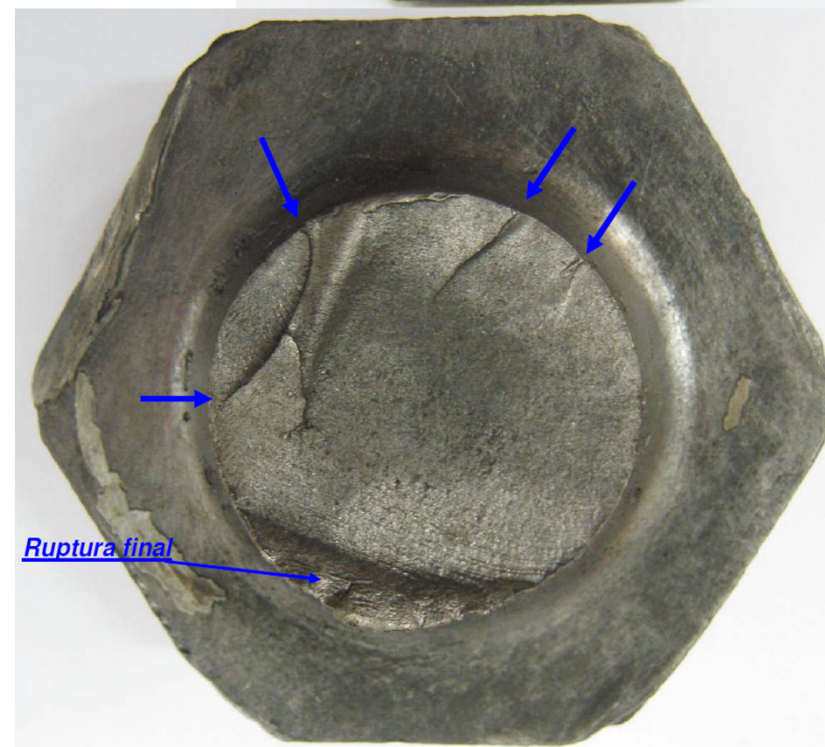
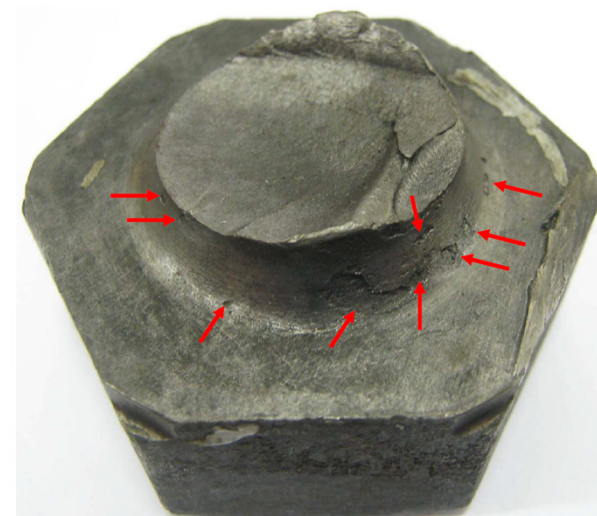
Sequência de montagem do flange



Quebra de parafusos dos flanges



Identificação da causa da fratura



Quebra de parafusos dos flanges



Estatística de quebra de parafusos do flange – Grupo Raízen

- Total de 33 conjuntos de extração, sendo 31 conjuntos de moendas e 2 difusores de cana
- Total de 178 ternos de moenda com bitolas variando de 54” a 90”
- Total de 356 flanges em trabalho
- Ocorrências na safra 2013 até o mês de outubro: quebra de parafusos de 9 flanges (2,5 %)
- Dos 9 flanges com ocorrência de quebra de parafusos, 7 ocorreram do lado oposto ao acionamento e apenas 2 no lado do acionamento da moenda



Delfini Consultoria e Projetos Industriais Ltda

Revestimentos de solda nos componentes das moendas

Revestimentos de solda na moenda



Funções das soldas tipo picote e chapisco

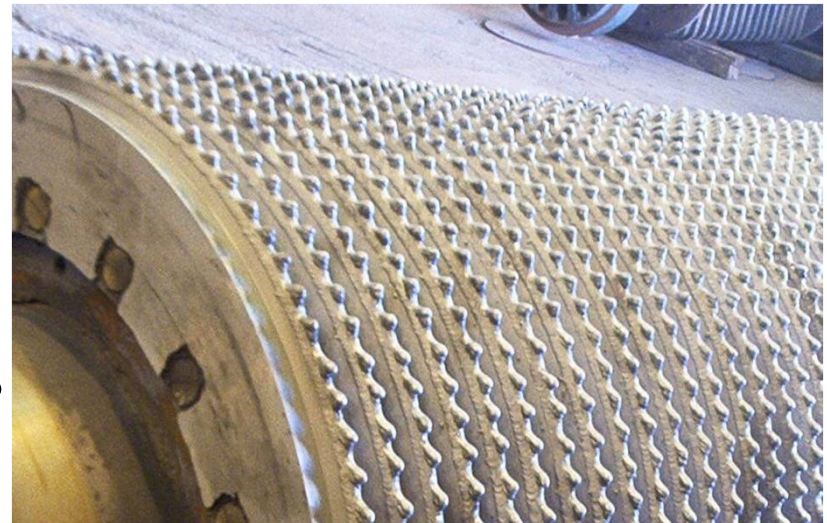
- Picote em boas condições e formato adequado é importante para a alimentação da moenda
- Chapisco auxilia na alimentação e garante a aplicação da carga (compactação) na camada de bagaço
- Chapisco é o recurso mais eficiente que se dispõe para controlar a reabsorção
- Chapisco também tem a função de proteger os flancos dos frisos contra o desgaste

Revestimentos de solda na moenda



Solda tipo picote – função e processo de soldagem

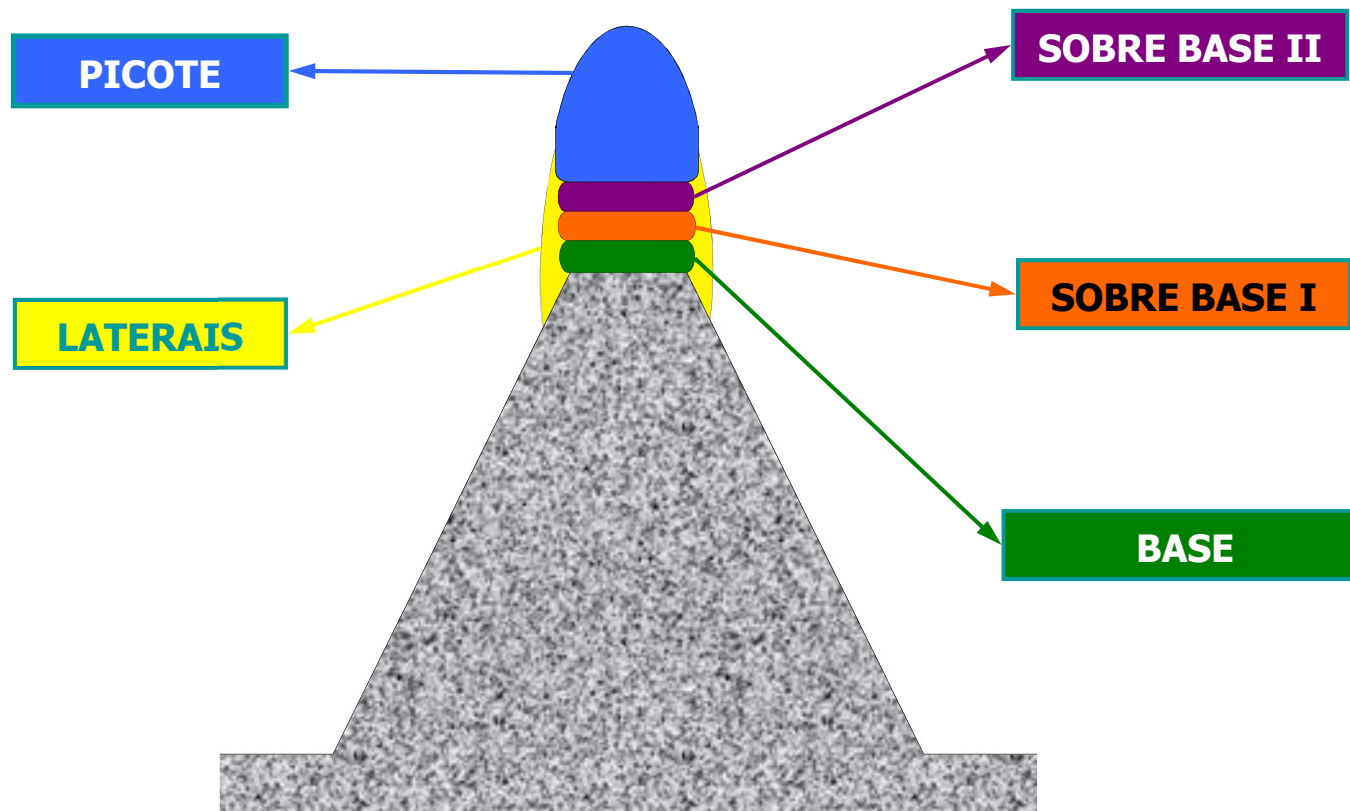
- Velocidade de operação
- Trabalho nas regiões de baixa pressão
- Proteção dos frisos
- Durabilidade dos picotes
- Processos manuais e automáticos
- Sequência de soldagem



Revestimentos de solda na moenda



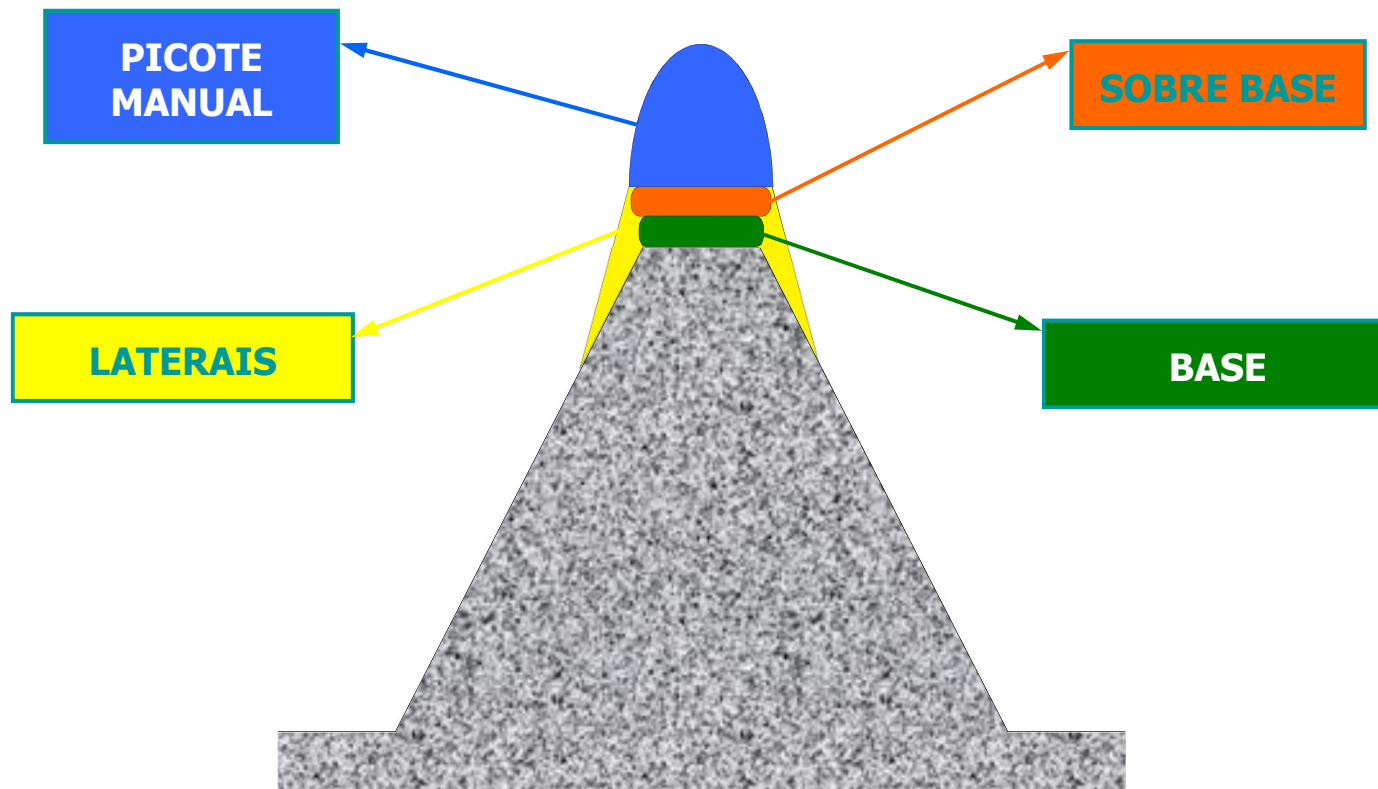
Solda tipo picote – processo de soldagem – eletrodo



Revestimentos de solda na moenda



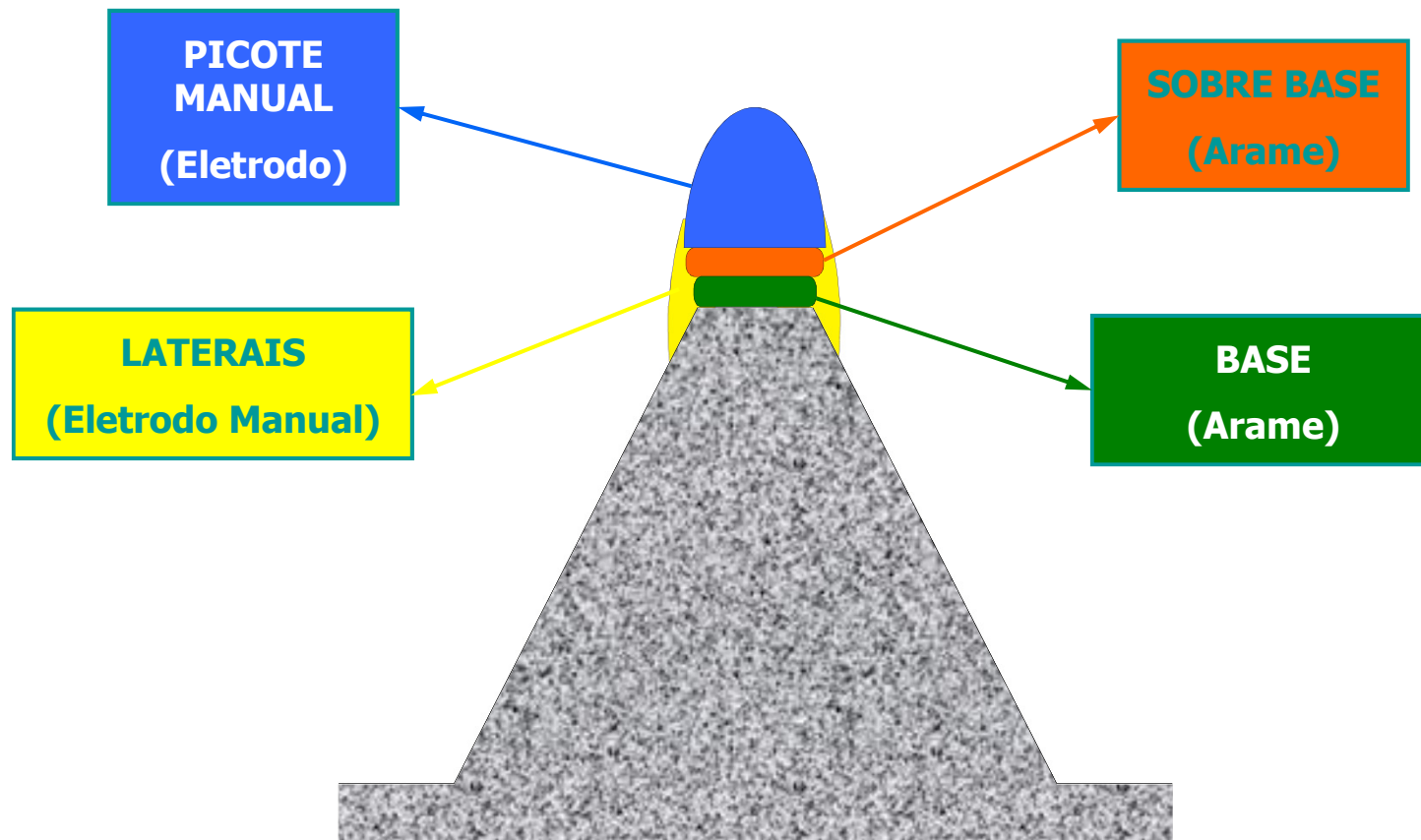
Solda tipo picote – processo de soldagem – arame



Revestimentos de solda na moenda



Solda tipo picote – processo de soldagem – arame + eletrodo



Revestimentos de solda na moenda



Solda tipo picote – processo de soldagem - comentários

- Processo de soldagem manual com eletrodo é mais eficiente para a durabilidade do picote
- Processo de soldagem automático com arame permite uma maior rapidez na execução do serviço
- Processo misto com arame + eletrodo para tentar agregar os benefícios dos 2 processos: durabilidade do picote e rapidez na execução da solda
- Solda lateral é de amarração e não de proteção → no processo automático com arame ela praticamente perde esta função

Revestimentos de solda na moenda



Solda tipo chapisco – funções e processo de aplicação

- Trabalho nas regiões de alta pressão
- Chapisco x Reabsorção
- Proteção dos frisos
- Taxa de aplicação
 - Velocidade de operação
 - Nível de impurezas
 - Tipo de solo
 - Granulometria do chapisco
 - Material da camisa
 - Utilização do terno
- Processos manuais e automáticos

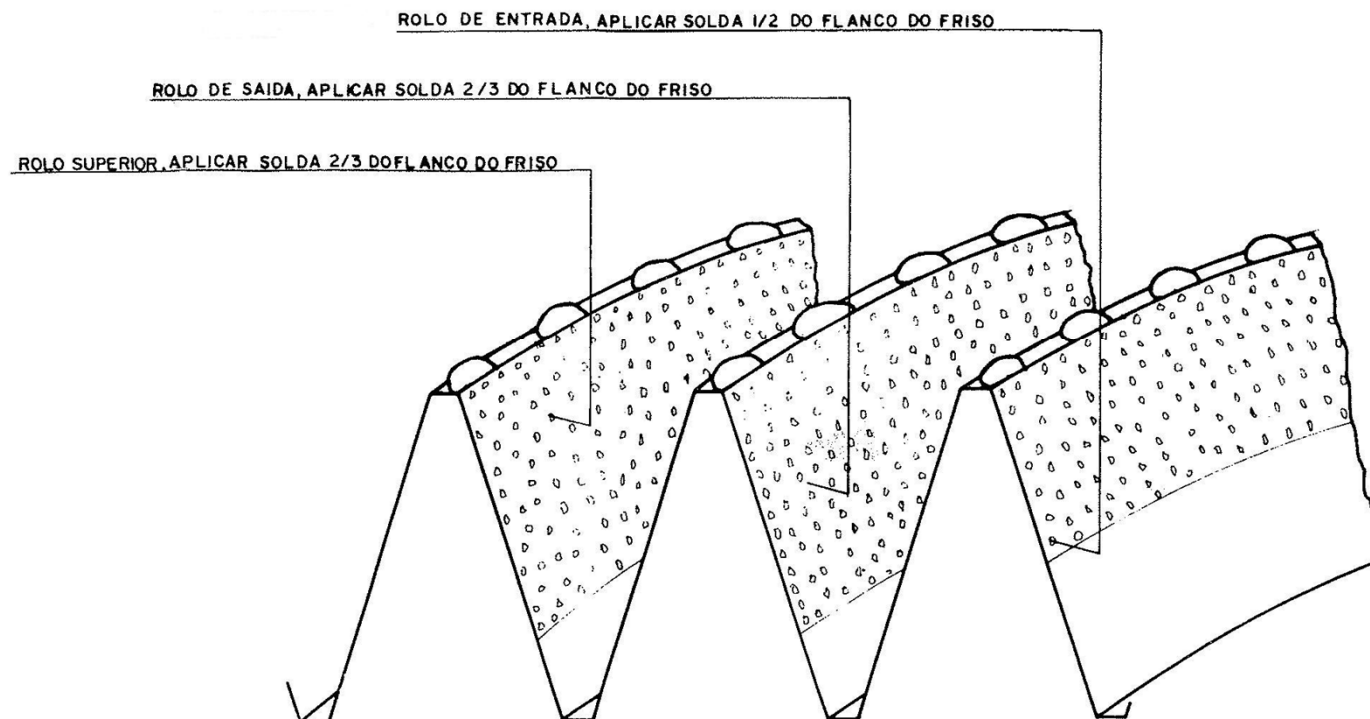


Revestimentos de solda na moenda



Solda tipo chapisco – recomendações de aplicação

Camisa	Altura do Friso com Chapisco
Pressão	Sem Chapisco
Entrada	1/2H Friso com Chapisco
Superior Saída	2/3H Friso com Chapisco

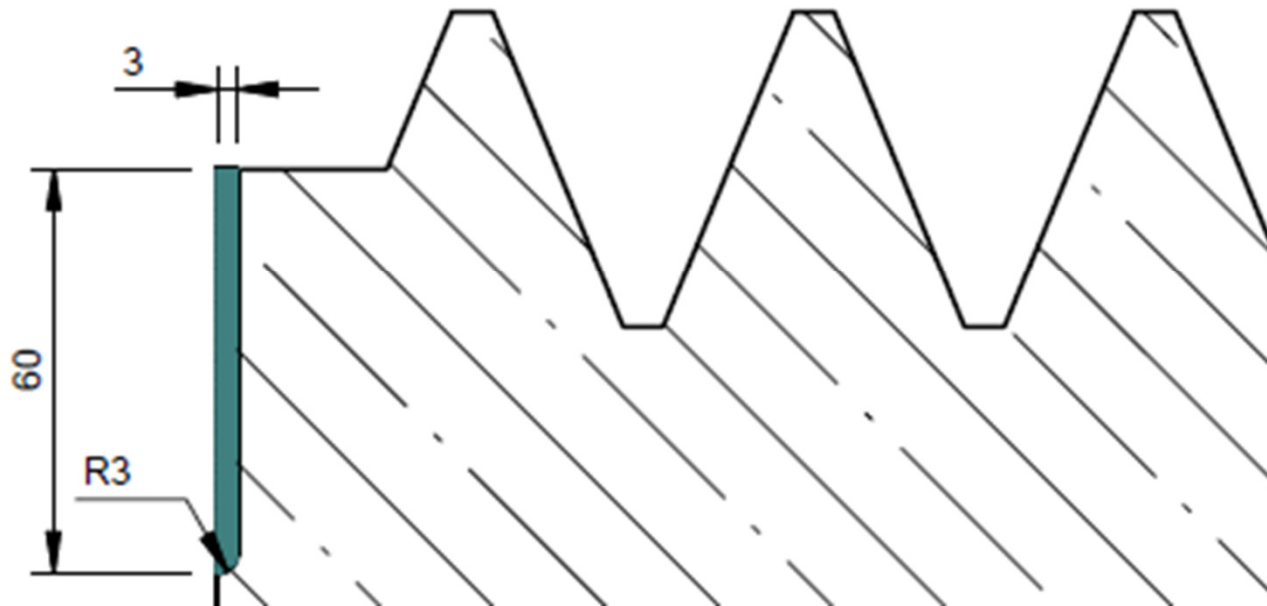


Revestimentos de solda na moenda



Solda de proteção na lateral das camisas

- Minimizar o desgaste nesta região da camisa
- Evitar aumento da folga lateral entre a camisa e o flange do rolo superior
- Efetuar em todas as camisas quando utilizando friso universal e nas camisas de pressão, entrada e saída quando utilizando frisos convencionais

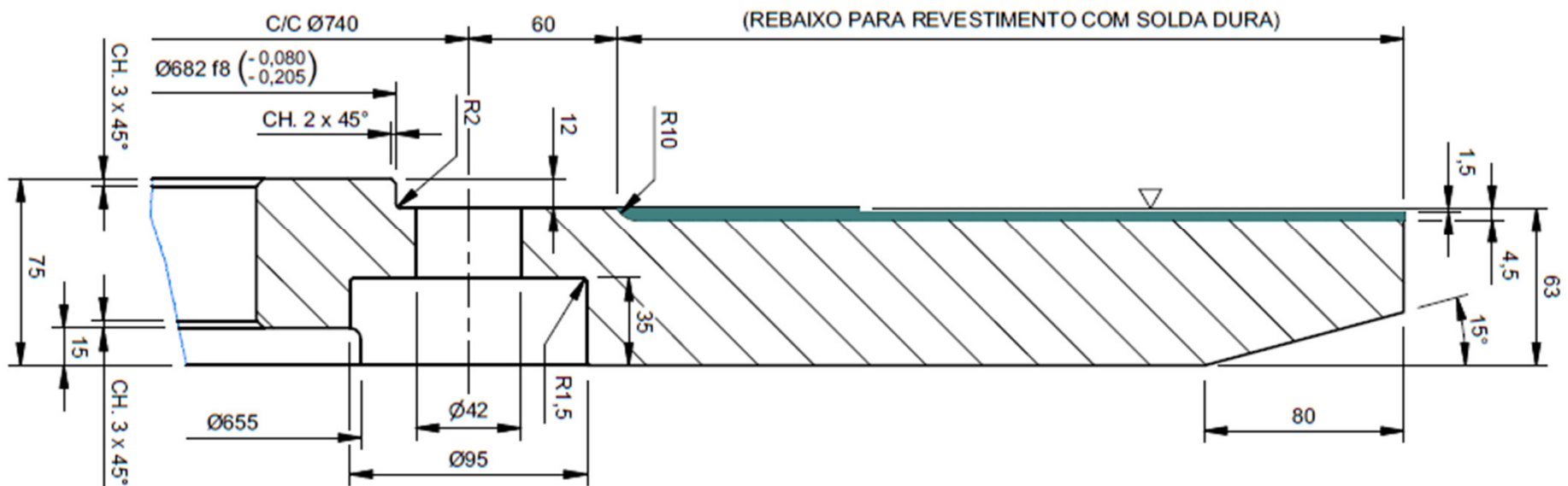


Revestimentos de solda na moenda



Solda dura nas faces dos flanges do rolo superior

- Objetivo original → Aumento da vida útil da peça
- Evitar aumento da folga lateral entre as camisas, bagaceira e o flange do rolo superior
- Essencial para minimizar a ocorrência de quebra de parafusos



Revestimentos de solda na moenda



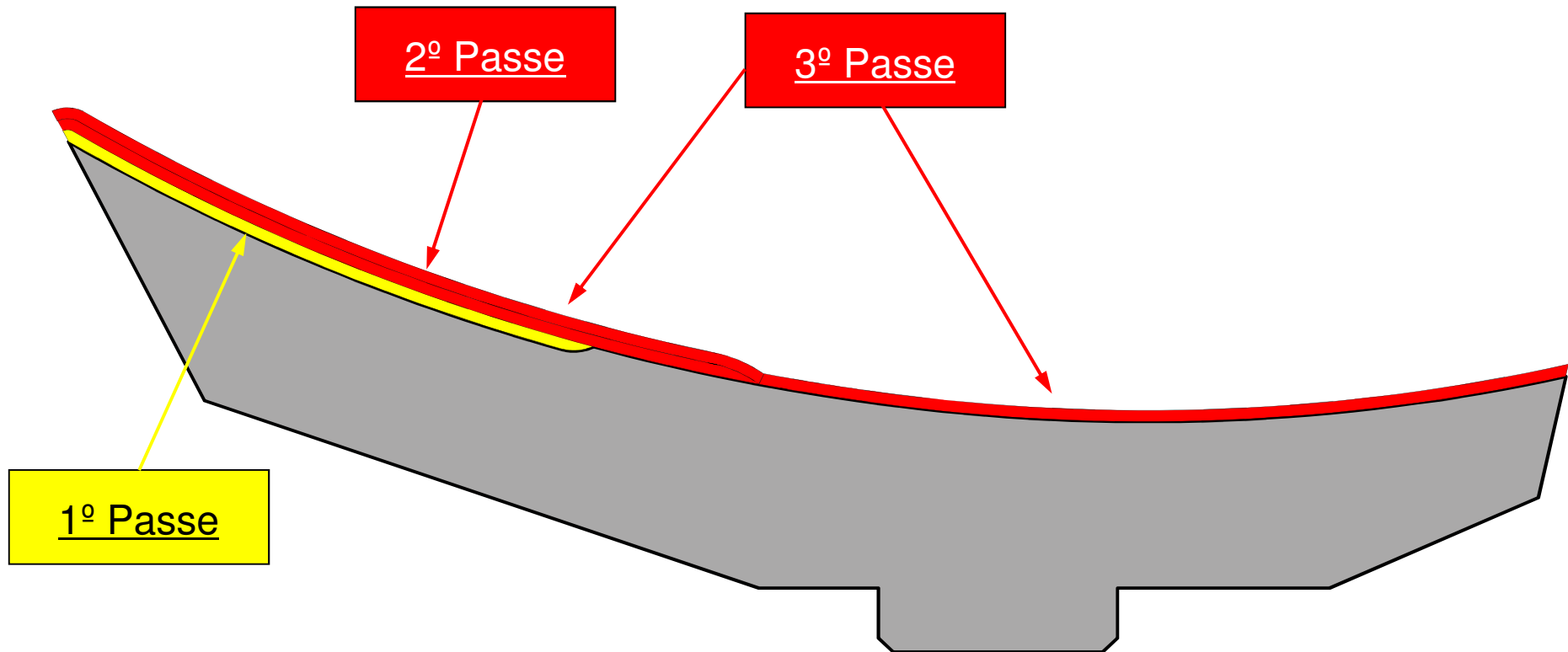
Revestimento de solda na bagaceira

- Opção de revestimento com solda dura, com 3 passes na região dos frisos
- Deposição de carboneto de tungstênio
- Proteção dos flancos dos frisos – inócuo
- Acabamento na região dos frisos – formar aresta cortante após lixamento do excesso de solda ou da deposição de material duro.

Revestimentos de solda na moenda



Revestimento de solda na bagaceira – sequência dos passes

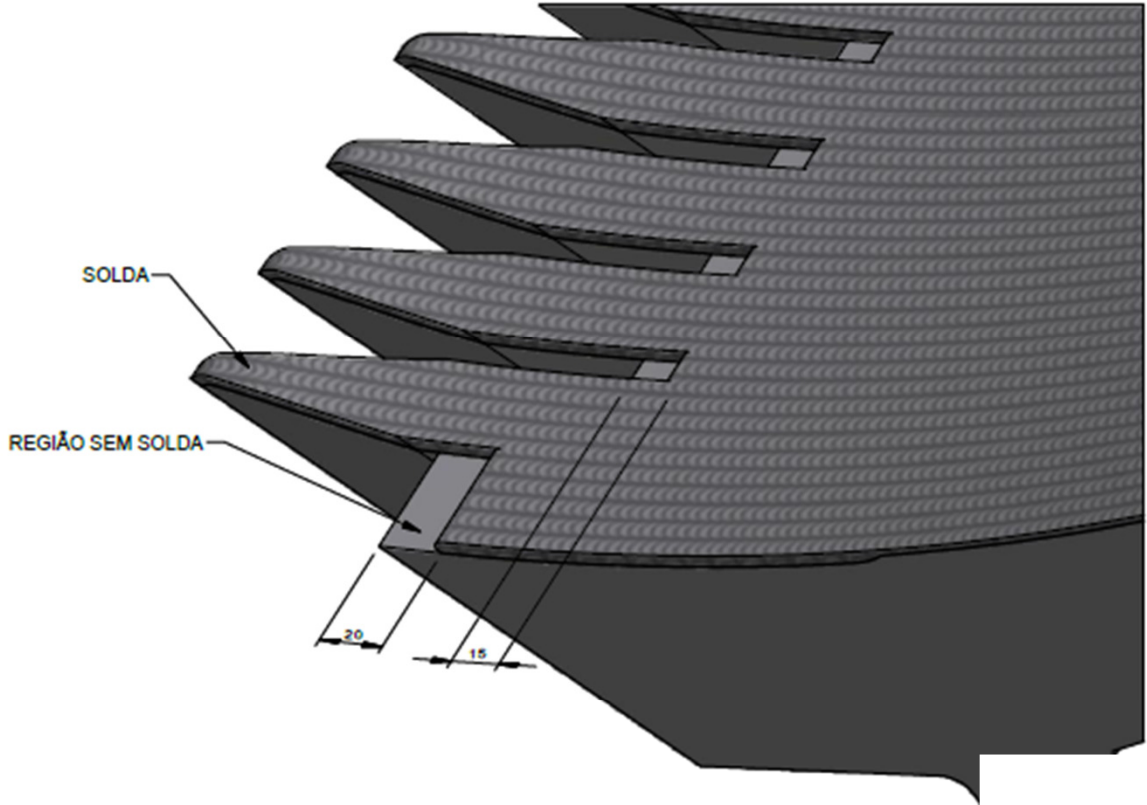


Os 2º e 3º passes poderão ser soldados até o final da bagaceira. Essa escolha vai depender das características de abrasividade específicas a cada Usina. Os frisos traseiros devem necessariamente receber revestimento

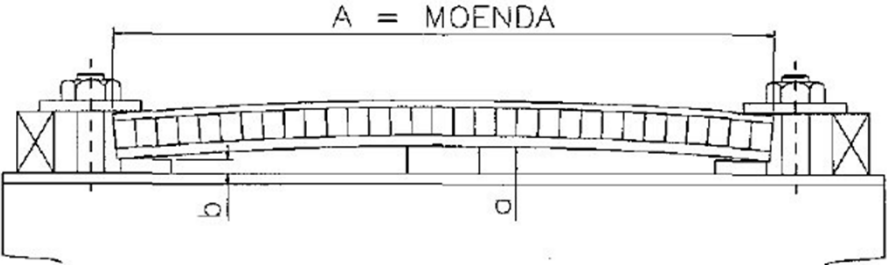
Revestimentos de solda na moenda



Revestimento de solda na bagaceira - procedimentos



MOENDA	a	b
30"x54"	12.7	9.5
34"x66"	12.7	8.5
37"x78"	12.7	8.0
42"x84"	12.7	7.0
53"x40"	12.7	6.0
53"x100"	12.7	5.0



Revestimentos de solda na moenda



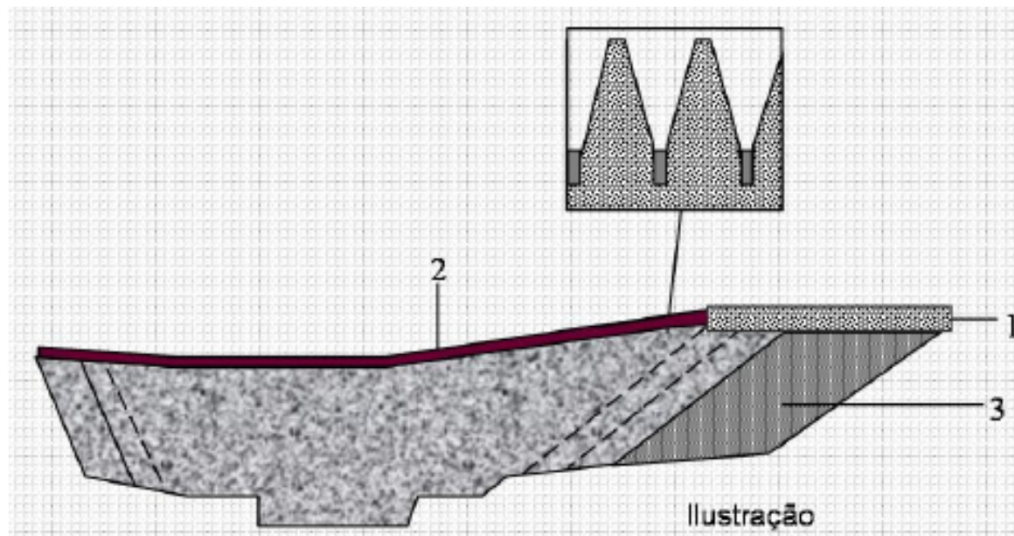
Revestimento de solda na bagaceira - acabamento



Revestimentos de solda na moenda



Revestimento na bagaceira – deposição de carboneto de tungstênio





Delfini Consultoria e Projetos Industriais Ltda

Automação da operação das
moendas/equalização das
oscilações

Automação das moendas/Oscilação



Controle da alimentação do 1º terno – Alternativas

- Quantidade de cana/hora (tch) → rotação do 1º terno:
 - Tabela rotação x moagem
 - Balança contínua no TC de cana preparada
 - Nível de caldo misto no tanque pulmão
- Taxa de moagem definida pelo fornecimento de cana ou demanda do processo de fabricação
- Definida a rotação o controle fica centrado no nível de cana preparada na calha Donnelly do 1º terno.
- Calha Donnelly cheia e moagem horária acima ou abaixo do desejado → atuação na rotação do 1º terno

Automação das moendas/Oscilação



Controle da alimentação do 1º terno – Calha Donnelly

- Adensar a cana na região de entrada da moenda
- Manter um pulmão de cana para a alimentação da moendas
- **Dificuldade do sistema de controle para manter o nível elevado numa faixa estreita**



Automação das moendas/Oscilação



Controle da alimentação do 1º terno – Calha e Apalpador



- Nível da calha atua na velocidade mas não “enxerga” quantidade de cana na esteira metálica (comando às cegas)
- Apalpador avalia solicitação da calha Donnelly, verifica carga na esteira e incrementa ou reduz a solicitação da calha.
- Estratégia indispensável para manter nível alto e com pouca variação numa faixa restrita de operação

Automação das moendas/Oscilação



Monitoramento de variáveis no processo de moagem

- Peso de cana preparada no transportador
- Velocidade dos transportadores de alimentação
- Rotação dos equipamentos de preparo
- Oscilação de todos os ternos (dois lados)
- Rotação de todos os ternos (ou de cada rolo)
- Carga hidráulica em todos os ternos
- Nível de bagaço em todas as calhas
- Vazão ou taxa de embebição
- Nível de caldo nos tanques de embebição
- Nível de caldo misto no tanque pulmão
- Temperatura dos mancais (preparo, moenda e acionamento)
- Condições termodinâmicas do vapor direto e de escape
- Potência motores elétricos de acionamento das moendas
- Pressão do óleo nos acionamentos com motores hidráulicos



Automação das moendas/Oscilação



Controle da operação dos demais ternos

- Taxa de embebição → controle da vazão de água:
 - Peso de cana preparada no transportador
 - Rotação do 1º terno (tabela moagem x rotação)
 - Teor de fibra e peso de cana – embebição % fibra constante (análise on-line da cana preparada)
- Vazão contínua dos caldos de embebição – controle de nível de caldo nos tanques e inversor de frequência no motor da bomba de embebição
- Monitoramento das cargas hidráulicas – variação apenas para equalização da oscilação
- Monitoramento da rotação (dos ternos ou de cada rolo)
- Alimentação → atuação na rotação de cada terno
- Compactação do bagaço (oscilação) → atuação na rotação de cada terno

Automação das moendas/Oscilação



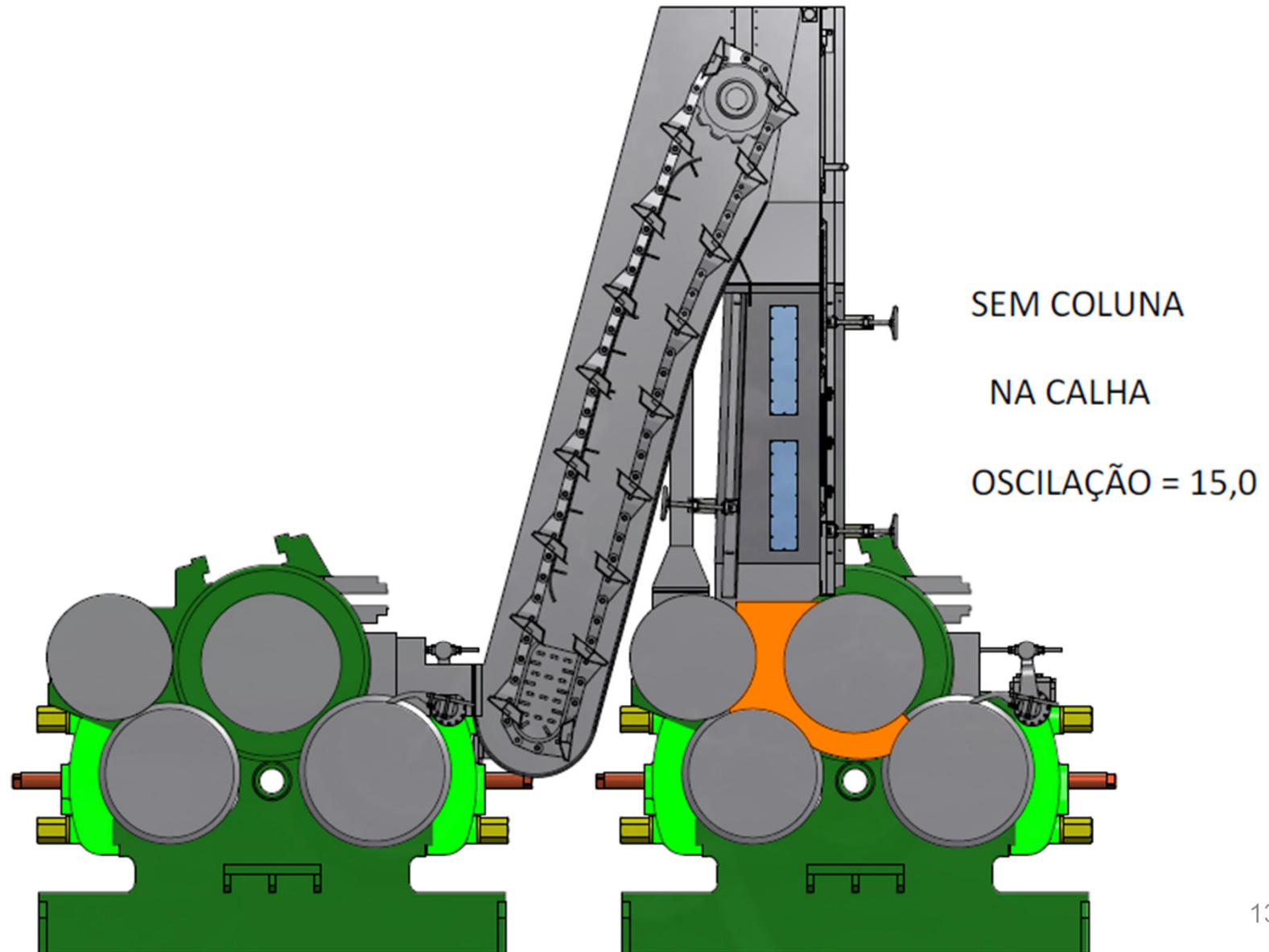
Controle da operação dos demais ternos – rotação

- Monitoramento da rotação (dos ternos ou de cada rolo)
- Alimentação → atuação na rotação de cada terno
- Compactação do bagaço (oscilação) → atuação na rotação de cada terno
- Tanto a alimentação como a oscilação precisam ser controladas
- O controle de ambas se dá pela atuação na rotação
- O controle pela alimentação (nível de bagaço na calha) pode ser adotado isoladamente
- O controle pela oscilação não pode ser adotado isoladamente e precisa do controle pela alimentação funcionando em paralelo
- Como proceder?

Automação das moendas/Oscilação



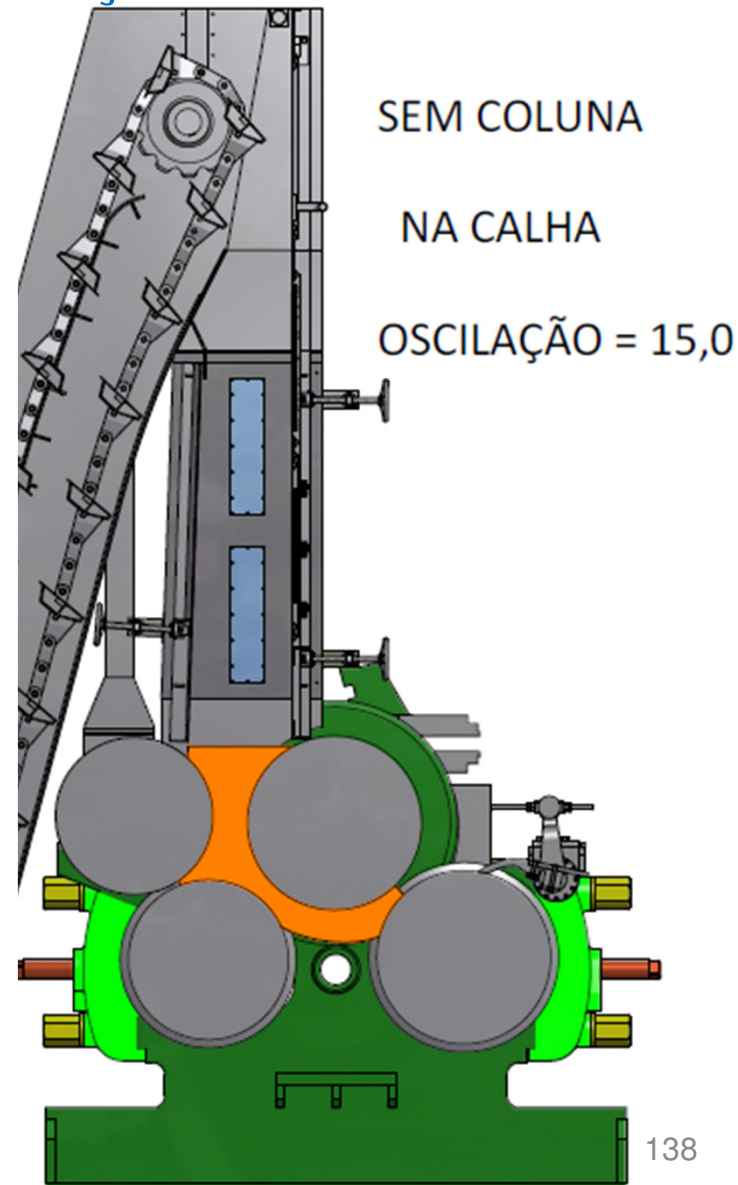
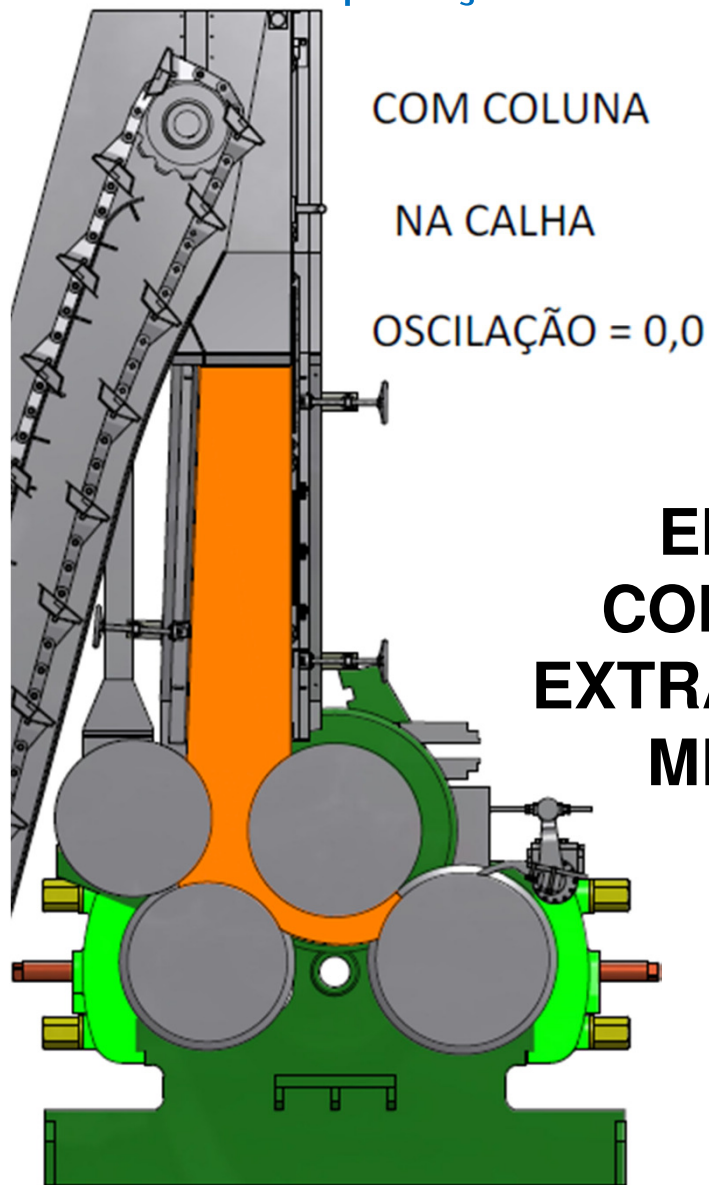
Controle da operação dos demais ternos – rotação



Automação das moendas/Oscilação



Controle da operação dos demais ternos – rotação



**EM QUAL
CONDIÇÃO A
EXTRAÇÃO ESTÁ
MELHOR?**

Automação das moendas/Oscilação



Estratégia recomendada para o controle da rotação

Controle Principal:

- Oscilação do rolo superior → rotação da moenda

Manter a oscilação do rolo superior dentro de uma determinada faixa, atuando na rotação para retorná-la dentro da faixa de operação desejada

Controle Seletivo:

- Nível de bagaço na calha → rotação da moenda

Assume o controle da rotação sempre que o nível ultrapassa um valor definido atuando na rotação até restabelecer o nível para controle pela oscilação

Automação das moendas/Oscilação



Vantagens do controle simultâneo da oscilação e alimentação

- Garantia de que a carga hidráulica está efetivamente sendo aplicada para a compactação do bagaço
- Segurança com relação ao enchimento da calha visando minimizar ocorrência de reduções, interrupções de moagem ou cortes na aplicação da embebição
- Informação ao operador sobre a necessidade de efetuar alterações na regulagem da moenda:
 - Rotação frequentemente no mínimo
 - Sem conseguir recuperar a oscilação
 - Indicação de necessidade de fechamento da abertura de saída
- Informações ao operador sobre possíveis problemas relacionados à manutenção:
 - Alteração súbita do comportamento do nível de bagaço
 - Verificar desgaste e/ou instalação de componentes

Automação das moendas/Oscilação



Desvantagens (exigências) do controle pela oscilação

- Exige funcionamento contínuo e eficaz dos transdutores de oscilação
- Exige calibragem constante dos transdutores de oscilação
- Para evitar cortes que chamam mais a atenção e afetam a moagem, o controle pela alimentação é equivocadamente priorizado
- Ao contrário dos transdutores de oscilação, os de nível não exigem calibração e a necessidade de manutenção é muito baixa



Automação das moendas/Oscilação



Equalização da oscilação – objetivo e condições

- Diminuir a diferença entre as oscilações o lado direito e esquerdo de cada terno
- Monitorar e alarmar para condições de trabalho fora dos limites operacionais
- Não devem alterar a carga média aplicada ao rolo superior da moenda
- Devem ser simples, robustos e confiáveis
- Função apenas de equalizar, não tendo qualquer atuação no controle da rotação das moendas X oscilação

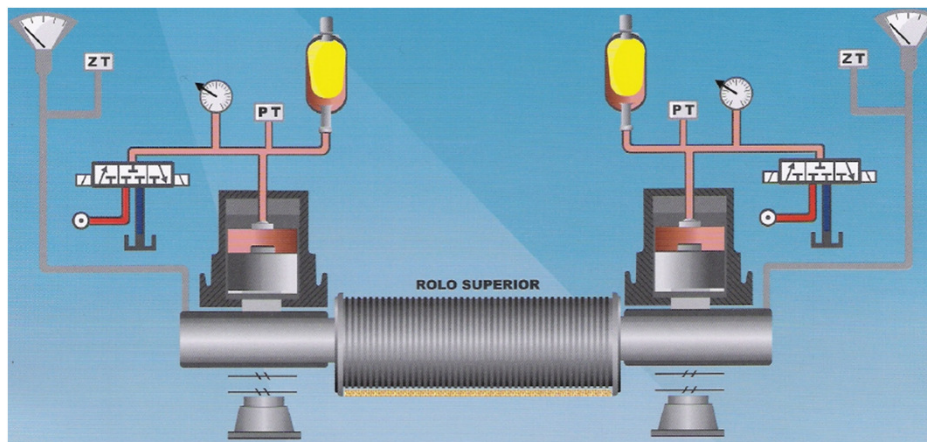
Automação das moendas/Oscilação



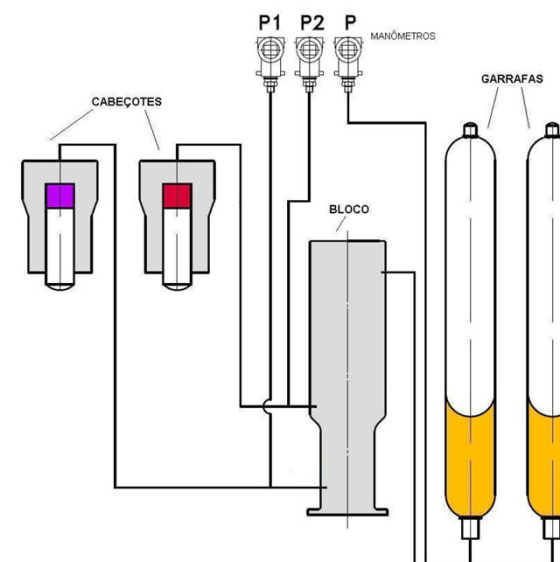
Equalização da oscilação – Opções do mercado

OPÇÕES:

- Monitoramento e atuação na carga hidráulica



- Bloco com pistão escalonado

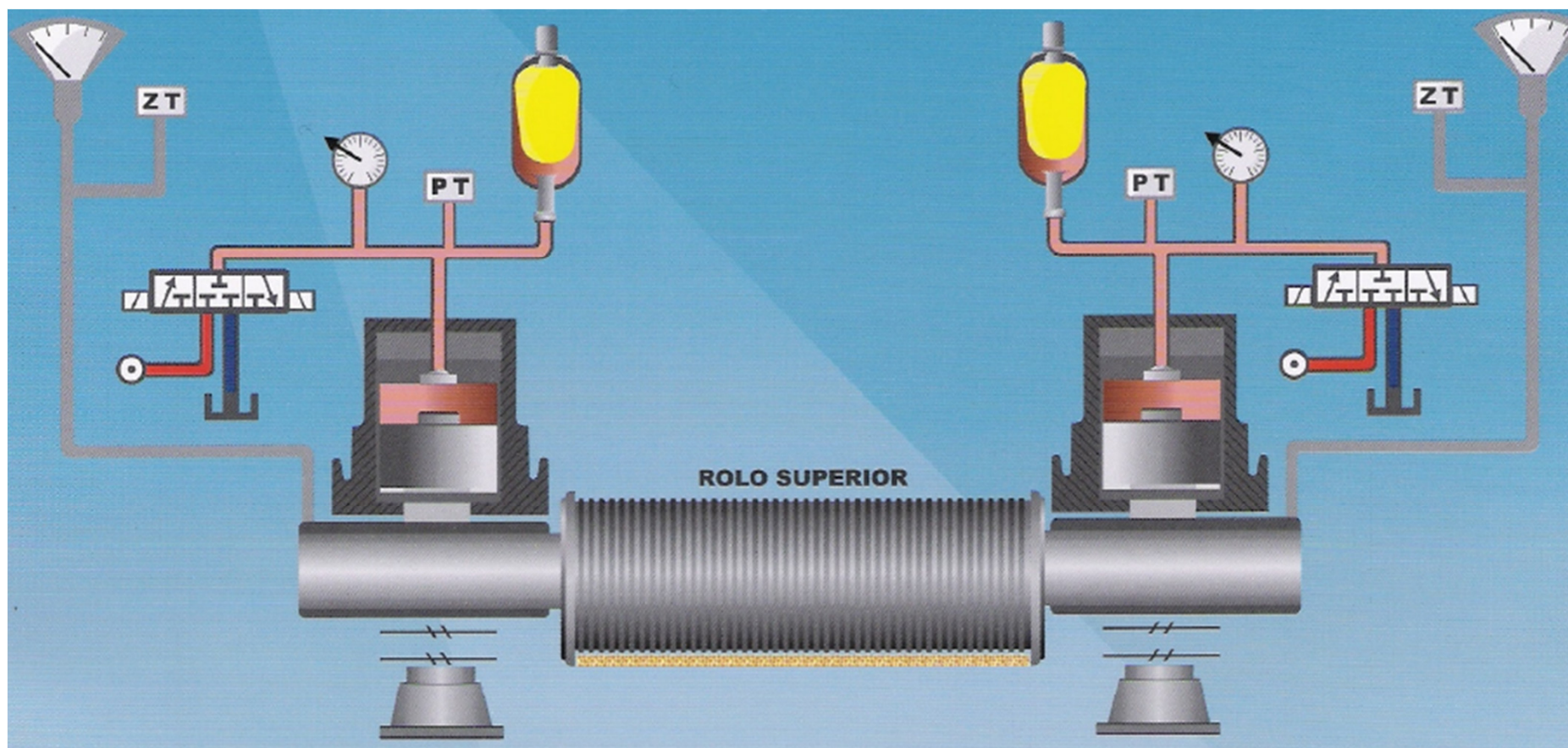


Automação das moendas/Oscilação



Equalização da oscilação – atuação na carga hidráulica

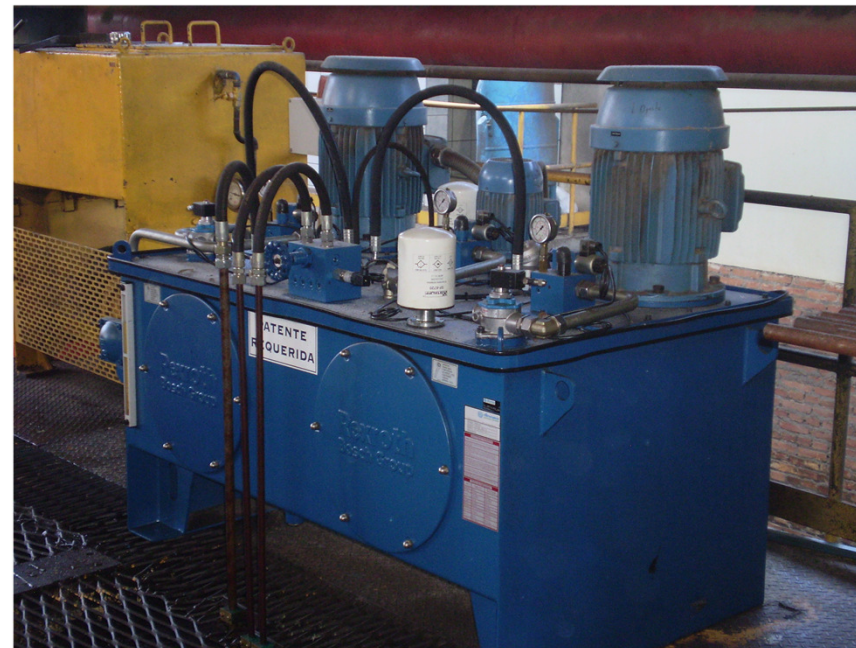
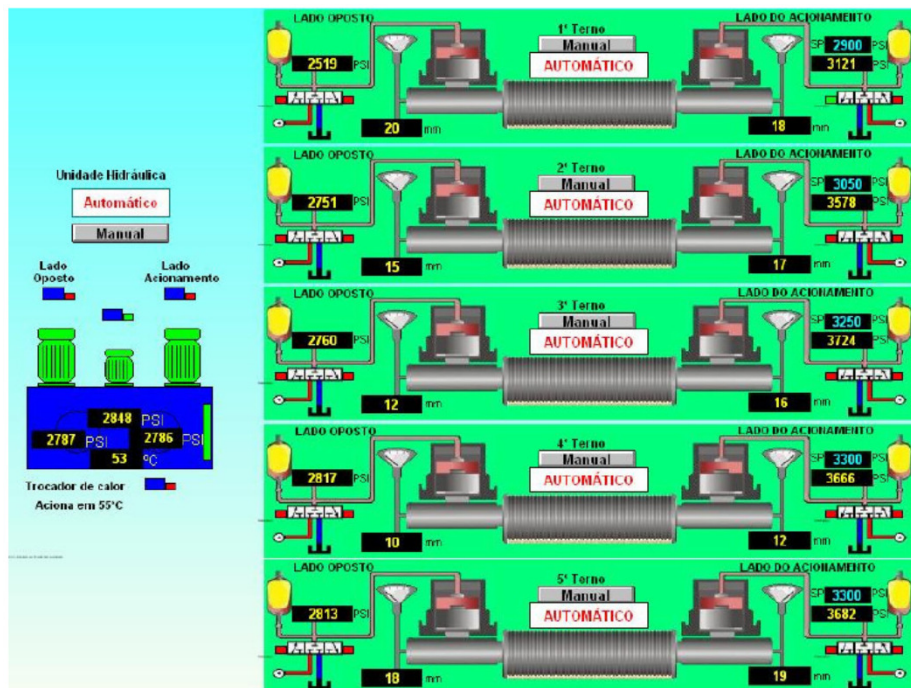
- Carga hidráulica média constante
- Alarmes para condições de trabalho fora dos limites operacionais



Automação das moendas/Oscilação



Equalização da oscilação – atuação na carga hidráulica



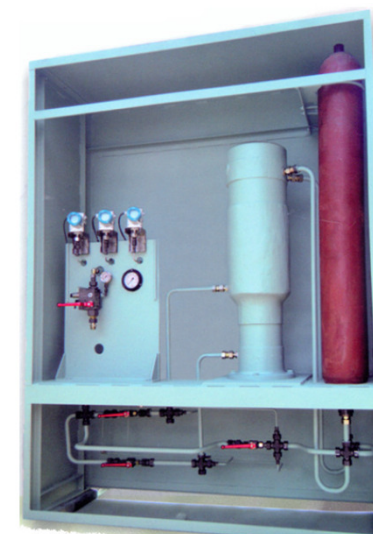
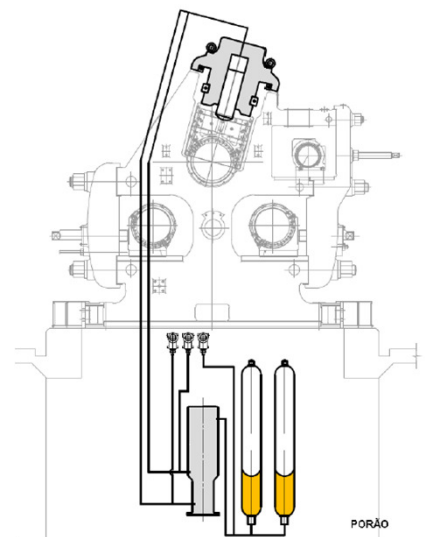
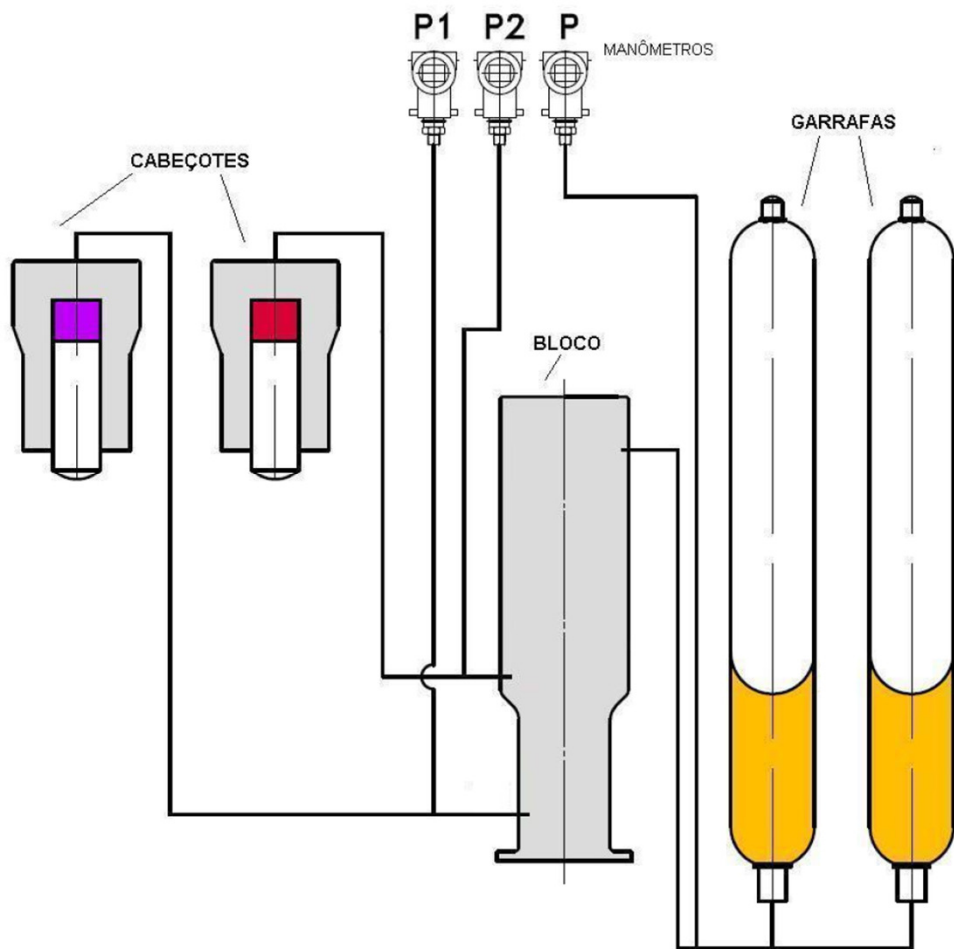
- Sistema pode atender todos os ternos de 1 conjunto de moagem
- Dependem do funcionamento correto dos transdutores de oscilação



Automação das moendas/Oscilação



Equalização da oscilação – Bloco com pistão escalonado

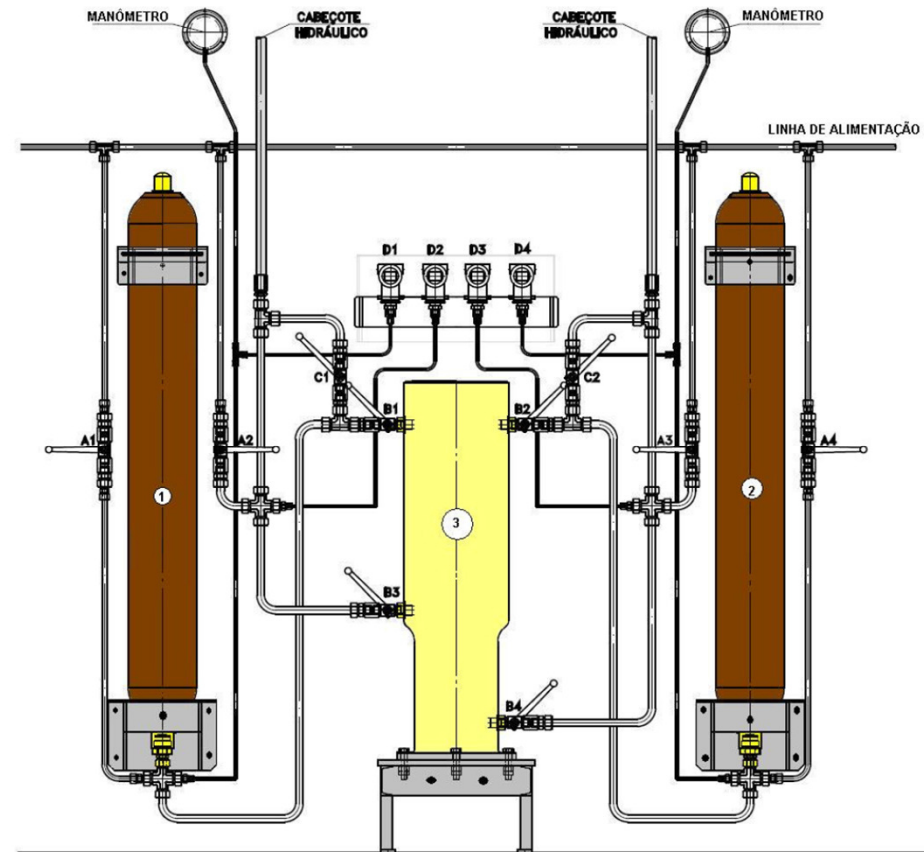


Automação das moendas/Oscilação



Equalização da oscilação – Bloco com pistão escalonado

- Princípio de equalização mecânico, contínuo por volume.
- Não adiciona pressão ao sistema
- Alarmes para condições de trabalho fora dos limites operacionais
- Um sistema para cada terno
- Não depende do funcionamento dos transdutores de oscilação



ESQUEMA DE MONTAGEM: 1, 2 – Garrafas Hidráulicas, 3 – Bloco Equalizador, D – Manômetros, B - Válvulas



Delfini Consultoria e Projetos Industriais Ltda

Capacidade e extração
Moendas e difusores de cana e
de bagaço

Capacidade e extração moenda/difusor



Capacidade Moendas – Considerações Teóricas

CAPACIDADE DE MOAGEM

Capacidade = $f (D^2, L, A, n, d_c, f_c)$

D = Diâmetro dos rolos

L = Comprimentos dos rolos

A = Abertura entre os rolos (triangulação)

n = rotação dos rolos ou velocidade no diâmetro médio

d_c = densidade da cana na base da calha Donnelly do 1º terno

f_c = teor de fibra na cana (inversamente proporcional)

Teor de fibra X Características da fibra (fibra da palha, fibra de cana isoporizada, fibra de cana bisada, etc.)

Capacidade e extração moenda/difusor



Capacidade horária das moendas – Dimensões X Rotação

TERNOS	RPM						
	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0
30" x 54"	62	92	123	154	185	215	246
34" x 54"	82	122	163	204	245	285	326
32" x 60"	83	125	166	208	249	291	332
35" x 60"	94	141	188	235	282	328	375
34" x 66"	100	150	200	250	300	350	400
37" x 66"	112	168	225	281	337	393	449
37" x 78"	135	203	271	338	406	474	542
42" x 78"	169	254	338	423	508	592	677
42" x 84"	175	263	351	438	526	614	702
46" x 84"	217	325	434	542	651	759	868
45" x 90"	231	346	462	577	692	808	923
53" x 90"	314	471	628	785	942	1.098	1.255
53" x 100"	400	600	800	1.000	1.200	1.400	1.600

Capacidade e extração moenda/difusor



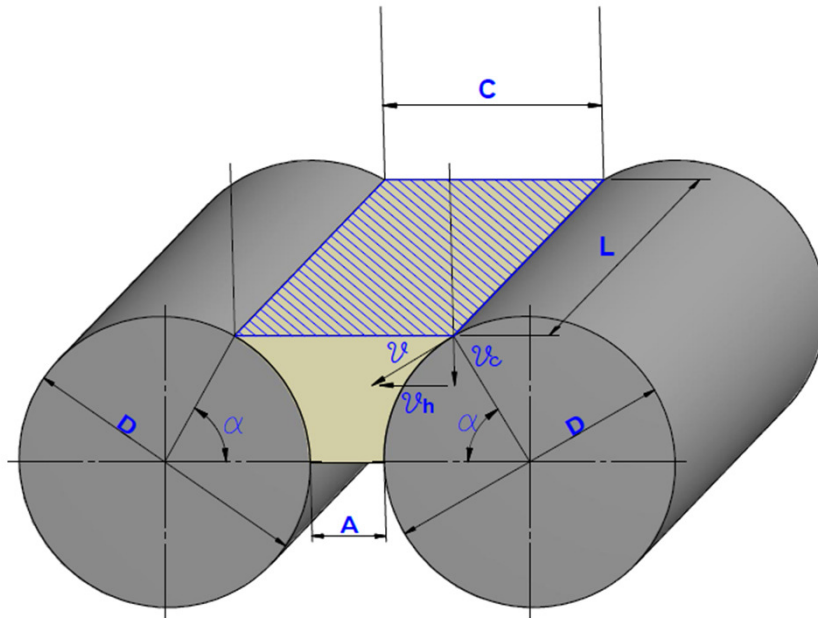
Capacidade diária das moendas – Dimensões X Rotação

TERNOS	RPM						
	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0
30" x 54"	1.477	2.215	2.954	3.692	4.431	5.169	5.908
34" x 54"	1.957	2.935	3.914	4.892	5.871	6.849	7.828
32" x 60"	1.994	2.991	3.988	4.985	5.982	6.978	7.975
35" x 60"	2.252	3.378	4.505	5.631	6.757	7.883	9.009
34" x 66"	2.400	3.600	4.800	6.000	7.200	8.400	9.600
37" x 66"	2.695	4.043	5.391	6.738	8.086	9.434	10.782
37" x 78"	3.249	4.874	6.498	8.123	9.748	11.372	12.997
42" x 78"	4.062	6.092	8.123	10.154	12.185	14.215	16.246
42" x 84"	4.209	6.314	8.418	10.523	12.628	14.732	16.837
46" x 84"	5.206	7.809	10.412	13.015	15.618	18.222	20.825
45" x 90"	5.538	8.308	11.077	13.846	16.615	19.385	22.154
53" x 90"	7.532	11.298	15.065	18.831	22.597	26.363	30.129
53" x 100"	9.600	14.400	19.200	24.000	28.800	33.600	38.400

Capacidade e extração moenda/difusor



Capacidade Moendas – Considerações Teóricas



$$V_c = L \times C \times \mathcal{V}_c$$

$$\mathcal{V}_c = \mathcal{V} \times \cos \alpha$$

$$V_c = L \times C \times \mathcal{V} \times \cos \alpha$$

$$Q_c = d_c \times L \times C \times \mathcal{V} \times \cos \alpha$$

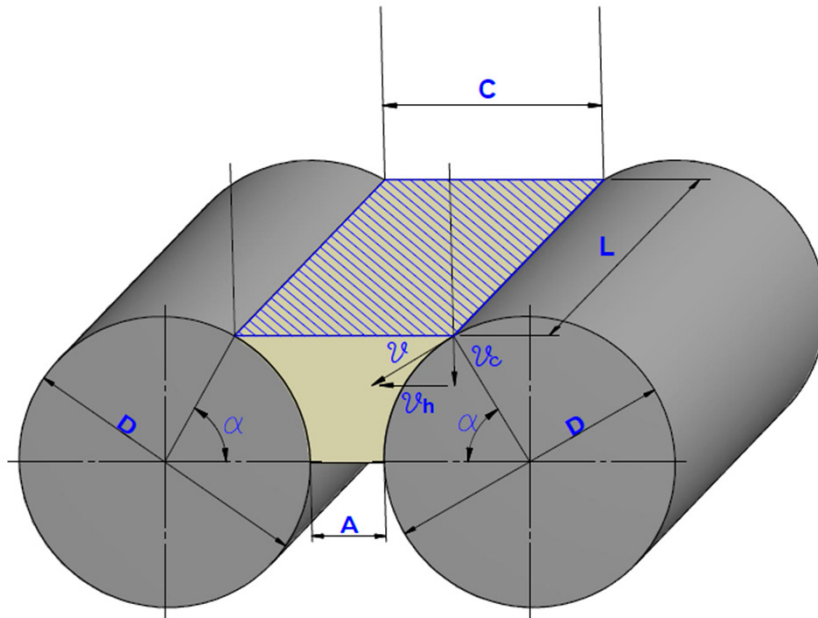
O peso de cana (Q_c) entrando num par de rolos na unidade de tempo é igual à sua densidade aparente (d_c) multiplicada pelo volume descrito naquele ponto (V_c).

O volume descrito é igual ao produto do comprimento do rolo (L) pela espessura da camada de cana (C) pela componente da velocidade do rolo no ponto de contato, definido pelo ângulo de alimentação α

Capacidade e extração moenda/difusor



Capacidade Moendas – Considerações Teóricas



$$V_c = L \times C \times \nu_c$$

$$\nu_c = \nu \times \cos \alpha$$

$$V_c = L \times C \times \nu \times \cos \alpha$$

$$Q_c = dc \times L \times C \times \nu \times \cos \alpha$$

Tanto a velocidade (ν) quanto o $\cos \alpha$ podem ser expressos em função das condições geométricas de alimentação (diâmetro dos rolos (D), espessura da camada de cana (C) e abertura (A).

Transformando a equação de capacidade volumétrica apresentada, expressando em função dos dados acima, demonstra-se a relação da capacidade com o quadrado do diâmetro dos rolos.

Capacidade e extração moenda/difusor



Capacidade Difusores – Considerações Teóricas

CAPACIDADE DO DIFUSOR

$$\text{Capacidade} = f(L, h_c, V, d_c)$$

L = Largura do difusor

h_c = altura do colchão de cana

V = Velocidade do difusor

d_c = densidade da cana **ou densidade da fibra**

Capacidade e extração moenda/difusor

Capacidade Difusores – Considerações Teóricas

- A densidade do colchão de cana normalmente é medida ou expressa em termos de quantidade de fibra por unidade de volume.
- Esta densidade nada mais é do que a densidade aparente da fibra.
- A proporção de caldo em relação à fibra varia no processo e assim a densidade aparente da fibra é a melhor representação do grau de compactação da camada.
- A densidade é dependente do teor de fibra na cana e da altura da camada de cana.
- Na prática a densidade aparente da fibra é da ordem de 70 a 80 kg de fibra/m³ (P. Rein) ou de 60 a 80 kg de fibra/m³ (Hugot).

Capacidade e extração moenda/difusor



Capacidade Difusores – Considerações Teóricas

CAPACIDADE DO DIFUSOR

$$Q_c = L \times h_c \times V \times 100 \times d_f / F_c \times 60 / 1.000$$

L = Largura do difusor (m)

h_c = altura do colchão de cana (m)

V = Velocidade do difusor (m/min)

d_f = densidade aparente da fibra (kg fibra/m³)

F_c = fibra % cana (%)

Ou:

$$Q_c = L \times h_c \times V \times d_c \times 60 / 1.000$$

d_c = densidade da cana (kg/m³)

Capacidade e extração moenda/difusor



Capacidade Difusores – Considerações Teóricas

CAPACIDADE DO DIFUSOR

Capacidade = 1.000 TCD / m de largura

Exemplo: Difusor para 8.000 TCD → Largura = 8,0m

Esta relação tem sido aumentada em nossas indústrias:

Difusor para 15.000 TCD → Largura = 12,0 m

Difusor para 21.000 TCD → Largura = 15,0 m

Capacidade e extração moenda/difusor



Comparativo de Capacidade Moendas X Difusores

CAPACIDADE MÁXIMA

Difusores = 15.000 a 21.000 TCD

Largura = 15,0 m

Moendas = 30.000 a 33.000 TCD

Dimensões nominais = 53" X 100"

Observações:

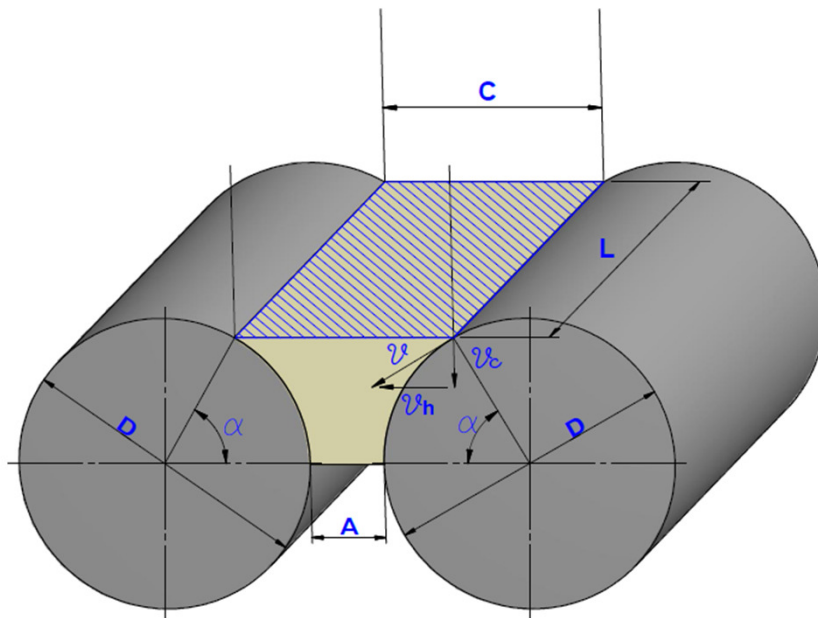
- Difusor projetado para 21.000 TCD está operando com uma capacidade equivalente de 20.000 a 21.000 TCD
- Capacidade da moenda 53" X 100" é a capacidade estimada

Capacidade e extração moenda/difusor



Comparativo de Capacidade Moendas X Difusores

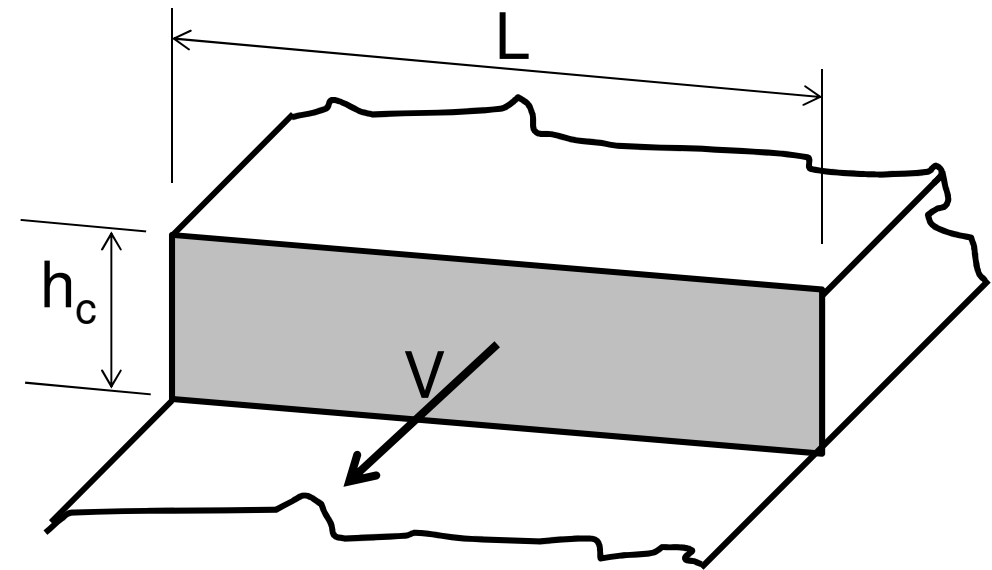
MOENDA



$$Q_c = d_c \times L \times C \times \nu \times \cos \alpha$$

$$Q_c \propto d_c, L, D^2, n, A$$

DIFUSOR



$$Q_c = d_c \times L \times h_c \times V$$

Capacidade e extração moenda/difusor



Fatores que afetam a extração da moenda

- **Preparo da cana**
- **Compactação**
- **Reabsorção**
- **Frisos e solda dos rolos**
- **Rotação das moendas**
- **Taxa de Embebição**
- **Quantidade de ternos**

Capacidade e extração moenda/difusor



Fatores que afetam a extração da moenda

- **Preparo da cana**

- Índice de preparo entre 80 a 85 % é suficiente para a extração

por moagem

- Índices de preparo acima de 85 % aumentam consumo de

energia e desgaste sem benefícios para a extração

- Campo de validade da relação : índice de preparo X extração

- Exemplo prático: substituição de desfibrador DH por Cop-5 sem

alteração da extração

Capacidade e extração moenda/difusor



Fatores que afetam a extração da moenda

- **Compactação**

RESULTADOS							
TERNOS	1	2	3	4	5	6	7
I - COMPOSIÇÃO DOS BAGAÇOS							
FIBRA	33,99%	36,08%	39,72%	43,24%	46,10%	48,18%	
BRIX	12,14%	8,20%	5,54%	3,85%	2,58%	1,78%	
UMIDADE	53,87%	55,72%	54,74%	52,91%	51,32%	50,04%	
II - EXTRAÇÃO DE BRIX							
INDIVIDUAL	71,27%	35,09%	38,58%	36,27%	37,09%	34,70%	
ACUMULADA	71,27%	81,35%	88,55%	92,70%	95,41%	97,00%	
III - ABERTURA DE SAÍDA EM TRABALHO							
S' (mm)	32,55	31,56	28,21	25,73	23,99	22,61	
OSCILAÇÃO (mm)	12	12	12	12	12	12	
DADOS DA COMPOSIÇÃO							
ÁGUA DE EMBEBIÇÃO (%)	0	0	0	0	0	30	
DESVIO DE FIBRA (%)	1	1	1	1	1	1	
CALDO CUSH-CUSH (%)	10	10	0	0	0	0	
COEF.EMBEBICAÇÃO	1,00	0,85	0,75	0,65	0,60	0,50	
COEF.REABSORÇÃO	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	
REL. ENCHIMENTO	0,371	0,391	0,431	0,473	0,507	0,533	0,000
FIBRA CANA (%)	13						
BRIX CANA (%)	16						
				MOAGEM (TCH)		310	
				UMIDADE CANA (%)		71	

Capacidade e extração moenda/difusor



Fatores que afetam a extração da moenda

- **Compactação**

<i>TERNOS</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>
DADOS GEOMÉTRICOS DAS MOENDAS							
<i>INCLINAÇÃO DO CASTELO (°)</i>	15	15	15	15	15	15	
<i>BITOLA (polegadas)</i>	78	78	78	78	78	78	
<i>HS (mm)</i>	713	714	714	715	709	705	
<i>ABERTURA S (mm)</i>	22	21	17,7	38	13,5	12,15	
<i>DIÂMETRO (ROLO SUPERIOR) (mm)</i>	990	990	990	990	990	990	
<i>DIÂMETRO (ROLO SAÍDA) (mm)</i>	1030	1030	1030	1030	1030	1030	
<i>ALTURA DO FRISO SUPERIOR (mm)</i>	47	47	34	34	34	34	
<i>ALTURA DO FRISO DE SAÍDA (mm)</i>	47	47	34	34	34	34	
<i>ROTAÇÃO (RPM)</i>	6	6	6	6	6	6	
<i>OSCILAÇÃO (mm)</i>	12	12	12	0	12	12	
DADOS DA COMPOSIÇÃO							
<i>ÁGUA DE EMBEBIÇÃO (%)</i>	0	0	0	0	0	30	
<i>DESVIO DE FIBRA (%)</i>	1	1	1	1	1	1	
<i>CALDO CUSH-CUSH (%)</i>	10	10	0	0	0	0	
<i>COEF.EMBEBICAO</i>	1,00	0,85	0,75	0,65	0,60	0,50	
<i>COEF.REABSORÇÃO</i>	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	
<i>REL. ENCHIMENTO</i>	0,371	0,391	0,431	0,320	0,507	0,533	0,000
<i>FIBRA CANA (%)</i>	13						
<i>MOAGEM (TCH)</i>						310	
<i>BRIX CANA (%)</i>	16						
<i>UMIDADE CANA (%)</i>						71	

Capacidade e extração moenda/difusor



Fatores que afetam a extração da moenda

- **Compactação**

<i>RESULTADOS</i>							
<i>TERNOS</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>
<i>I - COMPOSIÇÃO DOS BAGAÇOS</i>							
<i>FIBRA</i>	33,99%	36,09%	39,73%	30,87%	46,05%	48,14%	
<i>BRIX</i>	12,14%	8,14%	5,44%	3,32%	2,87%	1,98%	
<i>UMIDADE</i>	53,87%	55,77%	54,82%	65,82%	51,08%	49,88%	
<i>II - EXTRAÇÃO DE BRIX</i>							
<i>INDIVIDUAL</i>	71,27%	35,55%	39,24%	21,62%	41,94%	34,70%	
<i>ACUMULADA</i>	71,27%	81,49%	88,75%	91,18%	94,88%	96,66%	- 0,34
<i>III - ABERTURA DE SAÍDA EM TRABALHO</i>							
<i>S' (mm)</i>	32,55	31,56	28,21	38,00	23,99	22,61	

Capacidade e extração moenda/difusor



Fatores que afetam a extração da moenda

- **Reabsorção**

TERNOS	1	2	3	4	5	6	7
DADOS GEOMÉTRICOS DAS MOENDAS							
INCLINAÇÃO DO CASTELO (°)	15	15	15	15	15	15	15
BITOLA (polegadas)	78	78	78	78	78	78	78
HS (mm)	713	714	714	715	709	705	
ABERTURA S (mm)	22	21	17,7	15,2	13,5	12,15	
DIÂMETRO (ROLO SUPERIOR) (mm)	990	990	990	990	990	990	
DIÂMETRO (ROLO SAÍDA) (mm)	1030	1030	1030	1030	1030	1030	
ALTURA DO FRISO SUPERIOR (mm)	47	47	34	34	34	34	
ALTURA DO FRISO DE SAÍDA (mm)	47	47	34	34	34	34	
ROTAÇÃO (RPM)	6	6	6	6	6	6	
OSCILAÇÃO (mm)	12	12	12	12	12	12	
DADOS DA COMPOSIÇÃO							
ÁGUA DE EMBEBIÇÃO (%)	0	0	0	0	0	30	
DESVIO DE FIBRA (%)	1	1	1	1	1	1	
CALDO CUSH-CUSH (%)	10	10	0	0	0	0	
COEF.EMBEBIÇÃO	1,00	0,85	0,75	0,65	0,60	0,50	
COEF.REABSORÇÃO	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	
REL. ENCHIMENTO	0,571	0,591	0,421	0,472	0,507	0,533	0,000
FIBRA CANA (%)	13						
BRIX CANA (%)	16						
			MOAGEM (TCH)			310	
			UMIDADE CANA (%)			71	

	4	5	6	7
BAGAÇOS				
	43,24%	46,10%	48,18%	
	3,85%	2,58%	1,78%	
	52,91%	51,32%	50,04%	

II - EXTRAÇÃO DE BRIX

INDIVIDUAL	71,27%	35,09%	38,58%	36,27%	37,09%	34,70%
ACUMULADA	71,27%	81,35%	88,55%	92,70%	95,41%	97,00%

III - ABERTURA DE SAÍDA EM TRABALHO

S' (mm)	32,55	31,56	28,21	25,73	23,99	22,61
---------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Capacidade e extração moenda/difusor



Fatores que afetam a extração da moenda

- **Reabsorção**

<i>TERNOS</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>
DADOS GEOMÉTRICOS DAS MOENDAS							
<i>INCLINAÇÃO DO CASTELO (°)</i>	15	15	15	15	15		
<i>BITOLA (polegadas)</i>	78	78	78	78	78		
<i>HS (mm)</i>	713	714	714	715	709		
<i>ABERTURA S (mm)</i>	22	20	16,2	14	12,15		
<i>DIÂMETRO (ROLO SUPERIOR) (mm)</i>	990	990	990	990	990		
<i>DIÂMETRO (ROLO SAÍDA) (mm)</i>	1030	1030	1030	1030	1030		
<i>ALTURA DO FRISO SUPERIOR (mm)</i>	47	47	34	34	34		
<i>ALTURA DO FRISO DE SAÍDA (mm)</i>	47	47	34	34	34		
<i>ROTAÇÃO (RPM)</i>	6	6	6	6	6		
<i>OSCILAÇÃO (mm)</i>	12	12	12	12	12		
DADOS DA COMPOSIÇÃO							
<i>ÁGUA DE EMBEBIÇÃO (%)</i>	0	0	0	0	30		
<i>DESVIO DE FIBRA (%)</i>	1	1	1	1	1		
<i>CALDO CUSH-CUSH (%)</i>	10	10	0	0	0		
<i>COEF.EMBEBICAO</i>	1,00	0,85	0,75	0,65	0,60		
<i>COEF.REABSORÇÃO</i>	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30		
<i>REL. ENCHIMENTO</i>	0,371	0,405	0,455	0,496	0,532	0,000	0,000
<i>FIBRA CANA (%)</i>	13						
<i>BRIX CANA (%)</i>	16						
						<i>MOAGEM (TCH)</i>	310
						<i>UMIDADE CANA (%)</i>	71

Capacidade e extração moenda/difusor



Fatores que afetam a extração da moenda

- **Reabsorção**

<i>RESULTADOS</i>							
<i>TERNOS</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>
<i>I - COMPOSIÇÃO DOS BAGAÇOS</i>							
<i>FIBRA</i>	36,32%	39,65%	44,45%	48,05%	51,15%		
<i>BRIX</i>	11,71%	7,49%	4,71%	2,99%	1,83%		
<i>UMIDADE</i>	51,97%	52,86%	50,85%	48,96%	47,03%		
<i>II - EXTRAÇÃO DE BRIX</i>							
<i>INDIVIDUAL</i>	74,07%	40,22%	43,95%	41,19%	43,27%		
<i>ACUMULADA</i>	74,07%	84,50%	91,31%	94,89%	97,10%	+ 0,10	
<i>III - ABERTURA DE SAÍDA EM TRABALHO</i>							
<i>S' (mm)</i>	32,55	30,57	26,71	24,54	22,65		

Capacidade e extração moenda/difusor



Fatores que afetam a extração da moenda

- **Frisos e solda dos rolos**

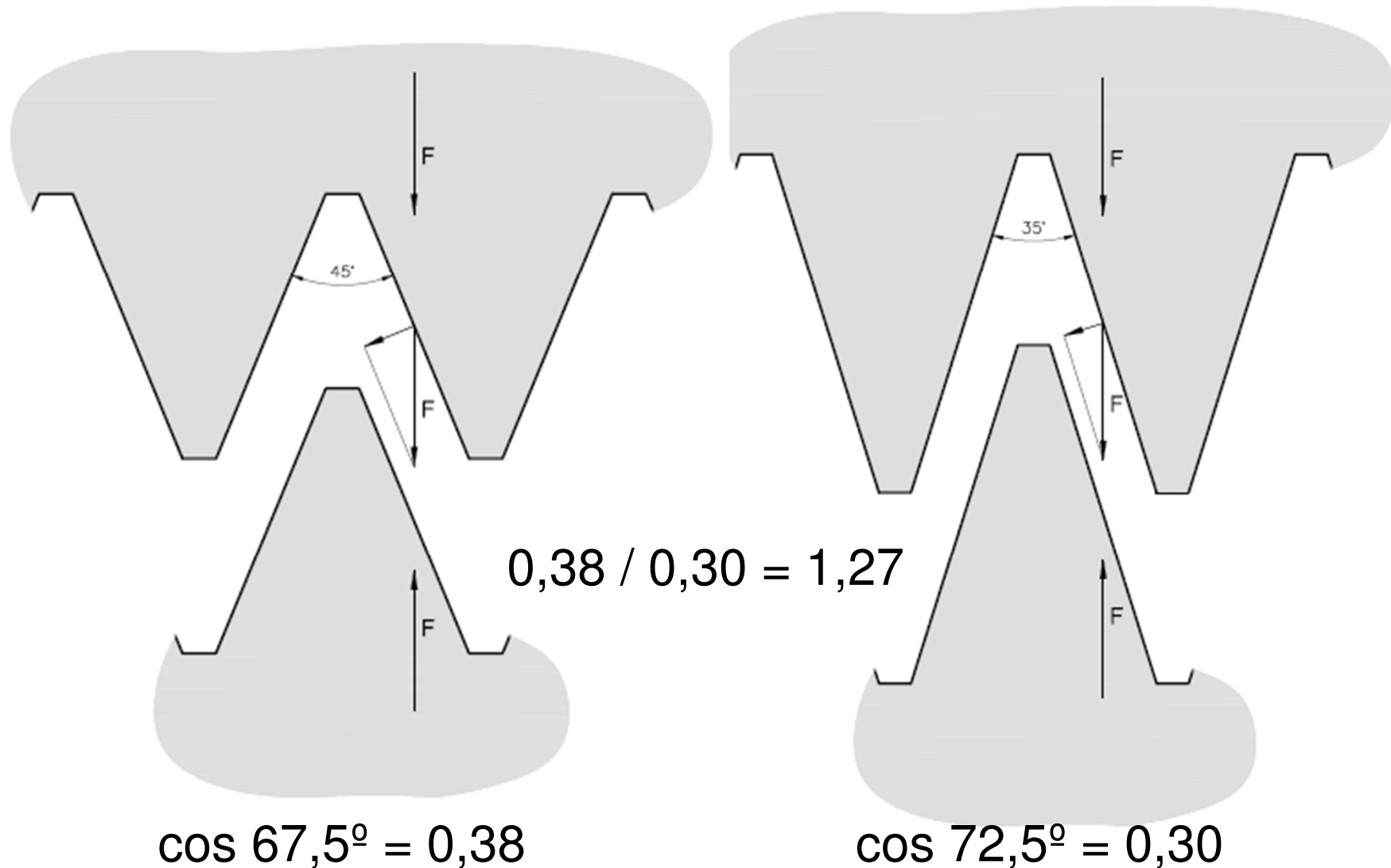
- Ângulo e passo dos frisos tem forte influência na capacidade e na extração
- Força efetiva de compactação depende do ângulo do friso
- Solda tipo picote – importante para garantir alimentação nas rotações mais altas
- Solda tipo chapisco – garante uma aplicação mais efetiva da compressão evitando aumento excessivo da reabsorção

Capacidade e extração moenda/difusor



Fatores que afetam a extração da moenda

- Frisos e solda dos rolos



Capacidade e extração moenda/difusor



Fatores que afetam a extração da moenda

- **Rotação das moendas**

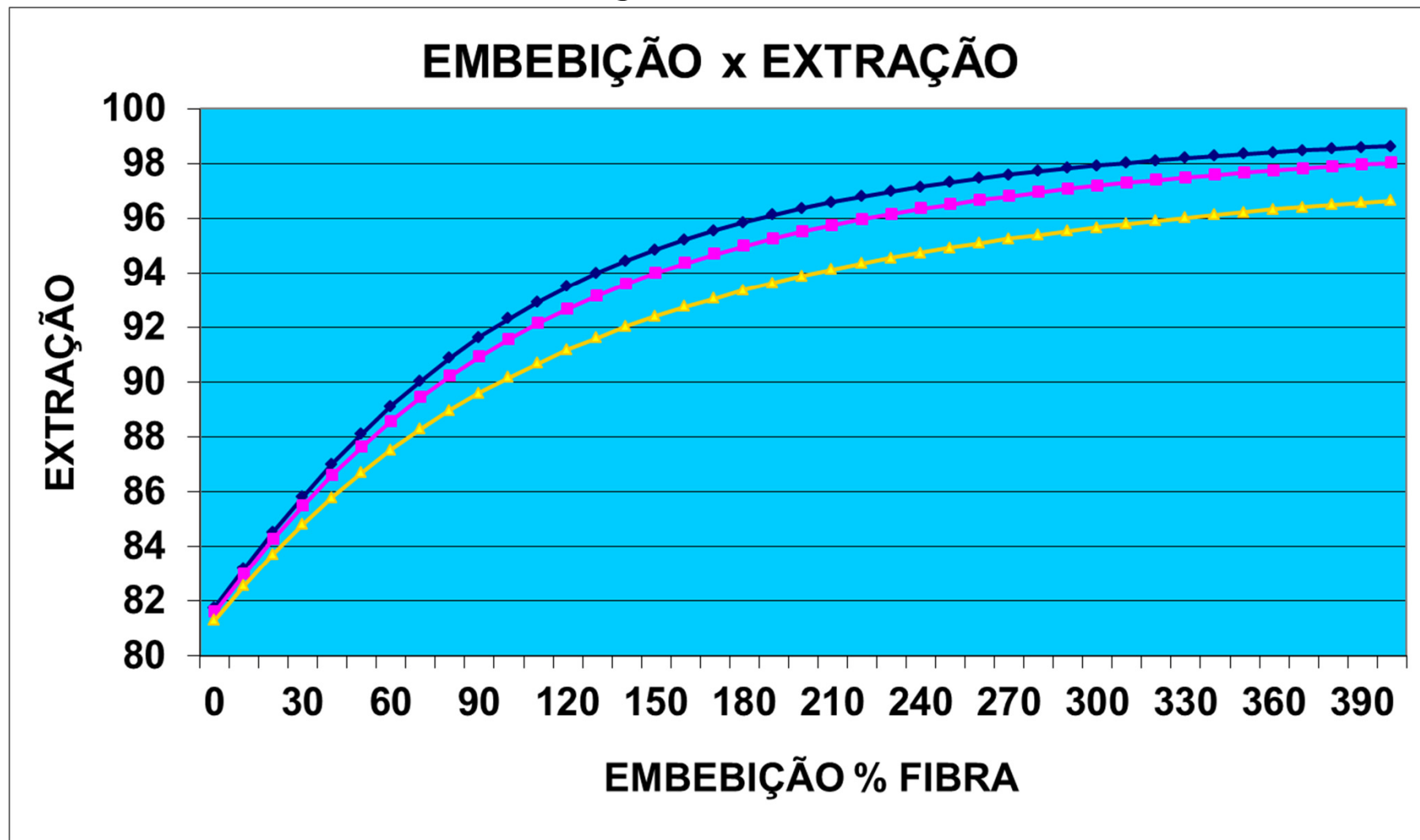
- Pela teoria a extração é inversamente proporcional à rotação
- Na prática esta condição não tem sido observada, com as moendas mantendo a extração com velocidades maiores
- Provavelmente esta teoria deixou de ter validade com a prática de soldagem (picote e chapisco) que garantem a alimentação e a compressão com menor escorregamento.
- Menor escorregamento → menor reabsorção → influência minimizada na extração

Capacidade e extração moenda/difusor



Fatores que afetam a extração da moenda

- **Taxa de Embebição**

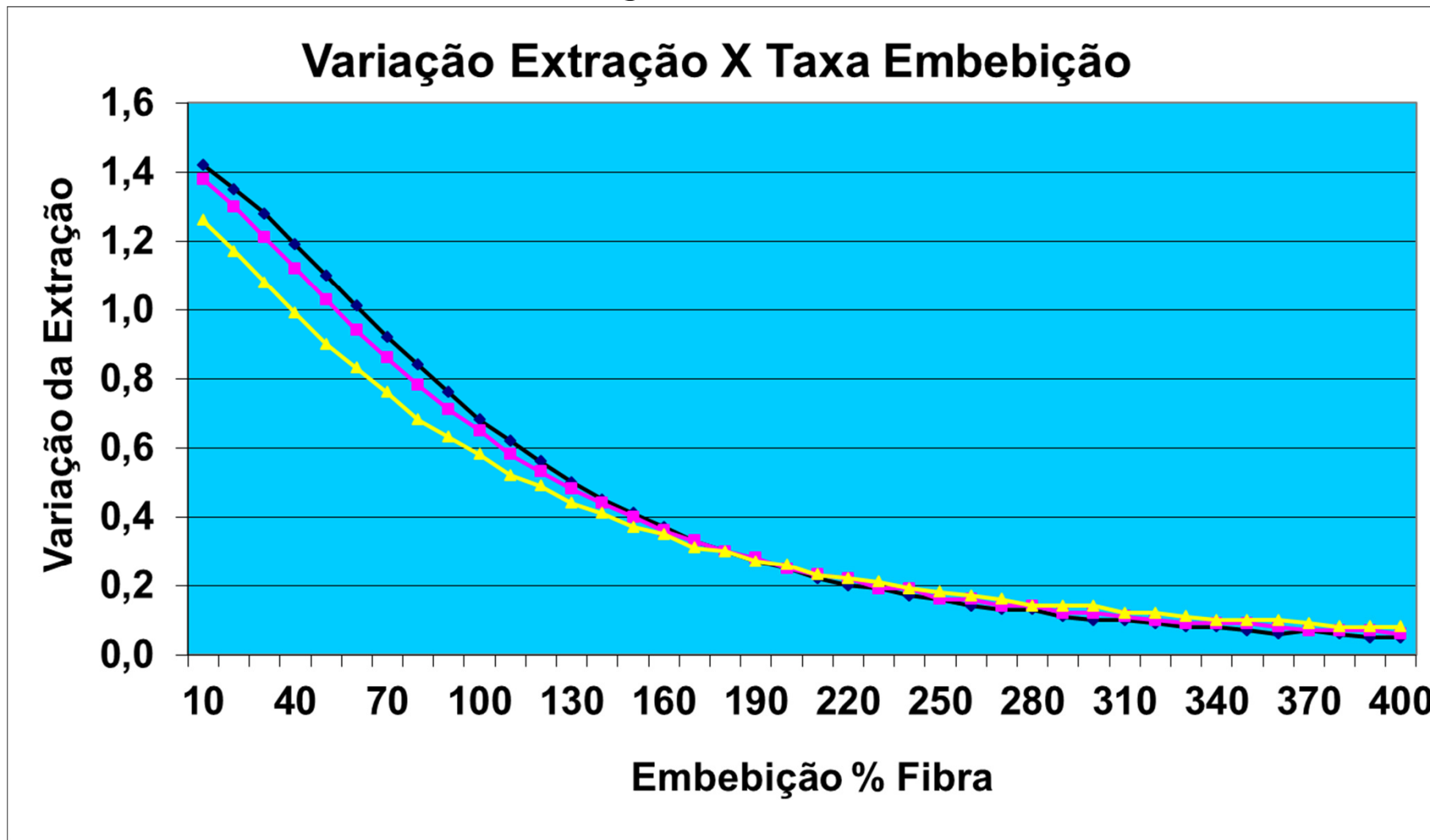


Capacidade e extração moenda/difusor



Fatores que afetam a extração da moenda

- **Taxa de Embebição**

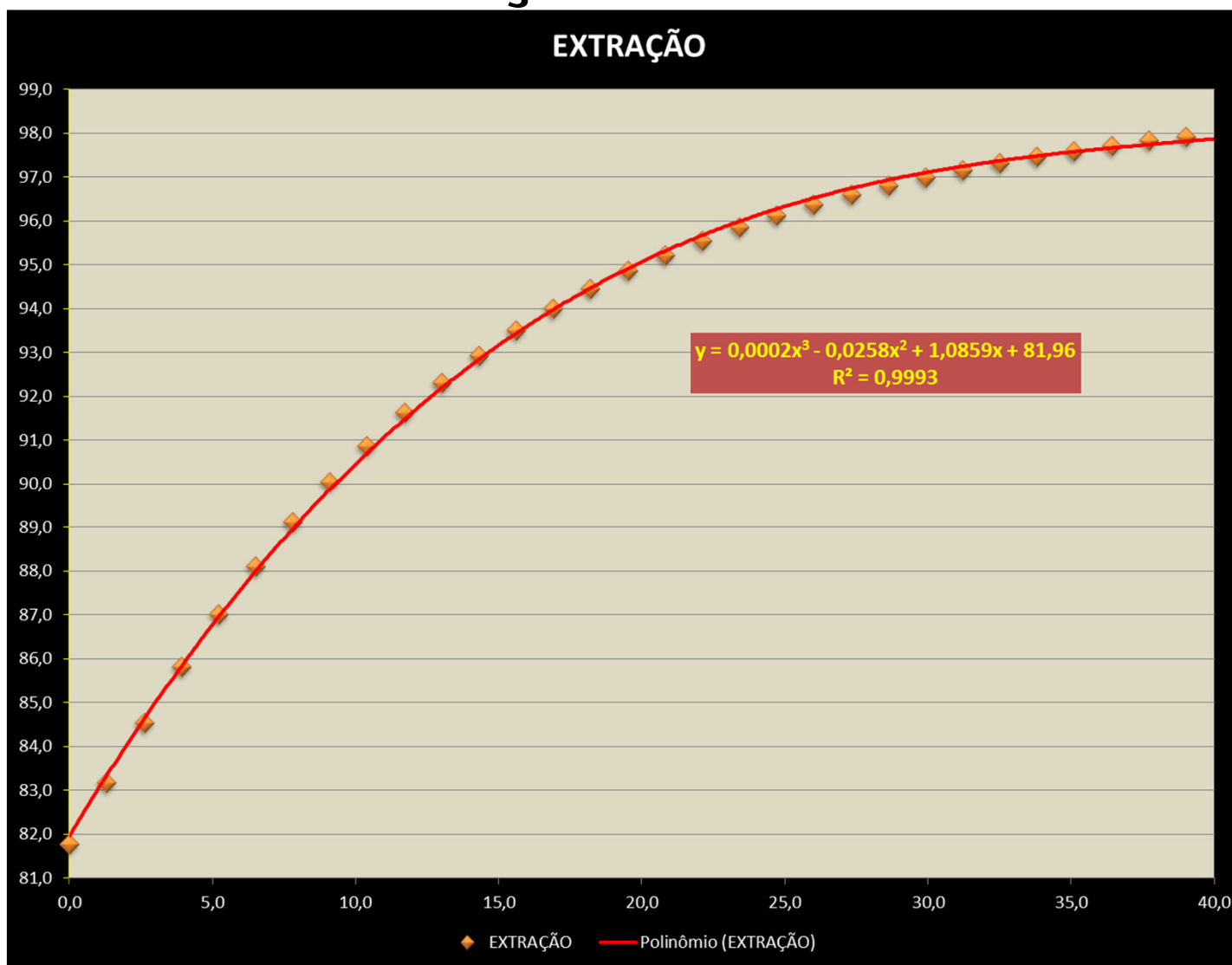


Capacidade e extração moenda/difusor



Fatores que afetam a extração da moenda

- Taxa de Embebição



Capacidade e extração moenda/difusor



Fatores que afetam a extração da moenda

- **Taxa de Embebição**

				TCH										
EMBEBIÇÃO		5 TERNOS		10800	m3 de	M3			Embebição			Extração		
% FIBRA	% CANA	EXTRAÇÃO	Δ EXTRAÇÃO	450	Água	5	10	15	5	10	15	5	10	15
140	18,2	93,59	0,44		82	87	92	97	19,31	20,42	21,53	94,75	95,08	95,38
150	19,5	93,99	0,40		88	93	98	103	20,61	21,72	22,83	95,13	95,42	95,68
160	20,8	94,35	0,36		94	99	104	109	21,91	23,02	24,13	95,47	95,73	95,95
170	22,1	94,68	0,33		99	104	109	114	23,21	24,32	25,43	95,77	95,99	96,18
180	23,4	94,98	0,30		105	110	115	120	24,51	25,62	26,73	96,02	96,21	96,37
190	24,7	95,26	0,28		111	116	121	126	25,81	26,92	28,03	96,24	96,40	96,53
200	26,0	95,51	0,25		117	122	127	132	27,11	28,22	29,33	96,42	96,55	96,66
210	27,3	95,74	0,23		123	128	133	138	28,41	29,52	30,63	96,57	96,68	96,76
220	28,6	95,96	0,22		129	134	139	144	29,71	30,82	31,93	96,69	96,78	96,84
230	29,9	96,15	0,19		135	140	145	150	31,01	32,12	33,23	96,79	96,85	96,89
240	31,2	96,34	0,19		140	145	150	155	32,31	33,42	34,53	96,86	96,90	96,93
250	32,5	96,50	0,16		146	151	156	161	33,61	34,72	35,83	96,91	96,93	96,95
260	33,8	96,66	0,16		152	157	162	167	34,91	36,02	37,13	96,94	96,95	96,95
270	35,1	96,80	0,14		158	163	168	173	36,21	37,32	38,43	96,95	96,95	96,94
280	36,4	96,94	0,14		164	169	174	179	37,51	38,62	39,73	96,95	96,94	96,92

Capacidade e extração moenda/difusor



Fatores que afetam a extração da moenda

- **Taxa de Embebição**

m3 de Água	M3			Δ EXTRAÇÃO		
	5	10	15	5	10	15
82	87	92	97	1,2	1,5	1,8
88	93	98	103	1,1	1,4	1,7
94	99	104	109	1,1	1,4	1,6
99	104	109	114	1,1	1,3	1,5
105	110	115	120	1,0	1,2	1,4
111	116	121	126	1,0	1,1	1,3
117	122	127	132	0,9	1,0	1,2
123	128	133	138	0,8	0,9	1,0
129	134	139	144	0,7	0,8	0,9
135	140	145	150	0,6	0,7	0,7
140	145	150	155	0,5	0,6	0,6
146	151	156	161	0,4	0,4	0,4
152	157	162	167	0,3	0,3	0,3
158	163	168	173	0,1	0,1	0,1
164	169	174	179	0,0	0,0	0,0

Capacidade e extração moenda/difusor



Fatores que afetam a extração da moenda

- **Quantidade de ternos**

- Quanto mais ternos maior a extração
- O gradiente de extração é menor a medida que se aumenta a quantidade de ternos
- Um conjunto com 5 ternos, com uma boa taxa de embebição e soldas em boas condições pode ter uma extração melhor do que um conjunto de 6 ternos com taxa de embebição pequena ou soldas em condições insatisfatórias

Capacidade e extração moenda/difusor



Fatores que afetam a extração do difusor

- **Preparo da cana**
- **Tempo de residência da cana**
- **Taxa de embebição**
- **Quantidade de estágios**
- **Temperatura**

Capacidade e extração moenda/difusor

Fatores que afetam a extração do difusor

- **Preparo da cana**

- Um bom preparo de cana é essencial para o processo de difusão
- O índice de preparo da cana é uma das variáveis de maior importância para a extração do difusor, haja visto que a maior proporção o processo na verdade ocorre por lixiviação
- Para se obter altas extrações quase a totalidade das células que contém a sacarose devem ser rompidas.
- O índice de preparo deve ser superior a 90 %

Capacidade e extração moenda/difusor

Fatores que afetam a extração do difusor

- Quanto maior o tempo que a cana ficar dentro do difusor, maior deverá a extração.
- Um tempo de residência adequado deve ser considerado nas especificações do difusor.
- **Tempo de residência da cana**
- Sob o ponto de vista do tempo de residência fica claro que é melhor operar com camadas mais altas, que entretanto dificultam a percolação.

Table 6.1: Effect of cane residence time/screen area on extraction

Extraction in %	Cane residence time in min	Screen area in (m ² · h)/t _F
98	87	13
97	67	10
96	54	8

Fonte: *Rein, P. Cane Sugar Engineering, 2007, p. 162*

Capacidade e extração moenda/difusor

Fatores que afetam a extração do difusor

- Como em qualquer processo extração sólido líquido, uma maior quantidade do líquido de extração, mais fácil será a mesma.
- Assim acontece no difusor de cana, onde taxas de embebição mais elevadas resultarão em maior extração
- **Taxa de embebição**
- Quanto maior a taxa de embebição menor o gradiente de ganho de extração
- Temperatura

Capacidade e extração moenda/difusor

Fatores que afetam a extração do difusor

- Quanto maior a quantidade de estágios de circulação de caldo, maior será a extração
- Entretanto, enquanto a quantidade de estágios aumenta, o benefício resultante vai diminuindo e o ganho marginal não compensa
- Antigamente os difusores eram construídos com 18 estágios, sendo que atualmente não são necessários mais do que 12 estágios para atingir alta extração
- **Quantidade de estágios**
- Temperatura

Capacidade e extração moenda/difusor

Fatores que afetam a extração do difusor

- Temperaturas mais elevadas contribuem para o aumento da taxa de extração através da maior difusão molecular e pela redução da viscosidade do líquido
- O efeito da temperatura é menos importante que o do nível de preparo da cana e do tempo de residência
- A razão mais importante para manter a temperatura acima de 75° C é o controle da atividade microbiana
- Geralmente os difusores são operados a temperaturas em torno de 85° C

- **Temperatura**

Capacidade e extração moenda/difusor



Fatores que afetam a extração da moenda e do difusor

MOENDA

- Preparo da cana
- Compactação
- Reabsorção
- Frisos e solda dos rolos
- Rotação das moendas
- Taxa de Embebição
- Quantidade de ternos

DIFUSOR

- Preparo da cana
- Tempo de residência da cana
- Taxa de embebição
- Quantidade de estágios
- Temperatura

Capacidade e extração moenda/difusor

Flexibilidade com relação à capacidade

- Moenda tem maior capacidade em uma única linha de processamento
- Possibilidade equivalentes de variação da moagem horária pela alteração da velocidade de operação (desvantagem para moendas acionadas com turbinas)
- Possibilidade de aumento da capacidade pela alteração da altura da camada de cana no difusor
- Impurezas minerais tem efeito imediato na capacidade de operação dos difusores (redução da taxa de percolação)
- Impurezas vegetais tem efeito negativo similar nos dois processos
- Para a mesma capacidade de processamento o processo de extração por moenda apresenta um maior consumo de energia

Capacidade e extração moenda/difusor

Flexibilidade com relação à extração

- Uniformidade da alimentação é importante para ambos os processos porém tem efeito mais nocivo no difusor (ao longo e durante todo o tempo no interior do difusor)
- Exigência é muito maior para o preparo da cana para o difusor (Índice de Preparo e Consumo de Energia)
- Ao contrário do que se observa na moenda, o aumento da velocidade tem forte efeito negativo na extração dos difusores
- Impurezas minerais tem efeito mais negativo no caso dos difusores (redução da taxa de percolação)
- Impurezas vegetais tem efeito negativo similar nos dois processos porém no caso de difusores para manter a capacidade é necessário reduzir muito o tempo de residência da cana com forte prejuízo para a extração

Capacidade e extração moenda/difusor



Relação de moagem com potência consumida

GENERAL FORMULA FOR POWER CONSUMPTION OF MILLS

229

This emphasises that the tonnage of cane and even the tonnage of fibre are related only remotely to the power developed. We shall proceed to find the reason.

GENERAL FORMULA FOR POWER CONSUMPTION OF MILLS

The determination of the power consumed by a mill is rather complex because a number of factors enter into it.

To begin with, this power may be split up into 6 different principal terms:

- (1) Power consumed by compression of the bagasse
- (2) Power consumed in friction between the shafts and bearings of the rollers
- (3) Power consumed by friction between bagasse and trashplate
- (4) Power consumed by friction of scrapers and toe of the trashplate against the rollers, to which should be added the work of dislodging the bagasse at these points
- (5) Power consumed in driving the intermediate carriers
- (6) Power absorbed in the gearing.

Furthermore, these components of the power themselves depend on certain factors rather difficult to measure or estimate, such as: variety of cane (at equal weights of fibre, the crushing of two different varieties can exact appreciably different power requirements), state of the friction surfaces, quality and regularity of lubrication, adjustment of settings and of the trashplate, etc.

Fonte: *Hugot, E. Handbook of Cane Sugar Engineering, 3rd Edition, 1986, p. 235*

Capacidade e extração moenda/difusor



Relação de moagem com potência consumida

FÓRMULA GERAL PARA O CONSUMO DE POTÊNCIA NAS MOENDAS

Isto enfatiza que a tonelagem de cana e mesmo a tonelagem de fibra estão relacionadas só remotamente com a potência desenvolvida. Vamos prosseguir para encontrar a razão.

FÓRMULA GERAL PARA O CONSUMO DE POTÊNCIA NAS MOENDAS

A determinação da potência consumida por uma moenda é bastante complexa devido à quantidade de fatores a considerar.

Para começar, esta potência pode ser dividida em até 6 termos principais diferentes:

- (1) Potência consumida pela compressão do bagaço
- (2) Potência consumida no atrito entre os eixos e os mancais dos rolos
- (3) Potência consumida pelo atrito entre o bagaço e a bagaceira
- (4) Potência consumida pelo atrito dos pentes e da ponta da bagaceira contra os rolos, ao qual deve ser adicionado o trabalho de retirar o bagaço dos frisos nestes pontos
- (5) Potência consumida para acionar as esteiras intermediárias
- (6) Potência absorvida na transmissão

Além disso, estes componentes da potência dependem eles mesmos de certos fatores bastante difíceis de medir ou estimar, como: variedade da cana (para pesos iguais de fibra, a moagem de duas variedades diferentes podem levar a diferentes solicitações de potência), estado das superfícies de fricção, qualidade e regularidade da lubrificação, ajustes da regulagem e da bagaceira, etc

Capacidade e extração moenda/difusor



Relação de moagem com potência consumida

Influência da taxa de moagem

Mesmo da consideração de uma formula mais precisa (14.7) um fato fica imediatamente óbvio, qual seja, o pequeno efeito da taxa de moagem no consumo de potência.

Se tomarmos por exemplo o caso de uma moenda final de 813 x 1676 mm (32 x 66 pol.) moendo, outras condições sendo iguais: (1) 100 tch e (2) 80 tch, com a mesma fibra $f = 0,145$ em ambos os casos, a mesma velocidade de 5 rpm e a mesma carga hidráulica total de 340 t, a reabsorção sendo de 1,39 no primeiro caso e 1,28 no segundo, nós obtemos os seguinte valores para o consumo de potência:

1º caso (100 tch): $P = 200$ kW

2º caso (80 tch): $P = 192$ kW

Para um aumento de 25 % na taxa de moagem, o consumo de potência foi entretanto aumentado em apenas 4 ~ 5 %.

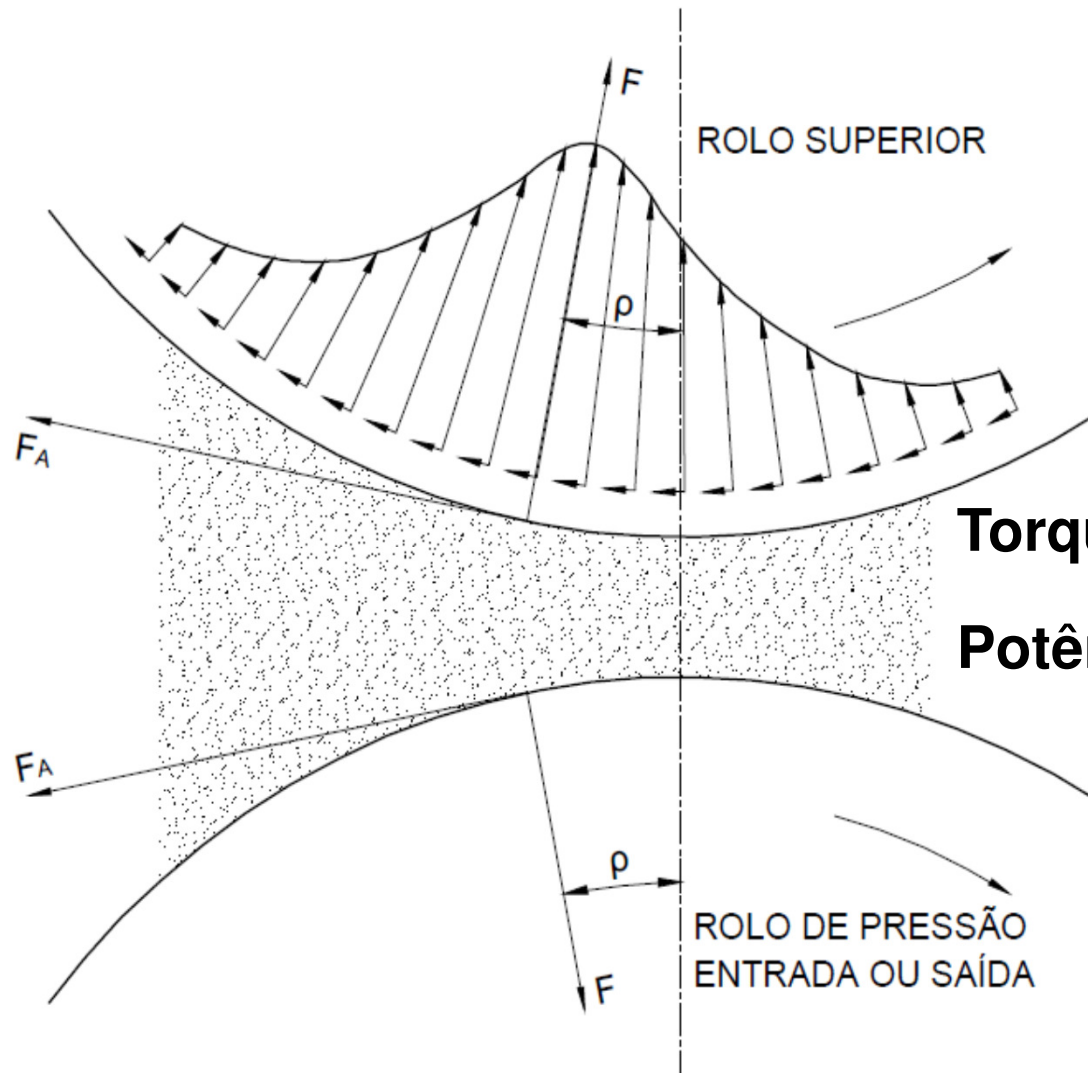
Do ponto de vista do consumo de vapor nas moendas, é portanto mais proveitoso trabalhar com a camada de bagaço mais espessa possível.

Pelo contrario, se o aumento da tonelagem e obtida atraves de um aumento da velocidade da moenda, sem alteração da regulagem ou da carga na fibra, o consumo de potência irá aumentar praticamente na proporção da velocidade e da tonelagem.

Capacidade e extração moenda/difusor



Torque e Potência – Definição conceitual



Torque = $F \times \mu \times R = \text{constante}$

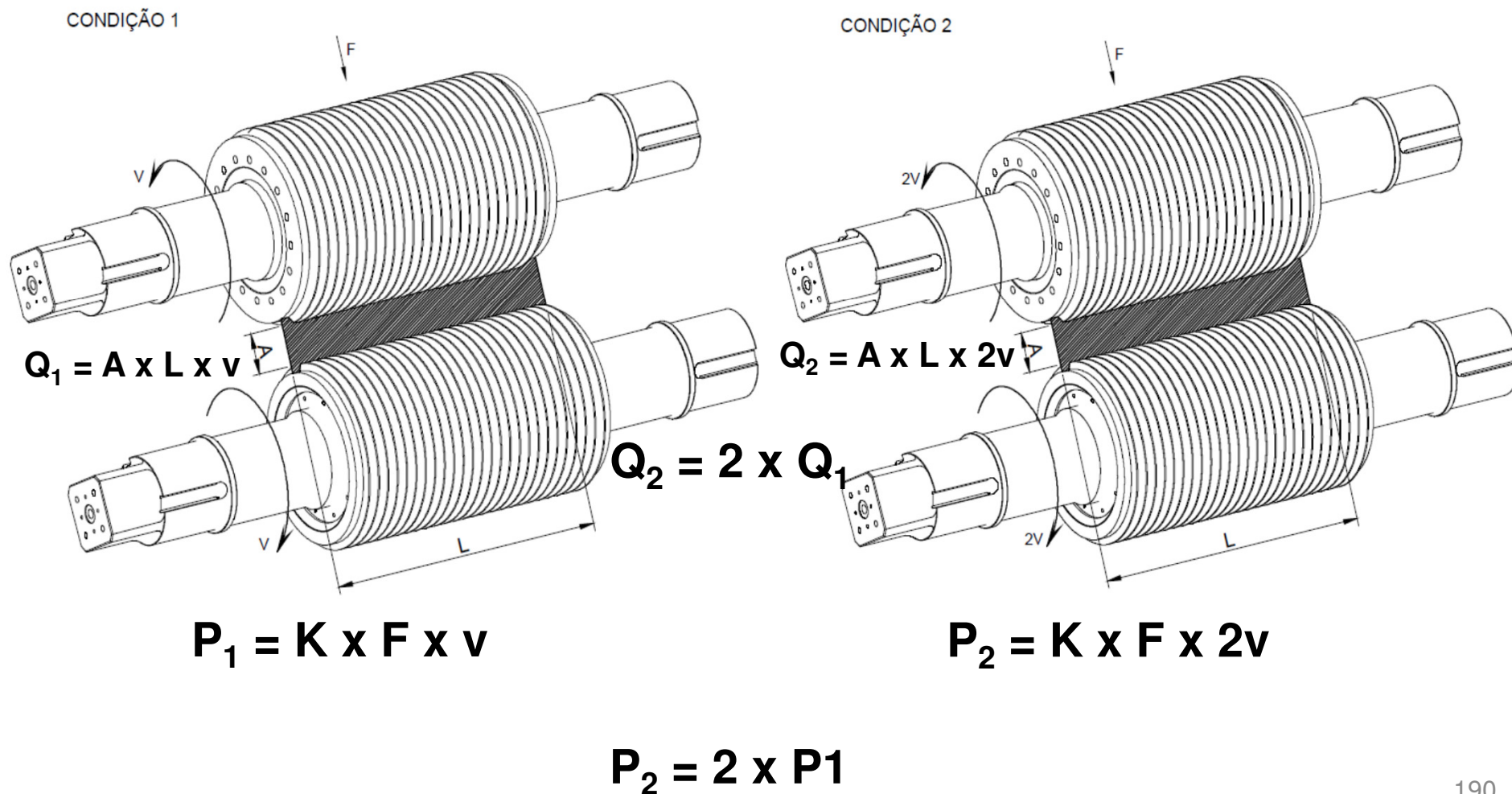
Potência = $K \times \text{Torque} \times V$

Potência varia em função da velocidade

Capacidade e extração moenda/difusor



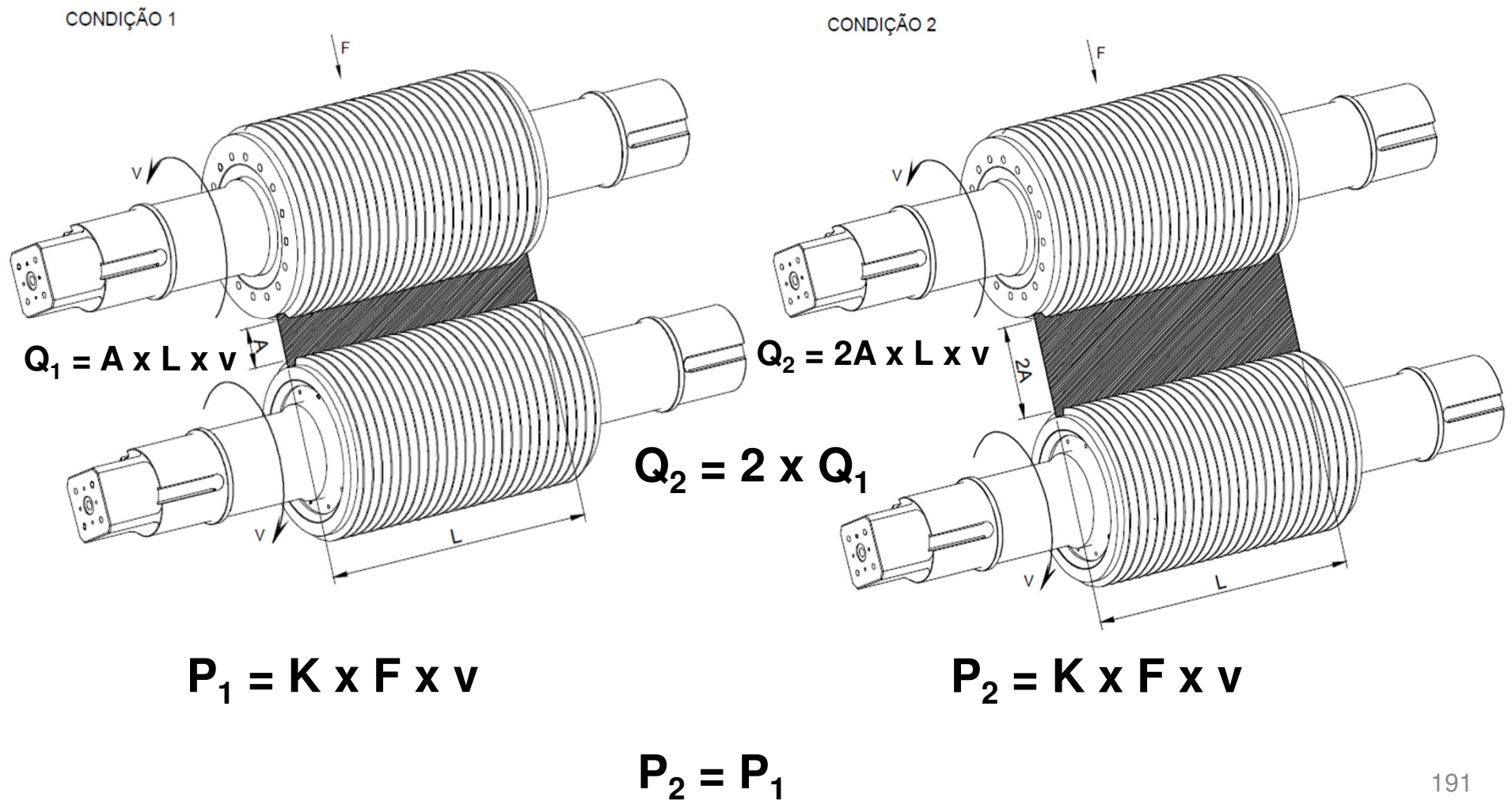
Velocidade e Regulagem X Potência



Capacidade e extração moenda/difusor



Velocidade e Regulagem X Potência



Capacidade e extração moenda/difusor



Estimativa de carga e torque – teoria Australiana

Na Austrália, dois fatores de proporcionalidade são utilizados para se estimar as cargas e torques na moagem, um fator P_F na equação para estimar a carga no rolo (F) e um fator P_N na equação para estimar o torque a partir da carga F no rolo

Capacidade e extração moenda/difusor



Estimativa de carga e torque – teoria Australiana

Para um caso simples de dois rolos as equações utilizadas para estimar a carga no rolo (F) em MN são:

$$F = P_F \times L \times D \times (C_F - 0,1) \quad C_F > 0,15$$

$$F = P_F \times L \times D \times C_F/3 \quad C_F < 0,15$$

Onde:

P_F é o fator de proporcionalidade (MPa)

L é o comprimento do rolo (m)

D é o diâmetro médio do rolo (m)

C_F é a relação de enchimento na abertura

Capacidade e extração moenda/difusor



Estimativa de carga e torque – teoria Australiana

Para este mesmo caso simples de dois rolos a equação utilizada para estimar o torque no rolo (G) em MN x m a partir da carga no rolo (F) já estimada é:

$$G = P_N \times F \times (W/D)^{0,5} \times C_F^{0,21}$$

Onde:

P_N é o fator de proporcionalidade (m)

W é abertura em trabalho entre os dois rolos (m)

D é o diâmetro médio do rolo (m)

C_F é a relação de enchimento na abertura

Capacidade e extração moenda/difusor



Torque e Potência nas Moendas

- Torque na moenda em regime contínuo é praticamente constante
- Torque é função da carga hidráulica, das dimensões da moendas (diâmetro e largura) e das condições superficiais dos rolos
- Torque na moenda não depende da velocidade dos rolos
- A potência na moenda é função do torque e de sua velocidade
- A potência na moenda é diretamente proporcional à velocidade
- A utilização de índices de potência específica (cv/tch) pode induzir a erros significativos

Capacidade e extração moenda/difusor

Torque e Potência nas Moendas

- **A potência na moenda não está diretamente relacionada com a taxa de moagem de cana ou de fibra**
- **O aumento do teor de fibra devido ao aumento das impurezas vegetais não afeta diretamente o consumo de energia no processo de moagem**

REVISÃO NA MOENDA

14º SBA

SEMINÁRIO BRASILEIRO AGROINDUSTRIAL
A USINA DA SUPERAÇÃO

Centro de Eventos Taiwan – Ribeirão Preto – SP
30/10/2013



Delfini Consultoria e Projetos Industriais Ltda

paulo@delfini.com.br

19 98166-7000