Unisanta Science and Technology, **2022, 1, August**
Published Online 2022 Vol.11 Nº1 http://periodicos.unisanta.br/index.php/sat)

UNISANTA
Science and Technology
ISSN 2317-1316

Estudo da Troca dos *Chutes* e Calhas em um Processo de Mineração

Pablo Forlan Franco Martins [1], Alexandre Jusis Blanco [1]

[1]**UNISANTA**– Universidade Santa Cecília – Pós-Graduação *latu sensu* em Engenharia da Confiabilidade
Rua Oswaldo Cruz, 266 - Santos-SP, Brasil - CEP: 11045-100

E-mail*:* marcelo.ufsj@gmail.com
Received July, 2022

Resumo: A capacidade de um processo é atribuída ao equipamento que apresenta maior restrição, logo de sua operação, sendo este o gargalo do processo e estudos são desenvolvidos para eliminar ou minimizar suas perdas. Em sistemas de transporte de minério por correia transportadora um dos principais problemas é a obstrução ou fluxo incorreto de material através dos chutes de carga e descarga e das calhas de transferências. Embora análises sejam feitas para utilizar a melhor geometria, envelopamento das caixas e revestimentos são utilizados este tema é crítico na área industrial, devido ao efeito corrosivo, abrasividade do material, granulometria e ao grande fluxo de material que transportado. Um estudo empírico da recuperação das calhas e chutes de transferências e das correias transportadoras do processo de sinterização através do projeto de um transportador de correia foi analisado.

Palavras chave: Correia Transportadora; *Chutes*; Calhas.

Study of Changing Chutes and Gutters in a Mining Process

Abstract: The capacity of a process is attributed to the equipment that presents the most significant restriction after its operation, which is the bottleneck of the process, and studies are developed to eliminate or minimize its losses. In conveyor belt ore transport systems, one of the main problems is obstruction or incorrect flow of material through feed/discharge chutes and transfer gutters. Although analyses are made to use the best geometry, box wrapping, and coatings, this issue is critical in the industrial area due to the corrosive effect, abrasiveness of the material, granulometry, and the large flow of material that is transported. An empirical study of the recovery of transfer chutes and gutters and conveyor belts from the sintering process through the belt conveyor design was analyzed.

Keywords: Conveyor belt; Chutes; Gutters.

1. Introdução

O setor de mineração no Brasil possui um papel fundamental no PIB. Em 2011, a Produção Mineral Brasileira (PMB) alcançou seu ápice, com um valor de US$ 53 bilhões, vindo a declinar nos anos seguintes devido à crise financeira mundial que acabou agravando o cenário econômico no país, chegando ao patamar de PMB de US$ 24 bilhões em 2016. Entretanto, com previsão de retomada de crescimento em 2017 [1].

Devido a importância desse setor para o Brasil, é necessário que haja um constante desenvolvimento tecnológico em todas as etapas do processamento mineral. Segundo o IBRAM [2] o setor de mineração teve um faturamento superior a 62% no ano de 2021 em relação ao ano de 2020, superando suas marcas do passado recente e atingindo marcos importantes para economia brasileira.

O transporte do minério em transportadores de correia e calhas de transferência são equipamentos que devem ser criteriosamente dimensionados para evitar perda de produção na operação. No caso dos *chutes* empregados nas correias, os problemas que normalmente ocorrem são:

- entupimento,
- material fugitivo,

Copyright © 2022 ISESC.

- derramamento de material por excesso de produção
- geração de pó,
- erros na trajetória do material,
- mudanças de velocidade,
- vazão inapropriada da correia transportadora,
- resistência mecânica da estrutura de suporte e
- a garantia do descarregamento apropriado do material na correia de transferência.

Os *chutes* e calhas de transferência podem também refletir problemas nos transportadores de correia:

- desgaste irregular na correia por descarregamento irregular (desalinhamento) e
- sobrecarga dos roletes devido a altos impactos do material granulado.

2. *Chutes* de Carga

A garantia de uma confiabilidade de um sistema de transferência está relacionada a capacidade dos *chutes* absorverem a capacidade de transporte de um material proveniente de uma correia abastecedora para uma correia receptora. O fornecimento de material em uma correia transportadora também pode ser realizado através de silos de abastecimentos, moegas receptoras, roscas de transportadores, sistema de transporte pneumáticos, *redlers* (correias de transferência) e outros sistemas industriais.

No dimensionamento destes sistemas que devem-se prever todos os desalinhamentos das correias, desgastes laterais, materiais fugitivos, dispersão de pó no ambiente e facilidade de acesso aos locais de desgaste para eventuais manutenções. Portanto, é importante que o *chute* direcione o material na mesma direção do movimento da correia receptora com carga centralizada. Devem ser empregados roletes de impacto para absorver o impacto provocado pelo material e não ocorrer o desalinhamento e desgaste. Finalmente a largura do *chute* na descarga deve ser da ordem de 2/3 da largura da correia receptora [3].

A maior parte das indústrias utilizam configurações padrões de transferência de material, como as ilustradas na Figura 1: com *chutes* providos de placas de impacto para absorver o impacto do material (Fig. 1.a), *chutes* com caixa de pedra (Fig. 1.b) e *chutes hood* and *spoon* (Fig. 1.c).

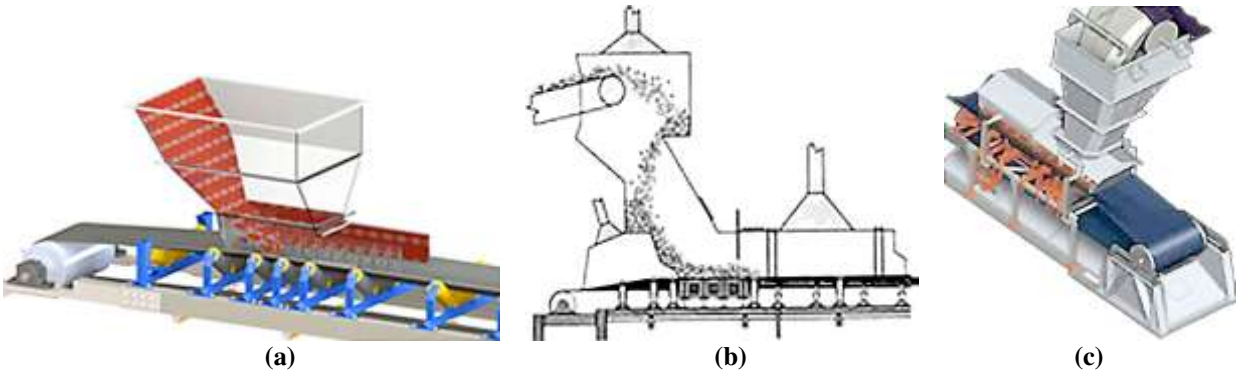
2.1. Desafios na Análise

Fatores operacionais são importantes para uma análise assertiva das condições dos equipamentos. É importante possuir estabilidade operacional, além de aspectos relacionados às matérias primas serem fatores de suma importância para o processo de transferência de material.

A unidade fabril, dentro desta filosofia, busca uma constante consolidação do seu processo de fabricação, por consequência diminuir as paradas não programadas nos equipamentos.

A principal causa de desgaste das calhas e chutes de transferência hoje está relacionado diretamente ao material de transporte, neste caso minérios, usado industrialmente. Por consequência de diversos fatores, e por conta de diversos processos de extração de empresas fornecedores, o atual cenário de fornecimento de minério é pela diminuição da sua granulometria, com o consequente o refino médio das partículas. Este refino pode levar a um cenário caótico em alguns pontos da planta industrial, promovendo desgastes prematuros de chapas, calhas, *chutes* e a dissipação de poeira na atmosfera.

O ponto principal para analisar o melhor cenário de uma calha de transferência é projetar corretamente a necessidade da correia transportadora na área fabril, depois, projetar a melhor configuração de calha e do *chute* possíveis de modo a atender à demanda de transporte do produto.



(a) **(b)** **(c)**

Figura 1. Diferentes projetos de *Chutes*: (a) placa de impacto [4], (b) caixas de pedra [5] e (c) *hood* and *spoon* [6].

Copyright © 2022 ISESC

3. Metodologia

Foi empregado o *software Beltstat®* para o cálculo das tensões na correia, potência necessária e flechas máximas, bem como para estudo do comportamento do transportador durante a partida e a parada. Também foram utilizadas planilhas desenvolvidas para o cálculo e avaliação específica dos rolos, dentre outros itens.

3.1. Procedimento de Cálculo

No programa *Beltstat®* são inseridas as coordenadas dos pontos notáveis nos trechos de carga e do retorno do transportador. São informadas a capacidade do transportador, sua velocidade, largura, configuração dos roletes, propriedades do material e da correia, dados de massa e capacidade dos componentes, entre outras informações. Após a inserção de todos os dados de entrada o programa calcula as tensões nos pontos da correia, as demandas de potência, os tempos de partida e parada, os dados de capacidade de transporte, determinação do contrapeso e outras informações, através do método proposto pela CEMA (*Conveyor Equipament Manufactures Assosiation*).

Na análise dinâmica, o programa também avalia as variações das tensões de partida e frenagem ao longo do tempo, para cada ponto do transportador, assim como as velocidades da correia em cada ponto, e as oscilações do contrapeso, nesses estados transientes. Os resultados da análise dinâmica são apresentados em forma de gráficos.

3.2. Avaliações Específicas

As avaliações dos componentes como acoplamento e correia são realizadas conforme as especificações do cliente final e as recomendações de seus fabricantes. A avaliação da potência necessária do transportador é executada, considerando o rendimento mecânico do conjunto de acionamento e as diversas situações de carregamento de material ao longo da correia, possibilitando a escolha do motor a utilizar. A avaliação dos rolos é executada conforme norma ABNT NBR 6678 [7]. Os rolos são verificados considerando a correia com grau de enchimento de 100% e, na região de impacto, considera-se que os rolos estão submetidos ao dobro da carga, de modo a levar em conta o impacto de material nos mesmos.

3.3. Transportador de Correia Estudado

A Tabela 1 mostra os valores usados de Engenharia para o desenvolvimento da correia transportadora que será usada de referência para a confecção da calha de transferência de material.

Tabela 1. Dados da Correia Transportadora avaliada neste estudo (TAG = 'Transportador CT 01')

Material Transportado		
Material	Minério de Ferro	
Densidade aparente mín.	2,2	t/m³
Densidade aparente máx.	2,2	t/m³
Ângulo de acomodação	20	º
Granulometria	30	mm
Características do transportador		
Capacidade de projeto	1400	t/h
Velocidade da correia calculada	0,5	m/s
Correia		
Largura	1.4	m
Modelo	EP 220-3	
Peso da correia	30,2	kg/m
Esp. da cobertura sup.	10	mm
Esp. da cobertura inf.	3	mm
Tensão admissível	66	kN/m
Acionamento		
Potência do motor	30	kW
Quant. de acionamentos	1	unid.
Número de polos	4	-
Rotação	1800	rpm
Redução exata	47,82	

3.4. Premissas de Engenharia

Todos os componentes irão atender à capacidade de projeto de 1400 t/h, exceto dos rolos de carga e impacto que são verificados com a carga máxima de material na correia. Além disso, foram considerados:

- dois raspadores no tambor de acionamento;
- um limpador um próximo ao esticamento;
- fator de atrito de 0,025 com os roletes, considerando uma operação normal, isto é, sem rolos travados e sem contato do material incrustado com a correia;
- que o transportador possui esticamento do tipo fixo por parafuso com comprimento horizontal de 2,0 m;
- o revestimento do tambor de acionamento será em pastilhas de cerâmica;
- o coeficiente de atrito entre tambor e correia durante a operação é de 0,35;
- O coeficiente de atrito entre tambor e correia durante a partida é de 0,45.

Copyright © 2022 ISESC

4. Resultados e Discussão

Os minérios atualmente em consumo, apresentam uma participação da fração menor que < 0,150 mm crescente ao longo dos anos, conforme ilustrado pela Figura 2. Esta parcela, contribui para as ocorrências de entupimentos e perda de produtividade no processo de sinterização para o qual o minério é destinado [8].

A proposta de modificação, ilustrada na Figura 4, apresenta um trecho reto em comparação com o antigo, no qual verifica-se uma maior distribuição de material na calha. Esta nova saída de material utiliza uma chapa de desgaste em basalto. Neste caso, a simulação, ilustrada na Figura 5 e usando os dados ao Anexo 1, confirma que o material flui com uma maior naturalidade, sem dispersão de velocidade e regiões de acúmulo e tensão.

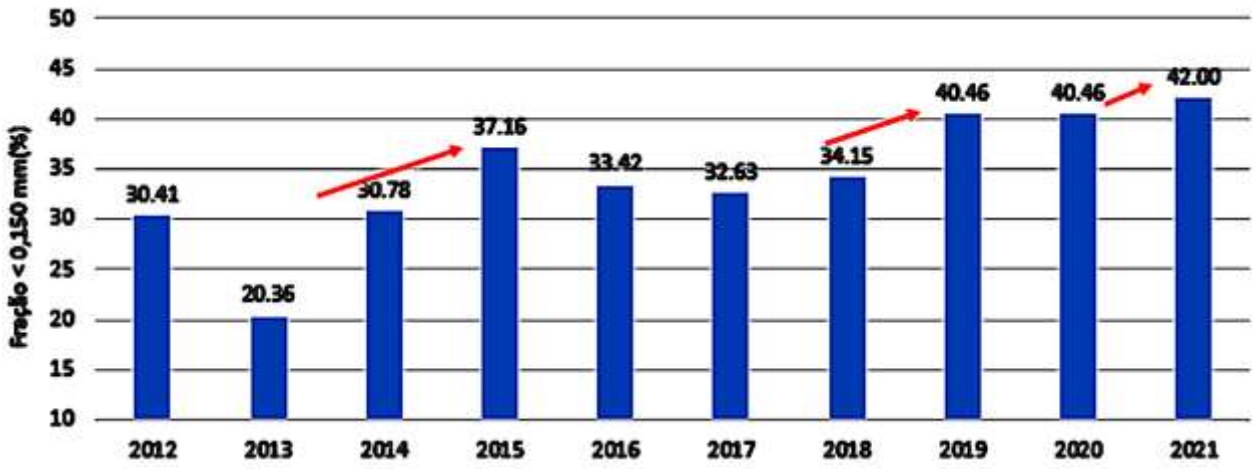


Figura 2. Fração de Minério fino (menor do que 0,150 mm de tamanho de partícula) ao longo dos anos.

A Figura 3 ilustra como era a característica da calha de transição e chute na correia transportadora. É possível verificar uma concentração grande de material de um lado apenas, o que caracteriza um escoamento assimétrico em relação ao eixo. Como este tipo de calha não aceita o acúmulo de material, o fluxo assimétrico de material levava a seu acúmulo demasiado na superfície e consequentemente transbordamento.

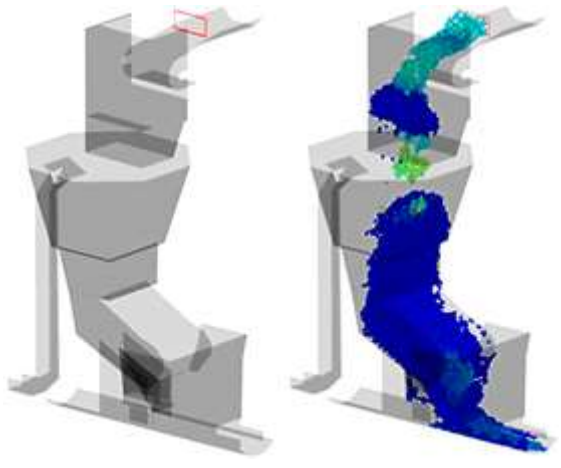


Figura 3. Configuração Antiga da Calha de transição e *Chute*

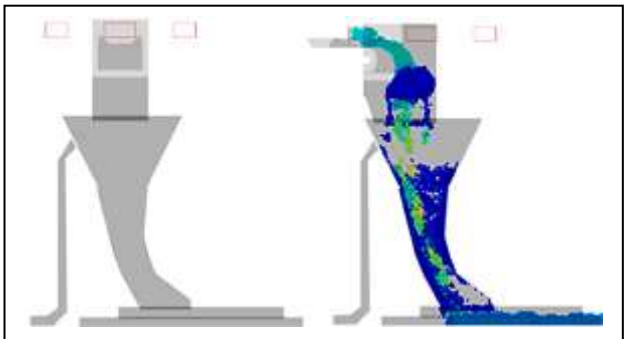


Figura 4. Nova Configuração da Calha de Transição.

A Figura 6.a ilustra a distribuição de partícula versus o tempo na configuração antiga e a Figura 6.b ilustra a nova configuração. O desejado é uma suavização desta curva, que assim mostra que não existe acúmulo de material na transição entre as correias transportadoras [9]. A configuração nova teve um resultado excelente e a placa de basalto instalada na calha ajuda na redução de partículas presas, melhorando bastante a fluidez de material.

Da mesma maneira, nas Figuras 7.a e 7.b são ilustradas a relação de velocidade versus o tempo. É fácil perceber que na configuração antiga existe um vazio entre o gráfico de velocidade e isso ocorre pelo excesso

Copyright © 2022 ISESC

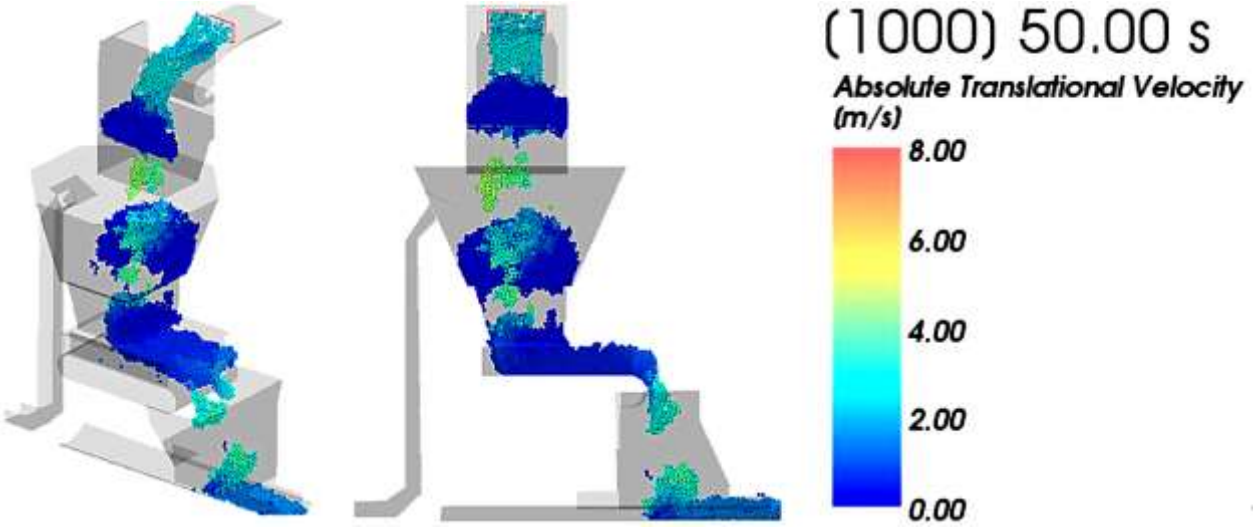


Figura 5. Resultado da Simulação de Transporte de Material.

de material obstruindo o fluxo normal da esteira transportadora. Logo, podemos concluir que a velocidade é proporcional a quantidade de material que temos no alojamento das calhas transportadoras.

5. Conclusões

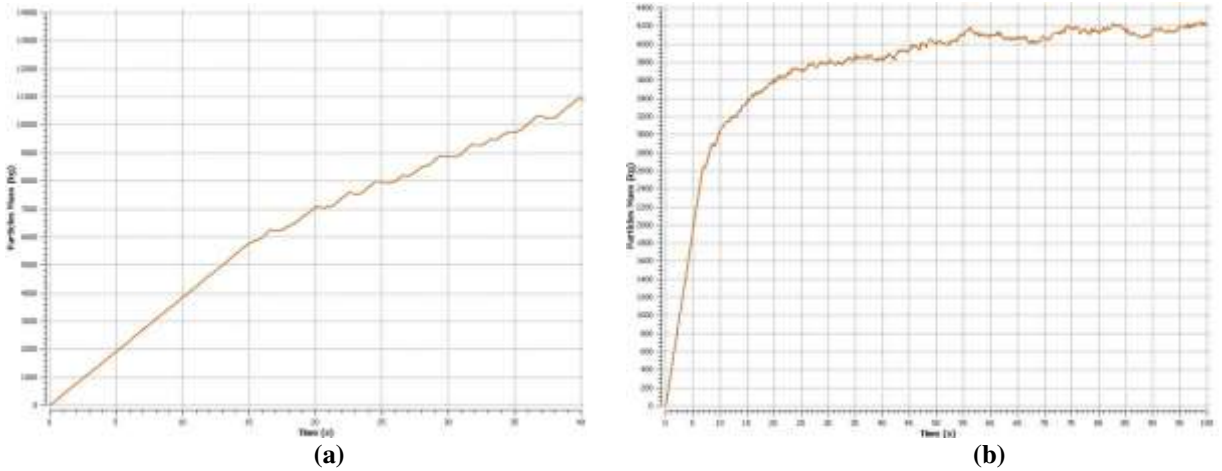
Configurações padrões devem ser usadas nas calhas e *chutes* das esteiras transportadoras. Entretanto, cada processo deve ser estudado separadamente e analisando a sua melhor configuração para a área. Projetar corretamente a esteira transportadora que será usada na área. Por consequência, é possível projetar com exatidão o modelo de transição que as esteiras. O constituinte do material transportado é de suma importância e qualquer erro de medição poderá ter consequências catastróficas.

O estudo focou na nova configuração de calha de transferência tendo como primícia a análise de projeto e dimensionado de esteira transportadora. Os resultados obtidos mostraram uma melhoria no desempenho no transporte de partículas (minério) entre correias transportadoras.

Referências

1 IBRAM, **Produção Mineral Brasileira**, 2017. [Online] Disponível na internet URL: http://www.ibram.org.br. Acessado em junho de 2022.

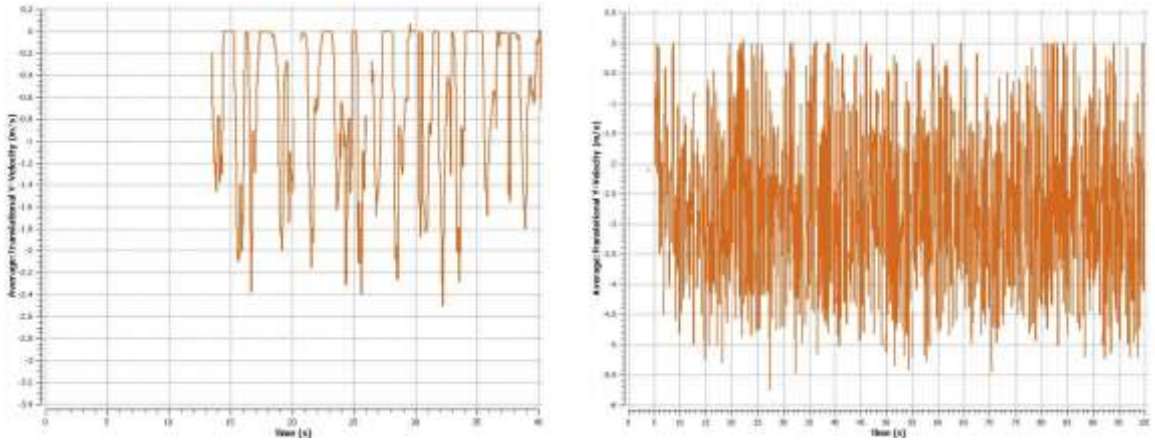
2 IBRAM, **Exportação de minérios foi crucial para manter saldo da balança comercial positivo em 2021**, 2021. [Online] Disponível na internet URL:



(a) **(b)**

Figura 6. Distribuição de Partículas versus tempo na: (a) configuração antiga e (b) configuração nova.

Copyright © 2022 ISESC



(a) **(b)**

Figura 7. Velocidade versus tempo na: (a) configuração antiga e (b) configuração nova.

https://ibram.org.br/release/exportacao-de-minerios-foi-crucial-para-manter-saldo-da-balanca-comercial-positivo-em-2021. Acessado em junho de 2022.

3 ROBERTS, A. W. Chute Performance and Design for Rapid Flow Condition. **Chemical Engineering and Technology**. V: 26 (2): 163-170. https://doi.org/10.1002/ceat.200390024.

4 GOODYEAR. **Goodyear Handbook of Conveyor & Elevator Belting**, Section 11. Akron (USA): The Goodyear Tire & Rubber Company. 1975.

5 DEWICKI, G.; MUSTOE, G. **Bulk Material Belt Conveyor Transfer Point: Simulation of Material Flow using DEM**. Proceedings of the 2nd International Conference on Discrete Element Methods, Santa Fe, New Mexico, USA, September 2002.

6 BENJAMIN, C.; DONECKER, P.; HUQUE, S.; ROZENTALS, J. **The Transfer Chute Design**. 1st Ed. Hong Kong (China): Conveyor Transfer Design Pty. Limited, 2010, 272p.

7 ABNT NBR 6678. **Transportadores contínuos - Transportadores de correias - Roletes - Projeto, seleção e padronização**. Comitê ABNT/CB-004 Máquinas e Equipamentos Mecânicos. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2017.

8 CLEARY, P. W. DEM prediction of industrial and geophysical particle flows, **Particuology**. V:8 (2): 106-118, 2010. https://doi.org/10.1016/j.partic.2009.05.006.

9 ILIC, D. , DONOHUE, T. **On the design and analysis of transfer chute systems**. XXVI Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa, Poços de Caldas-MG, 18 a 22 de Outubro, 2015.

Copyright © 2022 ISESC

ANEXO 1 – DADOS DA SIMULAÇÃO DA CORREIA TRANSPORTADORA

MATERIAL SPECIFICATIONS

1. MATERIAL CONVEYED	Iron Ore, crushed		
2. DESIGN TONNAGE	1400.00	T/H	
3. BULK DENSITY	2200.00	KG /CU M	
4. SURCHARGE ANGLE	20.00	DEG	
5. LUMP SIZE AND PERCENTAGE	150.00	MM X	10.00 PCT
6. LUMP SHAPE FACTOR	1.40		
7. CHUTE DROP DISTANCE	0.90	M	
8. ABRASIVE INDEX	NONE		
9. ENVIRONMENTAL CONDITION .(CEMA INDEX)	DIRTY		
10. MAINTENANCE CONDITION ...(CEMA INDEX)	POOR		
11. HOURS IN SERVICE PER DAY	24.00	HRS	
12. TEMPERATURE RANGE	0.00	TO 40.00 DEG C	

BELT SPECIFICATIONS

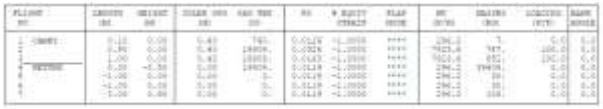
1. WIDTH	1400.000 MM (467.5 /LUMPS)		
2. SPEED	0.500 M/S		
3. TYPE OF BELT CARCASS	POLYESTR		
4. BREAKING STRENGTH	460.000 N/MM		
5. TENSION UTIL RUNNING/ACCEL-DECEL	74.293	/ 75.647	% OF RATED
6. WEIGHT	30.200 KG /M		
7. COVER THICKNESS	10.000 X 3.000 MM		
8. ELASTICITY	2550. KN/M		
9. SAG ALLOWABLE ON CARRY SIDE, PCT	2.000 PCT		
10. EDGE DISTANCE / BED DEPTH	-109.291	/ 285.549	MM
11. X-SECTIONAL AREA AVAIL ...(MAX, CEMA)	0.184	/ 0.134	SQ M
12. X-SECTIONAL AREA USED .....(CEMA)	143.943 %	/ 0.354	SQ M
13. IMPACT FORCE FROM LUMPS	48.038 N-M		
14. TAPE LENGTH (NOT INCL SPLICE LENGTH)	5.571 M		

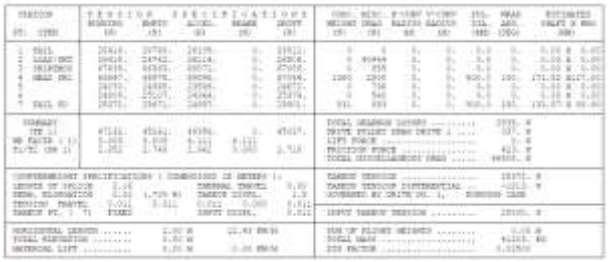
IDLER AND ANCILLARY SPECIFICATIONS

	CARRY	RETURN
1. IDLER SERIES	D5	D5
A. IDLER ANGLE	20.00 DEG	0.00
B. DIAMETER	127.00 MM	127.00
C. LOAD RATING	5115.46 N	1245.50
D. ADJUSTED LOAD CAPACITY	4346.53 N	1158.96
E. APPLIED LOAD AT MAX SPACING	3169.42 N	0.00
F. ROTATING WEIGHT	22.72 KG	12.32
G. WE SQ (KG-MM-SQ)	71697.	68473.
H. SEAL DRAG (A1)	8.02 N	2.67
I. NUMBER OF IDLERS (APPROX)	5.	0.
J. NUMBER OF ROLLERS	3	1
K. KXC , KXR	0.000700	0.000700
2. (KY) TROUGH SHAPE MULTIPLIER	0.7940	0.7940
3. (KY/KX) CORRECTION (REGENERATION)	1.000	
4. (KT) TEMPERATURE ADJUSTMENT (KY/KX)	1.000	
5. IDLER SEAL CORRECTION (REGENERATION)	1.000	
6. SKIRTBOARD FRICTION FACTOR	0.276	
WIDTH / MAX MAT. HEIGHT	933.333	/ 350.700 MM

MOTOR / REDUCER / BRAKE SPECIFICATIONS

1. LOCATION OF DRIVE / BRAKE UNITS	4			
2. MOTOR NAMEPLATE KILOWATTS	30.0			
RUNNING KILOWATTS	25.2			
3. POWER RATIO	1.000			
4. MOTOR SYNCHRONOUS RPM	1800.0			
RUNNING RPM	1770.6			
5. STARTING TORQUE LIM.(PCT FLL-LD-TQ)	150.0			
6. DRIVE INERTIA AT MOTOR ...(KG-M-SQ)	0.3			
7. DRIVE EFFICIENCY	0.950			
8. DRIVE WRAP ANGLE .....(DEGREES)	180.0			
9. DRIVE FRICTION FACTOR, RUNNING	0.350			
ACEL/DEC	0.450			
10. GEARBOX RATIO	92.708			
11. BRAKE TORQUE LOW-SPEED .....(N-M)	0.			
12. BRAKE ENERGY ABSORBED ....(KW-SECS)	0.			
13. ACCELERATION ..... TIME	0.520 SEC	TRAVEL:	0.13 M	
14. DRIFT ..... TIME	0.409 SEC	TRAVEL:	0.10 M	
15. BRAKING ..... TIME	0.000 SEC	TRAVEL:	0.00 M	





Copyright © 2022 ISESC