



Faculdade De Engenharia
Departamento De Engenharia Eletrotécnica
Engenharia Eléctrica (Diurno)

Estágio Profissional
Relatório Final

Tema:

**Desenvolvimento dum Sistema de Controlo e Supervisão de
Balanças Doseadoras de Correia, Aplicável a Moagem de
Cimento (Cimentos de Moçambique – Fabrica da Matola 1).**

Autor:

MAZEMBE, Moniz Idécio Zacarias

Supervisores:

UEM: Eng.º Isac Matavel

Instituição: Eng.º Daniel Jaeia

Maputo, Agosto de 2020

Faculdade De Engenharia
Departamento De Engenharia Eletrotécnica
Engenharia Eléctrica (Diurno)
Projecto do Curso Relactório
Final

**Desenvolvimento dum Sistema de Controlo e Supervisão de
Balanças Doseadoras de Correia, Aplicável a Moagem de
Cimento (Cimentos de Moçambique – Fabrica da Matola 1).**

Autor:

MAZEMBE, Moniz Idércio Zacarias

Supervisores:

UEM: Eng.º Isac Matavel

Instituição: Eng.º Daniel Jaeia

Relatório apresentado ao Departamento de Engenharia
Electrotécnica, Faculdade de Engenharia da
Universidade Eduardo Mondlane, como parte dos
requisitos para culminação do curso de Licenciatura em
Engenharia

Eléctrica.

Maputo, Agosto de 2020

Agradecimentos

Em primeiro lugar, agradeço a Deus, pelo dom da vida, por iluminar os meus caminhos, por me proteger durante todos os momentos.

Família

Aos meus pais, Zacarias J. Mazembe e Maria Vasta do Céu, pelo apoio incondicional em todos os momentos, por disponibilizarem todas as condições para que pudesse frequentar a faculdade, pela força e motivação durante o percurso.

Aos meus irmãos, Elton Manjate e Mirco Mazembe, pela força, carinho e apoio incondicional.

Agradecimento especial a Tia Henriqueta Boaventura, pelo apoio para minha entrada a Universidade e culminação do curso.

A minha família em geral pelo apoio e incentivo.

Faculdade de Engenharia

Agradeço no geral ao Departamento de Electrotecnia (DEEL) da UEM, pela disponibilização de grande quadro de docentes capacitados que ajudou no meu processo de formação no curso de Licenciatura em Engenharia Eléctrica.

Um agradecimento especial ao meu Supervisor Eng.º Isac Matavel por ter aceiteado o meu tema, pelo acompanhamento durante a elaboração do relactório, assim como pelas críticas construtivas.

Agradeço aos meus companheiros de carteira, que contribuíram bastante para o percurso do grupo durante o processo de formação.

Cimentos de Moçambique

Agradecimento ao Eng.º Mário Akaki e ao Recursos Humanos por me conceder a oportunidade de poder estagiar na área de Manutenção Eléctrica/Instrumentação na fábrica da Matola 1. Especialmente aos engenheiros Mateus Omar, Daniel Jaeia e Samuel Muguambe pela disposição imediata, treinamentos técnicos, conselhos e críticas construtivas que contribuíram bastante para a elaboração do trabalho, assim como para o crescimento profissional. A equipe de trabalho no geral, pelo apoio e troca de ideias construtivas a nível profissional e social.

Epigrafe

“Nenhuma Engenharia constrói o carácter, mas com carácter se fazem os melhores engenheiros...”

E lembre-se sempre que, a determinação de hoje, é o sucesso do amanhã...”

[Adaptado de Jordan Lucas]

Resumo

O presente trabalho, tem como foco principal o desenvolvimento de um sistema de controlo e supervisão de balanças doseadoras da Moagem de Cimento 7 (Fábrica da Matola 1), com a finalidade de melhor o seu funcionamento em termos de estabilidade e desempenho, face a situação actual. Faz menção a aplicação de instrumentos de monitoramento em tempo real sobre toda a sua plataforma, por forma a assegurar que o processo de vazão do material, seja constante e com o mínimo de intermitências.

É feita a descrição da lógica de programação através do PLC, nos aspectos ligados ao gerenciamento da informação durante o processo de dosagem de material, assim como, servindo de meio de comunicação com a supervisão, sobre o estado actual e aviso de alarmes em caso de alguma anomalia.

Além disso, o trabalho ilustra a caracterização dos riscos ocupacionais, assim como os impactos com o sistema em funcionamento.

Palavras Chave: Balança Doseadora; Controlo; Instrumentação; Supervisão; Estabilidade; Controlador Lógico Programável (CLP)

Índice

Agradecimentos.....	i
Epigrafe.....	ii
Resumo.....	iii
Índice.....	iv
Lista de Símbolos/Abreviaturas.....	vi
Lista de Figuras.....	vii
Lista de Tabelas.....	viii
Capítulo I.....	1
1. Introdução	1
1.1. Formulação do Problema	2
1.2. Justificativa	2
1.3. Objectivos	3
1.4. Metodologia Aplicada.....	3
Capítulo II.....	4
2. Abordagem Teórica	4
2.1. Balanças Doseadoras de Correia.....	4
2.2. Estrutura Geral duma Balança Doseadora de Correia	4
2.3. Princípio de Funcionamento duma Balança Doseadora	13
2.4. Modos de Operação da Balança.....	15
2.5. Módulo Disocont Tersus (DT-9)	16
2.6. Inversor de Frequência.....	18
2.7. Controlador Lógicos Programável (CLP).....	20
2.8. Sistema de Supervisão	23
Capítulo III.....	26
3. Apresentação e Análise de dados.....	26
3.1. Situação Actual do Funcionamento das Balanças	26

3.2.	Visão geral do sistema proposto	29
3.3.	Especificação dos Componentes Principais.....	30
3.4.	Emprego do PLC para a Gestão do Sistema	34
3.5.	Procedimentos de Calibração duma Balança Doseadora.....	42
3.5.1.	Pulses/Belt – Impulsos por Revolução da Correia.....	42
3.5.2.	Tare – Tara.....	43
3.5.3.	Check Weight– Pesos de Aferição.....	43
3.5.4.	Material Test – Verificação usando material	45
3.6.	Estimativa de Custos.....	46
Capítulo IV	47
4.	Principais Constatações e Conclusão final	47
4.1.	Caracterização dos Riscos Ocupacionais durante o Funcionamento do Sistema	48
5.	Sugestões ou Recomendações.....	49
6.	Bibliografia Consultada	50

Lista de Símbolos/Abreviaturas

Simbologia	Significado	Unidade
L_{eff}	Comprimento efectivo da plataforma	m
L_g	Comprimento total da plataforma	m
Q	Carga na correia	Kg/m
Q_B	Peso da carga na plataforma	Kg
I	Vazão instantânea	Kg/s (t/h)
v	Velocidade da correia	m/s
X_d	Desvio da balança	%
A	Corrente	A; mA
U	Tensão	V; mV
s	Segundo	s
R	Resistencia	Ω
f	Frequencia	Hz
L	Comprimento	m
T	Temperatura	°C
CLP (PLC)	Controlador Lógico Programavel	-
NA	Contacto normalmente aberto	-
NC	Contacto normalmente fechado	-
CR	Controlador de rotações	
ST	Sensor de temperatura	
SN	Sensor de nível	
VG	Desalinhamento da correia	

Lista de Figuras

Figura 1. Balança Doseadora de Correia. [2].....	4
Figura 2. Estrutura Eléctrica duma Balança Doseadora. [adaptado de 3]	5
Figura 3. Motor de indução de rotor em gaiola de esquilo.[7]	6
Figura 4. Motor de indução de rotor bobinado. [7]	6
Figura 5. Motor redutor acoplado ao tambor de accionamento da correia da balança. [2]	7
Figura 6. Extensómetro (Strain Gage).[Internet]	7
Figura 7. Associação de Strain Gages a Ponte de Wheatstone / Célula de Carga. [Internet] ..	8
Figura 8. Chave de desalinhamento da correia.[Internet]	8
Figure 9. Sensor indutivo: a) diagrama; b)simbologia.[9]	9
Figura 10. Correia Transportadora. [2]	10
Figura 11. Roletes. [Internet]	11
Figura 12. Tambor para correia transportadora. [Internet]	11
Figura 13. Módulo de pesagem. [2]	12
Figura 14. Centralizadores da Correia. [2]	12
Figure 15. Princípios de medição. [2]	13
Figure 16. Módulo Disocont Tersus [2]	17
Figure 17. Controlo com alimentação simples [2]	17
Figure 18. Balança com Pré-alimentador de Material Controlável. [2]	18
Figure 19. Balança com carga constante. [2]	18
Figura 20. Arquitetura dum Inversor de Frequência. [Internet]	19
Figure 21. Unidade de potência de um inversor trifásico. [Internet]	20
Figura 22. Arquitetura de um CLP.[Internet]	21
Figura 23. Navegando no RSLogix 500. [10]	22
Figure 24. Interface RSLinx.[10]	22
Figura 25. Exemplo de logica de programação básica em Ladder. [10]	23
Figura 26. Rede de comunicação dum sistema de supervisão e o processo. [Internet]	24
Figura 27. Glanumetria do material não uniforme.	26
Figura 28. Surgimento de crosta na zona do tambor mandado.	27
Figura 29. Pedregulhos entre o tambor de accionamento e o rolete adjacente ao rolete de pesagem.....	27
Figura 30. Crosta entre a estrutura e a correia.	27

Figura 31. Empilhamento de material sobre a estrutura.	28
Figura 32. Camada de material fora do padrão.	28
Figura 33. Desalinhamento da correia.	29
Figure 34. Diagrama Geral de Controlo da Doseadora.	30
Figura 35. Ciclo de execução do programa no PLC.	34
Figura 36. Bloco de programação para monitoramento da temperatura.	37
Figura 37. Bloco de programação para controle de nível de material na tremonha.	38
Figura 38. Bloco de programação para monitoramento dos roletes (Zona de Pesagem).	39
Figura 39. Bloco de programação para desalinhamento da correia.	40
Figura 40. Bloco de programação para acionamento e controlo do doseamento da balança.	41

Lista de Tabelas

Tabela 1. Relação dos desvios da balança.	15
Tabela 2. Tipos de Linguagem de programação.	23
Tabela 3. Características das Doseadoras	30
Tabela 4. Parametros da célula de carga.	31
Tabela 5. Sensor de nível motorizado.	31
Tabela 6. Parâmetros do sensor indutivo.	32
Tabela 7. Parâmetros do interruptor de desalinhamento da correia.	32
Tabela 8. Parâmetros do motor eléctrico.	33
Tabela 9. Parâmetros do inversor de frequência.	33
Tabela 10. Endereçamento das variáveis I/O.	36
Tabela 11. Estimativa de Custos	46
Tabela 12. Caracterização dos Riscos Ocupacionais durante o Funcionamento do Sistema. .	48

Capítulo I

1. Introdução

Desde que o mundo atingiu a idade moderna, o cimento é um elemento de extrema importância para construções de engenharia, pelo conjunto de suas propriedades de moldar, hidraulicidade (endurecer tanto na presença de água, assim como, a do ar), elevadas resistências aos esforços e por ser obtido a partir de matérias-primas relativamente abundantes e disponíveis na natureza.

Portanto, o cimento é um insumo básico da indústria de construção, utilizado em grandes quantidades na produção de centros de habitações, indústria, comércio, estradas, pontes, saneamento, barragens hidroelétricas, dentre várias aplicações.

Entretanto, o processo de produção do cimento resulta numa combinação de fórmulas tradicionais e alta tecnologia em equipamentos. Desde a extração de calcário (matéria prima) até ao processamento e entrega do produto final, as fábricas de cimento são subdivididas em etapas específicas no processo produtivo do produto final.

O cimento resulta da moagem fina de vários componentes, sendo o componente maioritário o clínquer, juntando-se gesso e aditivos.

Nesse processo de moagem podem utilizar-se moinhos verticais, ou mais comumente aplicados, moinhos tubulares, com uma, duas ou três câmaras, funcionando em circuito aberto ou fechado.

As Balanças Doseadoras de Correia são equipamentos destinados a medir a quantidade de material transportado em uma correia transportadora e garantir a quantidade certa de material a ser colocada no moinho para a obtenção do produto final.

Todavia, o propósito deste tema é demonstrar um sistema de controlo e supervisão de Balanças Doseadoras de Correia, aplicável a moagem de cimento (Cimentos de Moçambique – Fabrica da Matola 1), em termos de melhoria do desempenho e estabilidade em regime de funcionamento normal, através de aplicação de elementos de protecção, comodidade, processos de calibração, assim como, o controle automático.

1.1. Formulação do Problema

Geralmente esses equipamentos não dispõem de todos elementos de segurança e confiabilidade, ocasionando instabilidade ao sistema, proporcionando erros indesejáveis na medição da vazão de material causando impactos não benéficos a empresa.

Apesar de serem de fabricante externo, não contemplam todo o tipo de controlo desejado, como sensores (indutivos, pulso e temperatura), para verificar o alinhamento dos roletes, se os mesmos estão em movimento, a temperatura do material, o alinhamento da tela, evitando os esforços laterais, entre outros factores que interferem no funcionamento normal das balanças.

A inexistência de meios práticos para o controle e gerenciamento dessas informações e alarmes para a ida do técnico quando necessário, também constitui um problema.

A falta de manutenção adequada é um factor que pode originar problemas de calibração da balança, fazendo um doseamento da quantidade de material que não condiz com a quantidade real de material presente, causando erros de dosagem.

1.2. Justificativa

Para a obtenção do cimento dentro dos parâmetros desejados é necessário que o processo de doseamento dos componentes seja estável, com o fluxo permanente, salvaguardando qualquer alteração na sua composição.

Através dos elementos de controlo, protecção e supervisão das balanças, pode-se garantir o melhor desempenho destes equipamentos, alertando em casos de falhas, garantindo a confiabilidade do sistema.

Além disso, erros na medição na quantidade de material vazado, constitui um problema grave para a empresa, pois, o tempo que é perdido num equipamento devido a uma paragem fora da planificação é prejuízo.

Um outro factor que contribui para a estabilidade do sistema de doseamento é a própria alimentação da balança, que pode ser melhorado existindo mecanismos de controlo do fluxo, com o número reduzido de perdas de material ao longo do processo.

Os procedimentos de calibração desses equipamentos, são de extrema importância porque permitem verificar se estão aptos para o processo e que os valores apresentados não poderão interferir na qualidade do produto final.

1.3. Objectivos

1.3.1. Geral

Demonstrar a melhoria em termos de desempenho e estabilidade, um sistema de controlo e supervisão de Balanças Doseadoras de Correia, aplicável a moagem de cimento (Cimentos de Moçambique – Fabrica da Matola 1).

1.3.2. Específicos

- ❖ Descrever a situação actual do funcionamento das Balanças Doseadoras;
- ❖ Descrever e especificar os elementos principais para concepção do sistema de controlo, supervisão e calibração das Balanças;
- ❖ Ilustrar a lógica de programação para o controle e supervisão do sistema, com emprego do Controlador Lógico Programável (PLC);
- ❖ Avaliar os riscos ocupacionais e impactos com o funcionamento do sistema;

1.4. Metodologia Aplicada

Para a elaboração do presente relatório, será aplicada a seguinte metodologia de pesquisa:

- ❖ **Pesquisa bibliográfica:** realizando revisão bibliográfica em dissertações, teses, artigos científicos e outras publicações relacionadas ao tema de estudo. Abordagem de estudo: o método de abordagem aplicada será do tipo mista (qualitativa e quantitativa).
- ❖ **Técnicas De Recolhas De Dados:** para a recolha de dados as técnicas implementadas serão a Observação e a Documentação Directa, que consiste na observação do local em estudo em relação a situação actual, assim como entrevista informal ao pessoal do processo assim como os técnicos da manutenção.
- ❖ **Técnicas De Análise De Dados:** a organização sistemática dos dados será feita com o auxílio de computador, com ferramentas especializadas para formatação dos dados e emprego do PLC da fabricante Rockwell Automation para desenvolvimento da lógica de funcionamento do sistema.

Capítulo II

2. Abordagem Teórica

2.1. Balanças Doseadoras de Correia

A balança doseadora de correia (Fig.1) é um equipamento desenvolvido para controlar o fluxo de material sobre uma correia, mantendo constante o fluxo em sua descarga. Mediante a uma solicitação de trabalho (“SetPoint”), a balança faz a verificação da carga sobre a célula de carga e aumentará ou diminuirá a velocidade da correia para atingir a vazão solicitada. [2]



Figura 1. Balança Doseadora de Correia. [2]

Conforme *Klein (1999)*, a balança é um ponto crítico no processo de dosagem e deve ser projetada atendendo as exigências para a sua aplicação. O número de balanças dependerá diretamente da velocidade com que se deseja fazer o doseamento das matérias-primas assim como, do número das matérias-primas a ser doseado. [3]

Portanto, para o processo de produção de cimento, as indústrias devem dispor de várias balanças, de diferentes capacidades e tipos, para satisfazer as percentagens definidas das receitas para obtenção do produto final.

2.2. Estrutura Geral duma Balança Doseadora de Correia

A sua estrutura pode ser dividida sob ponto de vista eléctrico e mecânico para melhor compreensão. Importa referir que para sua construção é de extrema importância a correcta montagem e ajuste dos componentes, por forma a garantir a estabilidade do seu funcionamento.

2.2.1. Estrutura Eléctrica

A figura a seguir, ilustra o esquema dum balanço doseadora, contendo a disposição dos instrumentos eléctricos/electrónicos convencionais.

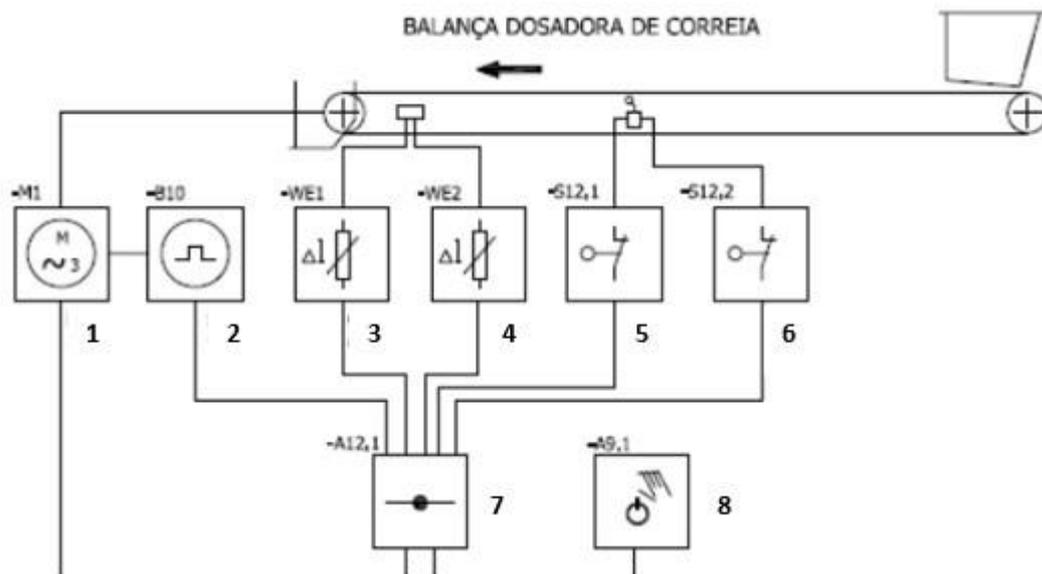


Figura 2. Estrutura Eléctrica dum Balanço Doseadora. [adaptado de 3] Onde:

- 1 – Motor de Accionamento;
- 2 – Sensor de Velocidade;
- 3 e 4 – Célula de Carga;
- 5 e 6 – Chave de desalinhamento da Correia;
- 7 – Caixa de interligações;
- 8 – Comando local da Balança;

2.2.1.1. Motor Eléctrico

O motor eléctrico é um dispositivo eletromecânico que tem a função de transformar a energia eléctrica em energia mecânica, em geral, em energia cinética, ou seja, num motor, a simples presença de corrente eléctrica, seja em corrente contínua ou alternada, garante o movimento no seu eixo, que pode ser aproveitado de diversas formas, dependendo da sua aplicação. [1]

Nas indústrias, os motores comumente aplicados são os motores de indução (assíncronos) trifásicos, em conjunto com diversos comandos eléctricos, devido ao seu custo, robustez, e facilidade na aplicação. Existem dois tipos de motores de indução, sendo: o de rotor em gaiola de esquilo e o de rotor bobinado. [1][7]

2.2.1.1.1. Princípio de funcionamento

O funcionamento de uma máquina assíncrona baseia-se no princípio da interação electromagnética do campo girante criado pela corrente trifásica fornecida ao enrolamento estatórico pela rede, e das correntes induzidas no enrolamento rotórico quando os condutores deste último são cortados pelo campo girante. Deste modo, o funcionamento de uma máquina assíncrona é análogo ao de um transformador, onde, o estator corresponde ao enrolamento primário e o rotor ao secundário, que, no caso geral, se considera a girar à velocidade n .

2.2.1.1.2. Características construtivas

Um rotor em curto-circuito consiste de uma série de barras condutoras colocadas em ranhuras na superfície do rotor e em curto-circuito nos terminais por anéis.



Figura 3. Motor de indução de rotor em gaiola de esquilo.[7]

No rotor bobinado é construído de um circuito trifásico que é uma imagem do enrolamento do estator.



Figura 4. Motor de indução de rotor bobinado. [7]

Os enrolamentos são usualmente conectados em estrela e os seus terminais conectados a

anéis montados no eixo do rotor.

Os enrolamentos do rotor estão em curto-circuito através de escovas que pressionam os anéis de deslizamento. [7]

Para o caso das balanças doseadoras são aplicados motores assíncronos de rotor em gaiola de esquilo. Sua principal função é garantir o movimento do tambor de acionamento da correia da balança, fazendo com que o material depositado na tremonha de alimentação da mesma, caia sobre a correia e seja transportada até ao moinho de cimento.



Figura 5. Motor redutor acoplado ao tambor de accionamento da correia da balança. [2]

2.2.1.2. Célula de Carga

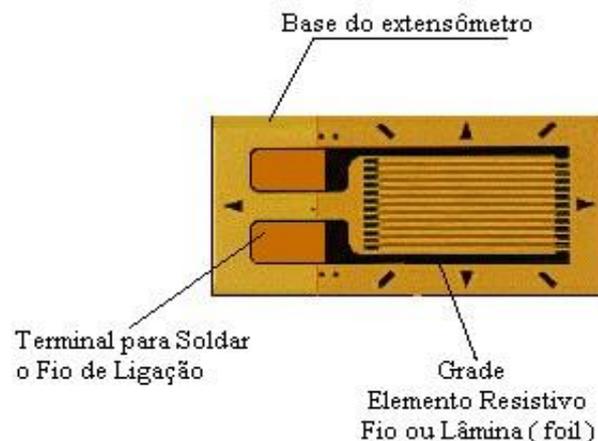
É um transdutor de força, na qual converte uma grandeza física (força) em um sinal elétrico. A célula de carga têm o princípio de funcionamento baseado em variação de uma resistência ôhmica de um sensor denominado extensômetro (Strain Gages).

2.2.1.2.1. Extensômetros (Strain Gages) É

um resistor composto por uma fina camada de material condutor, depositado sobre um composto isolante que é colocado sobre a estrutura em teste.

Pequenas variações de dimensões da estrutura ($0-50\mu m$) são transmitidas mecanicamente ao Strain Gage, que transforma essas variações em variações equivalentes de sua resistência

elétrica. Figura 6. Extensômetro (Strain Gage). [Internet]



A variação de resistência é muito baixa, necessitando de amplificação do sinal.

2.2.1.2.2. Ponte de Wheatstone

Amplificar os sinais obtidos na medição, permitindo uma avaliação mais precisa da variação ôhmica dos extensômetros. Ponte formada por associação de quatro (4) sensores, por forma a converter a variação de resistência em uma tensão na saída (ordem de mV ou V), podendo ser medida ou processada em microcontroladores. O sinal amplificado é relacionado com a deformação do material devido a força aplicada.

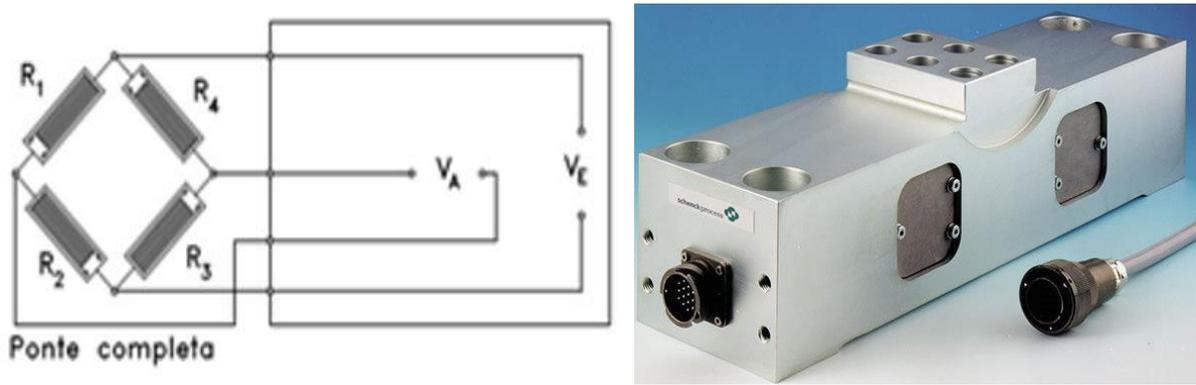


Figura 7. Associação de Strain Gages a Ponte de Wheatstone / Célula de Carga. [Internet]

- ❖ V_E – Tensão de entrada (input conhecido);
- ❖ V_A – Diferença de potencial (output gerado, com a variação da resistência do extensômetro)

2.2.1.3. Sensor de Velocidade (Gerador de Impulsos)

Faz parte de sensores de proximidade discretos, responsável pela medição da velocidade de rotação dum elemento com propriedades metálicas.

Para o caso das Balanças doseadoras, esse dispositivo é responsável por captar a velocidade da correia transportadora, para que a unidade eletrônica, possa calcular a vazão.

Como todo sistema mecânico (correia, motor, gerador de impulsos) está rigidamente ligado, então se o número de rotações do motor aumentar, a velocidade da correia, assim como, número de impulsos gerados, aumentará de forma proporcional.

2.2.1.4. Sensor de Desalinhamento da Correia

Os sensores de desalinhamento, também conhecidos como chaves de posição, são instalados para monitorar o deslocamento lateral ou desalinhamento da correia. Constituído por contactos NA e NF, com acionamento através de rolete de aço inoxidável com retorno automático.

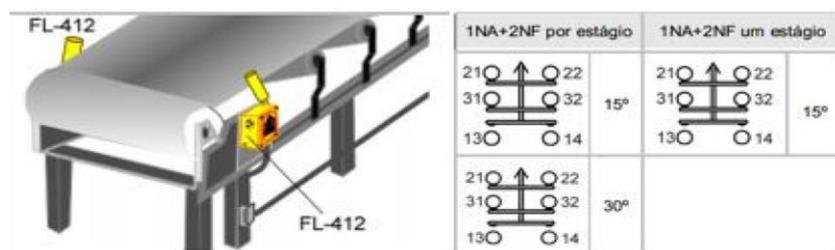


Figura 8. Chave de desalinhamento da correia. [Internet]

2.2.1.5. Sensor de Proximidade Indutivo

Sensores de proximidade indutivos são dispositivos eletrônicos que detectam proximidade de elementos metálicos sem a necessidade de contato.

O princípio de funcionamento consiste em gerar um campo eletromagnético de alta frequência desenvolvido por uma bobina ressonante instalada na face de captação do sinal.

A bobina é parte de um circuito oscilador que, em condição normal (não acionada), gera um sinal senoidal.

Quando um metal aproxima-se do campo, por correntes de Foucault, absorve a energia do campo, diminuindo a amplitude do sinal gerado no oscilador. A redução da amplitude deste sinal é comparada com um valor padrão e aciona a saída.[9]

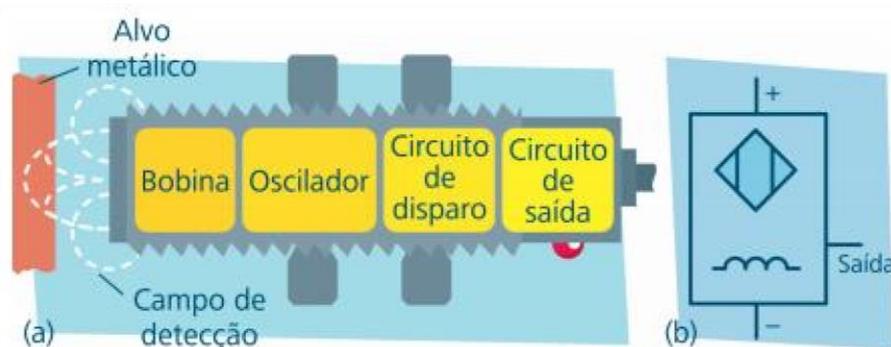


Figure 9. Sensor indutivo: a) diagrama; b) simbologia.[9]

2.2.1.6. Sensor de Temperatura (RTD)

Um dispositivo de medida de temperatura resistivo, RTD, é um resistor que muda seu valor de resistência em função da temperatura, geralmente um metal, de custo menor, robusto e alta faixa de temperatura (-180 a 600°C). Geralmente é mais empregado a platina, devido sua linearidade e estabilidade.

Os principais metais empregados são ligas compostas por Níquel ou Platina com várias faixas de medida e de custo. O Pt100, Pt1000, Ni100 e Ni1000 são exemplos de termorresistências. Um tipo bastante difundido de RTD é o Pt100. O Pt100 tem resistência elétrica de 100 R a temperatura de 0°C.

Circuitos eletrônicos ou em ponte de Weathstone são usados para determinar a resistência dos RTDs. Esses podem apresentar 2, 3 ou 4 fios, sendo mais empregado 3 fios. [9]

2.2.1.7. Chave de Nível Solido

A chave de nível para sólidos é um dispositivo com a função de fazer a medição de nível de sólidos e líquidos, seja dentro de um silo, tanque, moega, ou qualquer outra estrutura de armazenamento é através da medição de Nível/Peso.

Além de evitar o material transborde durante o processo, a chave de nível para sólidos actua como uma importante aliada na detecção de problemas relacionados ao entupimento dos dutos pneumáticos constantes no sistema de armazenamento.

2.2.2. Estrutura Mecânica

2.2.2.1. Correia Transportadora

As correias transportadoras são utilizadas nas balanças doseadoras com o propósito de providenciar um fluxo contínuo de materiais, garantido a sua confiabilidade.

Com a utilização de fibras (Poliéster e Nylon) para sua construção, são produzidos tecidos tecnicamente ajustados e estáveis, tratados por modernos processos de estabilização e termofixação, proporcionando:

- ❖ Adesão total entre camada de ligação e lonas;
- ❖ Baixo estiramento e alta estabilidade dimensional;
- ❖ Excelente acamamento e alta resistência a tensões e flexões;
- ❖ Alta resistência à emenda mecânica; ❖ Baixo custo operacional.

A espessura da correia deve ser no máximo de 6,5 mm. Em casos especiais, como o de materiais com temperatura de operação de 170 °C pode se chegar a 7,5 – 8 mm. [2][13]



Figura 10.Correia Transportadora. [2]

2.2.2.2. Roletes

Roletes são dispositivos empregados em telas transportadoras, tornando seu funcionamento possível. Essas peças são encontradas em vários modelos, sendo cada um deles aplicado para um objetivo diferente. Alguns dos modelos de rolete podem ser de guia, de retorno, de carga, impacto, etc.



Figura 11.Roletes. [Internet]

2.2.2.3. Tambor de accionamento

O tambor é responsável por transmitir o torque fornecido pelo conjunto de acionamento, composto de motor, acoplamentos e redutor para a correia, além de tracionar as correias, vencendo as resistências diversas, bem como promover as mudanças de direção da correia de forma a ter-se o perfil desejado do transportador.

A posição do tambor ao longo da correia, tem grande influência na tensão na qual está submetido, sendo que, os tambores localizados antes do tambor de acionamento (considerando o sentido de transporte) estarão sujeitos a maiores tensões, enquanto, os tambores localizados após o tambor de acionamento estarão sujeitos a menores tensões, podendo assim, ter dimensões menores.

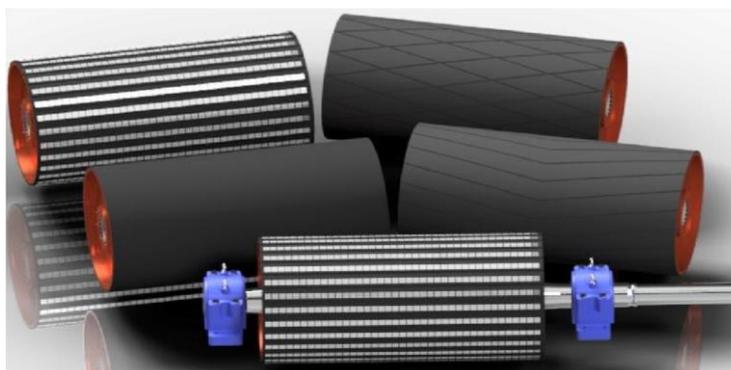


Figura 12.Tambor para correia transportadora. [Internet]

2.2.2.4. Módulo de Pesagem

Estrutura que transfere a força do rolete de pesagem para a célula de carga.



Figura 13.Módulo de pesagem. [2]

2.2.2.5. Alinhamento e Esticador da Correia

O alinhamento da correia transportadora impacta diretamente nos níveis de produção. Mantém o fluxo contínuo de materiais para a fabricação de cimento, deixando a correia centralizada.

A principal função do esticador é garantir a tensão conveniente para o acionamento da correia, e também, absorver as variações no comprimento da correia causadas pelas mudanças de temperatura, oscilações de carga, tempo de trabalho, etc.



Figura 14.Centralizadores da Correia. [2]

2.2.2.6. Bocal de Alimentação [2]

O bocal de alimentação da balança doseadora, é responsável por regular a camada de material na balança por forma a garantir melhor vazão do material e na medida constante. Ela pode variar de acordo com o tipo de material. Imagens ilustrativas constam no Anexo 1.61.

- a) **Bocal tipo V:** Bocal vibratório, aplicável para materiais que tendem a formar uma ponte, ou com alto teor de humidade, podendo grudar sobre as paredes no seu interior.

- b) **Bocal tipo S:** Bocal tipo S que pode ser com válvula rotativa ou válvula de fluxo, aplicável a materiais que tendem a fluir com uma pressão acima do limite de operação, com vazão que varia entre 50 a 300 m³/h.

2.3. Princípio de Funcionamento duma Balança Doseadora

A balança doseadora foi concebida para pesar continuamente a quantidade de material, assim manter o controlo sobre o fluxo sobre a correia, mantendo constante a sua descarga. Mediante a uma solicitação de trabalho (Set Point) a balança irá verificar a carga sobre a célula e aumentará ou diminuirá a velocidade para atingir a vazão solicitada.

Para funcionamento estável da balança, o fluxo de entrada de material na balança deve ser o mais constante possível, evitando grandes oscilações.

O material é extraído diretamente da tremonha de alimentação da balança para o seu bocal de alimentação. O bocal é responsável por ajustar a camada de material, garantindo uma carga uniforme sobre a correia transportadora.

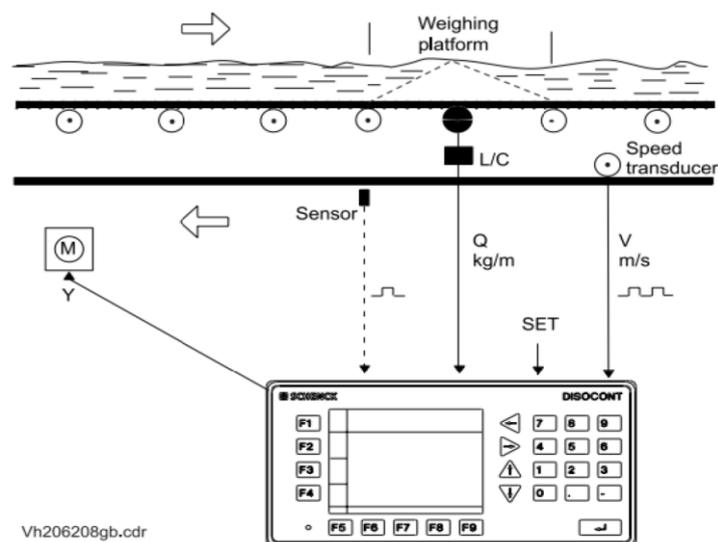


Figure 15. Princípios de medição. [2]

2.3.1. Carga da Correia [2]

O material transportado passa pela zona de pesagem situada sob a correia, que geralmente é fixada próximo a extremidade de descarga.

O sinal de peso do alimentador é gerado por duas células de carga que suportam um único rolo de pesagem.

Existem dois rolos de extensão que estão localizados em cada lado do rolo de pesagem para definir com precisão o comprimento da correia (e a quantidade de material) suportada pelo rolo de pesagem.

Como as células de carga (LC) suportam apenas metade do peso no intervalo de pesagem (cada célula de carga suporta 50 por cento do peso total), o comprimento efetivo da plataforma (L_{eff}) é calculado como:

$$L_{eff} = \frac{L_g}{2}(1.0)$$

O microprocessador calcula a carga da correia do alimentador lendo repetidamente o sinal de tensão de cada célula de carga e fazendo a conversão do sinal em um valor digital usando um conversor analógico para digital (A / D).

Cada valor é então comparado aos parâmetros armazenados na memória permanente para determinar se o sinal está dentro dos limites aceitáveis e, se estiver, é armazenado para uso.

A mesma operação é então executada em outra célula de carga, e os sinais são comparados entre si para testar sua validade. Se os sinais forem considerados inválidos, o alimentador passa para a operação volumétrica e o controlador usa uma carga de correia simulada, calculada a partir de uma média histórica armazenada na memória.

Se os sinais são determinados como válidos, os dois sinais da célula de carga são somados, a tara é subtraída e o resultado é multiplicado por um fator de escala com base nos parâmetros da célula de carga (P04.01), o valor característico e a capacidade nominal da LC (P04.02), determinam o peso nominal do material sobre a correia. Este valor nominal é aplicado o factor de correção (P10.03, P10.04 e P10.05) para a determinação do peso real (Q_B).

A carga da correia (Q) é calculada a partir do peso real (Q_B) da seguinte maneira:

$$Q = \frac{Q_B}{L_{eff}}(1.1)$$

2.3.2. Velocidade da Correia [2]

Durante a operação normal do alimentador, a velocidade da correia é calculada a partir da velocidade de rotação (rpm) do motor. A relação entre a velocidade do motor e a velocidade da correia é determinada durante calibração e é exibida como pulsos por comprimento (P10.02).

2.3.3. Vazão Instantânea

As informações de peso e a velocidade são utilizadas para o cálculo da vazão instantânea, como:

$$I = Q \times v \text{ (Kg/s)} \quad (1.2)$$

$$I = 3.6 \frac{Q_B \times v}{L_{eff}} \text{ (t/h)} \quad (1.3)$$

2.3.4. Vazão Teórica

O controle da vazão do material sobre a balança, também aceita um ponto de ajuste específico através da fonte, usando o parâmetro (P03.02) referente ao pedido feito pelo operador, denominado por **Vazão Teórica (P)**. O microprocessador, recebendo o sinal, faz a comparação com a vazão instantânea (valor calculado), para gerar o sinal de erro do sistema que é utilizado para ajustar a velocidade do motor.

2.3.5. Desvio da balança

O desvio é a diferença existente entre a vazão instantânea e a vazão teórica. Existindo essa diferença, deverá haver a compensação pela estabilidade do sistema que é obtida através dos parâmetros do controlador PID.

$$X_d = \frac{P - I}{P} \times 100\%$$

$X_d > 0$	Aumento da velocidade do motor
$X_d < 0$	Redução da velocidade do motor
$X_d = 0$	Manter a velocidade do motor

Tabela 1. Relação dos desvios da balança.

2.4. Modos de Operação da Balança

O modo de operação a distância é concebida para funcionamento normal da balança, com alimentação da balança feita através do pedido feito pela supervisão do sistema.

A fonte de sinal de comando (Ligar/Parar a alimentação) é designada pelo parâmetro (P03.01) e a fonte de sinal para o pedido (Setpoint) é designada pelo parâmetro (P03.02). Neste modo de operação, a balança pode funcionar em três modos, por forma a garantir o ponto de ajuste necessário da velocidade da correia.

2.4.1. Modo Gravimétrico

É o modo normal de operação. A vazão instantânea é calculada usando a velocidade da correia e a carga real da correia, e é controlado pelo sinal de demanda da Vazão teórica (Pedido), adquirida através da supervisão. Neste modo, existe o controlo da velocidade da correia, inversamente proporcional as variações da carga sobre a mesma.

2.4.2. Modo Volumétrico

Este modo é usado quando é detectado um erro no sistema de pesagem. A vazão instantânea é calculada usando a velocidade da correia e uma carga da correia assumida com base no valor médio das últimas horas de funcionamento, sendo controlado pelo sinal da vazão teórica (pedido), feito pela supervisão. Neste modo, a velocidade é directamente proporcional ao pedido (Setpoint), e não varia de acordo com a variação da carga na correia.

2.5. Módulo Disocont Tersus (DT-9)

O Disocont Tersus pertence a uma família versátil de dispositivos electrónico de pesagem modulares, aplicados em vários modelos de sistemas de pesagem, assim como, sistemas de alimentação. Ele executa todas as funções de pesagem e processamento necessárias para a medição e alimentação de sólidos a granel. Ele foi projetado para tarefas contínuas de medição e controle, bem como lote descontínuo.

Utilizado em conjunto com um programa (“software”) específico para tarefas de pesagem e alimentação, este módulo pode ser usado em sectores industriais tais como, Produção de energia, Cimenteiras, Química, etc. Em conexão com o equipamento mecânico correspondente, os seguintes sistemas são suportados:

- ❖ Balanças Integradoras;
- ❖ Balanças Doseadoras;
- ❖ Medidores de vazão de Sólidos;
- ❖ ❖ Sistemas de enchimento, etc.

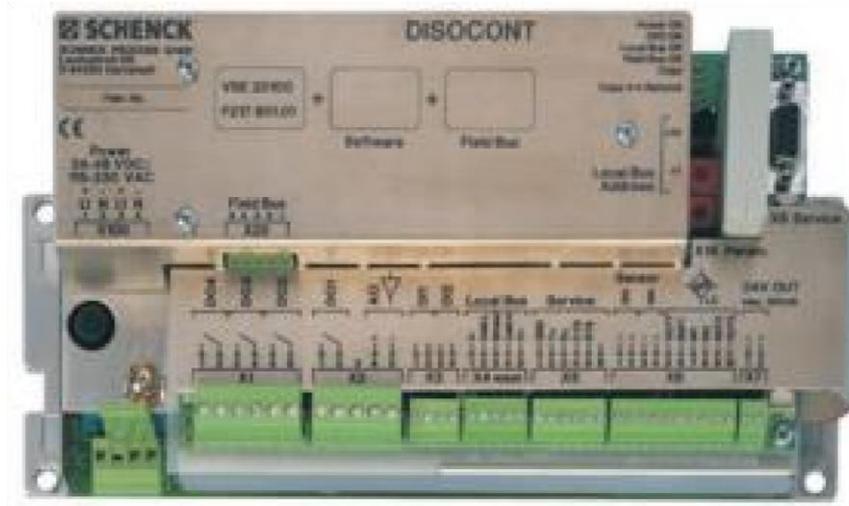


Figure 16. Módulo Disocont Tersus [2]

2.5.1. Princípios de controlo

2.5.1.1. Controlo com alimentação simples

A figura abaixo mostra como a correia transportadora extrai material de um silo. A vazão instantânea (taxa de alimentação real) é comparada com a vazão teórica (Pedido) e a diferença (X_d) é transferida para o controlador (R), que continua variando a velocidade da correia até que a taxa de alimentação real seja igual ao ponto de ajuste.

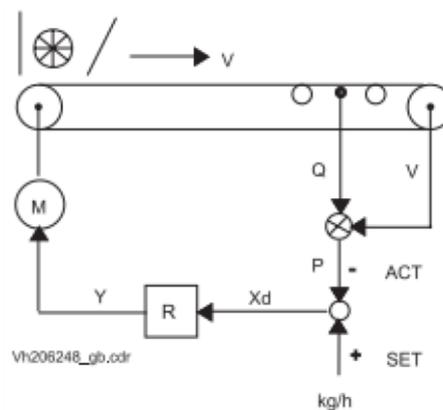


Figure 17. Controlo com alimentação simples [2]

2.5.1.2. Balança com Pré-alimentador de Material Controlável

Um pré-alimentador de material controlável é responsável por alimentar a balança. A vazão instantânea é controlada pelo ponto de ajuste através da mudança de carga na correia.

Normalmente, a velocidade da correia é constante.

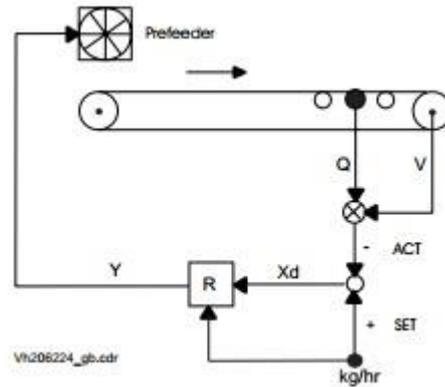


Figure 18. Balança com Pré-alimentador de Material Controlável. [2]

2.5.1.3. Balança com carga constante

Um pré-alimentador de material não controlável é responsável por alimentar a balança. O controlador adapta a velocidade da correia de modo que sempre seja correspondente à carga nominal da correia (Q_0). Sendo que o sistema de pesagem usa o mesmo ponto de trabalho, é possível obter uma alta precisão de medição. A vazão instantânea corresponde a vazão de material do pré-alimentador.

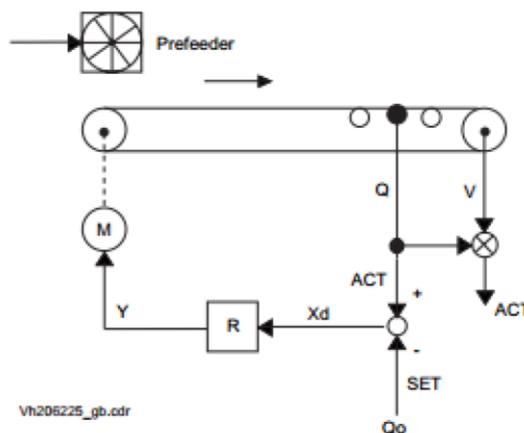


Figure 19. Balança com carga constante. [2]

2.6. Inversor de Frequência

Inversor de Frequências é um tipo de dispositivo electrónico com a função de acionar um motor eléctrico e ao mesmo tempo variar a frequência e a tensão que é fornecida ao motor com o objectivo de controlar a sua velocidade e potência consumida. Portanto, é um dispositivo que transforma a corrente contínua (CC) fixa para corrente alternada (CA) variável em tensão e frequência.

Uma característica importante do inversor é que à medida que os requisitos de velocidade do motor em uma determinada aplicação são alterados, o inversor de frequência pode simplesmente variar (aumentar ou diminuir) a velocidade do motor, com o pressuposto de atender as novas exigências de operação, o que não seria possível, por exemplo, utilizando apenas um redutor mecânico.

2.6.1. Arquitetura do Inversor de Frequência.

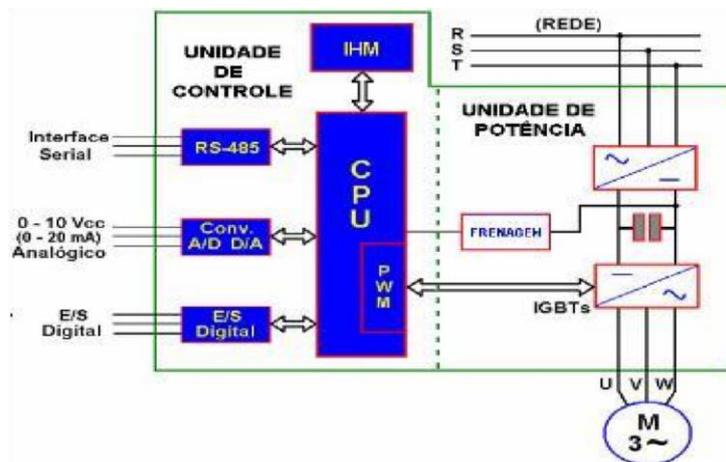


Figura 20. Arquitetura dum Inversor de Frequência. [Internet]

- CPU:** A CPU (Unidade Central de Processamento) de um inversor de frequência pode ser formada por um microprocessador ou por um microcontrolador (como o PLC). Isso depende apenas do fabricante. De qualquer forma é nesse bloco que todas as informações (parâmetros e dados do sistema) estão armazenadas, visto que também uma memória está integrada a esse conjunto. A CPU não apenas armazena os dados e parâmetros relativos ao equipamento, como também executa a função mais vital para o funcionamento do inversor: geração dos pulsos de disparo, através de uma lógica de controle coerente, para os IGBTs.
- Interface Homem Máquina (IHM):** Através desse dispositivo pode-se visualizar o que está ocorrendo no inversor (display) e parametrizá-lo de acordo com a aplicação (teclas).
- Interfaces:** A maioria dos inversores pode ser comandada através de dois tipos de sinais: analógicos ou digitais. Normalmente, quando queremos controlar a velocidade de rotação de um motor AC no inversor, utilizamos uma tensão analógica de comando. Essa tensão se situa entre 0 e 10 Vcc. A velocidade de rotação (rpm) será proporcional ao seu valor, por exemplo: 1 Vcc = 1000rpm, 2 Vcc = 2000 rpm, etc...

- d) **Unidade de Potência** – este bloco contempla o circuito retificador, que transforma a tensão alternada de entrada em tensão contínua que é filtrada no circuito intermediário. Esta tensão contínua alimenta o circuito inversor. Através de tirístores ou transístores, o circuito inversor fornece um sistema de corrente alternada de frequência e tensão variáveis

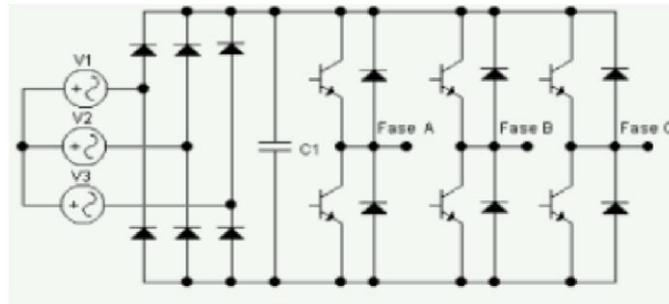


Figure 21. Unidade de potência de um inversor trifásico. [Internet]

2.7. Controlador Lógicos Programável (CLP)

CLP's são equipamentos microprocessados, projetados para comandar e monitorar máquinas ou processos industriais. Sua operação baseia-se na execução de um programa previamente armazenado em sua memória, que tem por função de executar o processamento de sinais de entrada provenientes de diferentes tipos de sensores, chaves e botoeiras e fornecer sinais de saída compatíveis com o acionamento de diversos atuadores como motores elétricos, válvulas, entre outros.

2.7.1. CLP da Fabricante Rockwell Automation/Allen Bradley

Rockwell Automation é um fornecedor global de soluções em automação industrial, energia, controle e informação. Com a necessidade de se automatizar os processos industriais, desenvolver os sistemas de controlo lógicos, foi concebido incorporando as seguintes características:

2.7.2. Arquitetura do CLP

A sua estrutura contempla as seguintes unidades:

- ❖ Unidade central de processamento (UCP ou CPU em inglês);
- ❖ Sistemas de interface de entrada e saída;
- ❖ Fonte de alimentação;
- ❖ Rack ou Modulo;

- ❖ Slots ou Cartas;

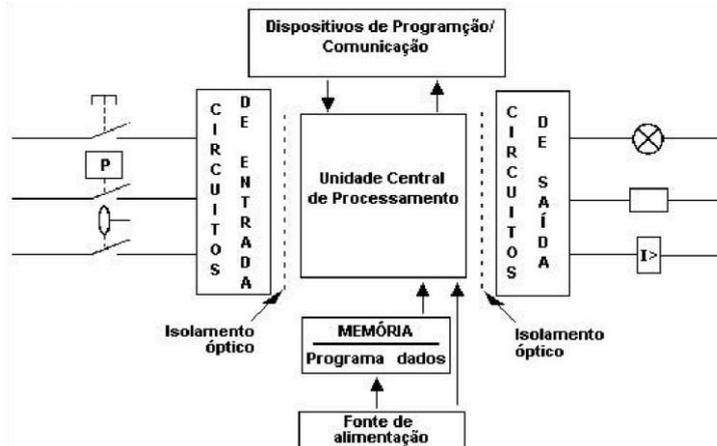


Figura 22.Arquitetura de um CLP.[Internet]

2.7.3. Princípio básico de funcionamento

A CPU executa a leitura das condições, estados dos dispositivos de entrada meio dos Circuitos/Módulos de I/O. Esses estados são armazenados na memória (RAM) para serem processados pelo Programa de Aplicação (desenvolvido pelo usuário e armazenado em memória RAM, EPROM ou EEPROM no PLC). Após a execução do Programa de Aplicação, o processador atualiza os estados dos dispositivos de saída por meio dos Circuitos/Módulos de I/O, realizando a lógica de controle.

2.7.4. Programação do CLP

a) **RSLogix 500** - é um programa desenvolvido pela Rockwell Software para editar programas de aplicação dos CLPs da família SLC-500. Através dele é possível:

- ❖ Criar novos programas offline ou online;
- ❖ Enviar programas para o CLP (download);
- ❖ Ler programas do CLP (upload);
- ❖ Salvar as aplicações em disquete;
- ❖ Editar programas offline ou online;
- ❖ Imprimir programas;
- ❖ Impor condições de forçamento (forces) em E/S;
- ❖ Monitorar estados de programa “online”, verificando ou alterando parâmetros.

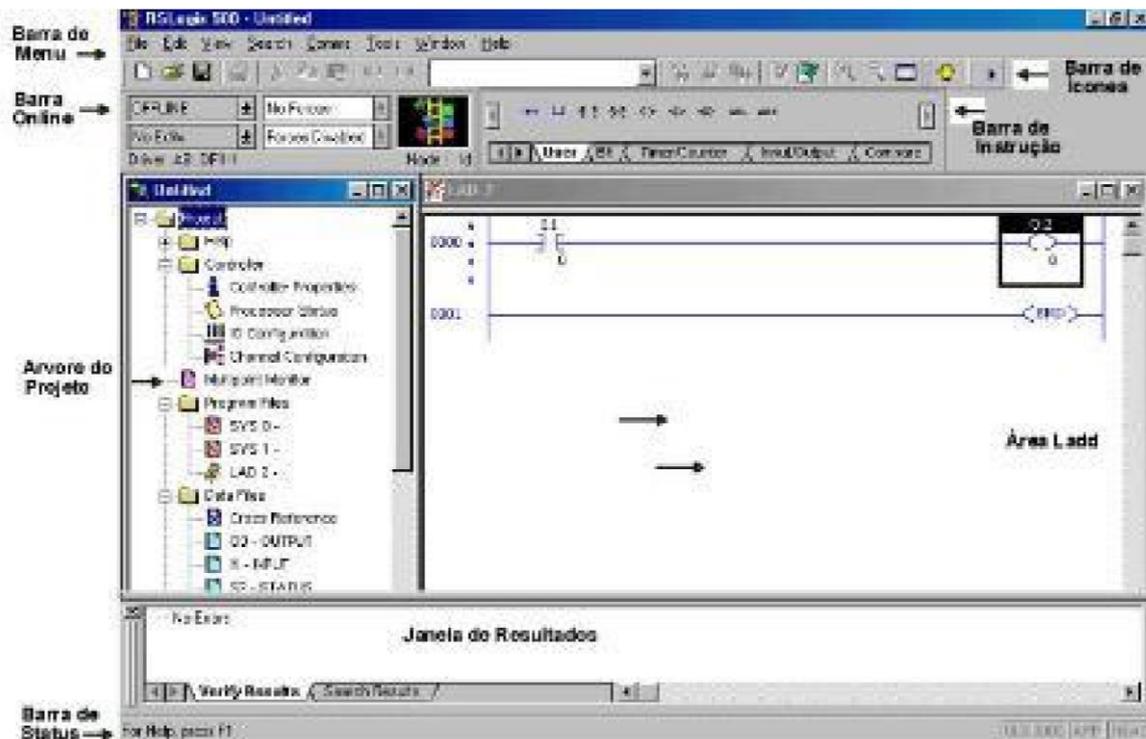


Figura 23. Navegando no RSLogix 500. [10]

- b) **RSLinx** - é programa responsável por garantir uma comunicação entre o computador e PLC através de drivers ou protocolos de comunicação. Para salvar uma aplicação do RSLogix no PLC, é imprescindível que se configure antes o driver no RSLinx.



Figure 24. Interface RSLinx. [10]

c) Linguagem de Programação

Para se programar um CLP deve-se conhecer sua linguagem de programação. Existem quatro tipos de linguagem padronizadas (IEC), a saber:

Linguagem Gráfica	Linguagem Ladder (diagrama de escadas); Diagrama de Bloco de Funções (FBD); Diagrama de Funções Sequenciais (SFC);
Linguagem de Texto	Lista de Instruções (IL); Texto Estruturado (ST);

Tabela 2. Tipos de Linguagem de programação.

Linguagem Ladder

- ❖ A primeira linguagem criada e a mais utilizada para programação de PLC's. Possui uma linguagem gráfica, baseada em símbolos semelhantes aos encontrados nos esquemas elétricos (contatos e bobinas).
- ❖ O nome Ladder deve-se a representação da linguagem se parecer com uma escada (ladder), na qual duas barras verticais paralelas são interligadas pela lógica de controlo, formando os degraus da escada. A figura a seguir apresenta um exemplo simples de programação em Linguagem Ladder.

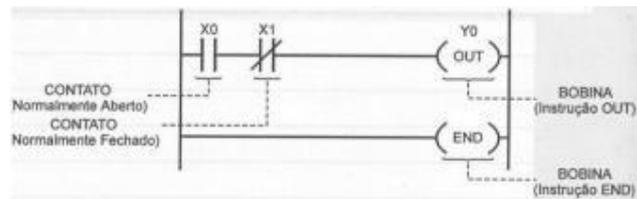


Figura 25. Exemplo de lógica de programação básica em Ladder. [10]

2.8. Sistema de Supervisão

Sistemas de Supervisão e Aquisição de Dados, ou abreviadamente SCADA (proveniente do seu nome em inglês Supervisory Control and Data Acquisition), são sistemas que utilizam software para monitorar e supervisionar as variáveis e os dispositivos de sistemas de controlo conectados através de servidores/drivers de comunicação (drivers) específicos.

O sistema supervisor é responsável pela comunicação do operador com varias etapas do processo. Através dele o usuário pode acompanhar todo o processo, suprimindo eventuais necessidades de intervenção.

2.8.1. Arquitetura básica dum Sistema de Supervisão

A arquitetura de um sistema de supervisão é composta por quatro elementos básicos, tais como, software de supervisão (SCADA); rede de comunicação; estações remotas de I/O e instrumentos de campo.

As estações remotas, através da rede de comunicação, informam ao software de supervisão o status de cada um dos instrumentos de campo. O sistema de supervisão deve ser capaz de coletar os dados e transformá-los em informações para o usuário em um tempo menor que os eventos possam ocorrer no sector de produção industrial, de modo a permitir análises em tempo real de respostas eficientes a tais eventos.

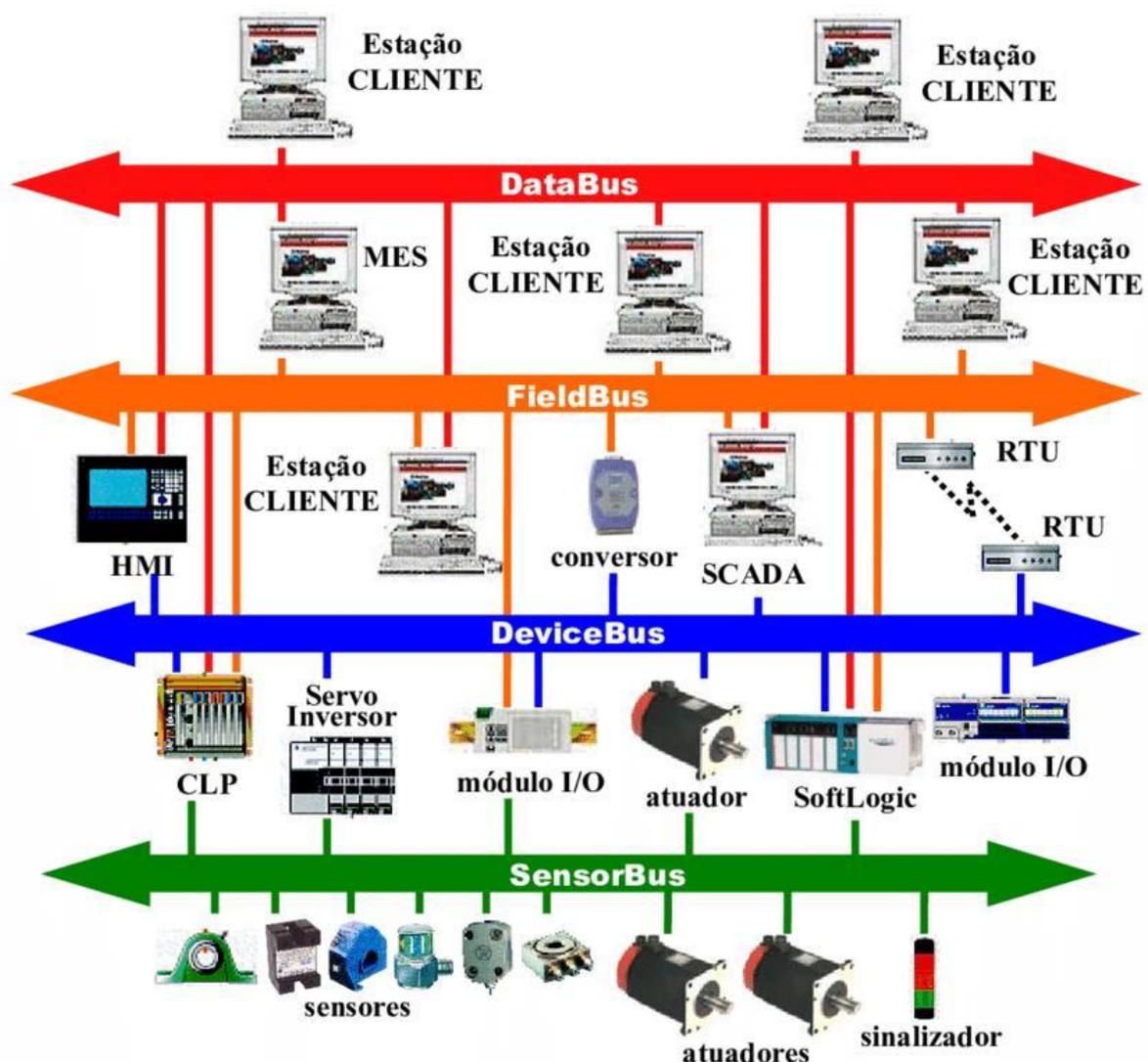


Figura 26. Rede de comunicação dum sistema de supervisão e o processo. [Internet]

2.8.2. Relevância de Aplicação do Sistema de Supervisão no Processo Industrial

- a) **Qualidade:** Através do monitoramento das variáveis do processo produtivo, (pressão, temperatura, vazão, nível, etc.) é possível determinar valores ótimos de trabalho. Caso estes valores saiam da faixa aceitável o sistema pode gerar um alarme na tela, alertando o operador do processo para um eventual problema no processo produtivo. Desta forma, as intervenções no processo são feitas rapidamente, garantindo que o produto final sempre tenha as mesmas características.
- b) **Redução dos custos operacionais:** Com o sistema é possível centralizar toda a leitura dos instrumentos de campo, gerar gráficos de tendência e gráficos históricos das variáveis do processo. Dessa forma, são necessários poucos funcionários especializados e com poucos “cliques” do “mouse” é possível realizar a operação do processo com o uso dos instrumentos virtuais implementados na interface do software SCADA.
- c) **Maior desempenho de produção:** Através da rapidez da leitura dos instrumentos de campo, as intervenções necessárias podem ser feitas mais rapidamente. Problemas de paragem de uma máquina por defeitos podem ser diagnosticados rapidamente.
- d) **Base para outros sistemas:** O sistema pode coletar os dados do processo produtivo e armazená-los em banco de dados específico. Estes dados podem ser utilizados para gerar informações importantes, sendo integrados com outros sistemas complementares.

Capítulo III

3. Apresentação e Análise de dados

3.1. Situação Actual do Funcionamento das Balanças

A unidade industrial é constituída por varias cadeias de processo (Britagem; Moagem de Cru; Processo de Clinquerização; Arrefecimento do Clínquer; Moagem de Cimento; Ensacagem), desde a recepção da matéria-prima base (Calcário) até a expedição do produto final (Cimento), este que pode variar de acordo com as necessidades do processo, assim como a demanda.

Na Moagem de cimento 7, existem disponíveis três (3) balanças doseadoras, responsáveis pela vazão do material de forma doseada para o moinho de cimento, atendendo em tempo real, o pedido feito pela supervisão, conforme o tipo de cimento que se pretende produzir.

Estas doseadoras estão instaladas numa área com elevado índice de ruído (> 90 dB), poeira, além de que o material é normalmente granulado, o que origina a não uniformidade no seu transporte havendo derreamento ao longo do circuito, inclusive na própria estrutura.



Figura 27. Glanumetria do material não uniforme.

Um outro aspecto relevante para o bom funcionamento do sistema é o bom estado de conservação de toda a estrutura da doseadora. Actualmente têm-se verificado a falta de inspeção periódica e limpeza por parte da equipa vigilante do processo. Durante o tempo de funcionamento, a doseadora acumula material em pontos da estrutura que podem comprometer com o funcionamento estável.

Estes aspectos contribuem significativamente para o surgimento de crosta na zona do tambor mandado, criando dificuldades para o seu movimento.



Figura 28. Surgimento de crosta na zona do tambor mandado.

Surgimento de crosta na zona do tambor mandado, assim como, existência de pedregulhos entre o mesmo e o rolete adjacente ao rolete de pesagem, como ilustra a figura a seguir:



Figura 29. Pedregulhos entre o tambor de acionamento e o rolete adjacente ao rolete de pesagem. Surgimento de crosta entre a estrutura e a correia, dificultando o movimento, assim como, contribuindo para o rasgamento da tela, como ilustra a figura a seguir.



Figura 30. Crosta entre a estrutura e a correia.

Um outro aspecto que deve-se ter em conta é o estado das tremonhas (estrutura responsável pela alimentação do material nas doseadoras), em termos de conservação da própria estrutura, assim como o controle do nível de enchimento do material, porque na inobservância desses aspectos, pode-se verificar vazamento indesejável de material, podendo causar danos nos equipamentos, colmatação dos cabos, empilhamento de material, criando dificuldades de acesso ao local.



Figura 31. Empilhamento de material sobre a estrutura.

Alem disso, conforme as exigências do processo, há necessidade de se trocar o material numa das tremonhas para a adição de aditivo, com propriedades diferentes, impactando sobre o bocal de alimentação da doseadora, interferindo significativamente na camada de material sobre a correia.



Figura 32. Camada de material fora do padrão.

O alinhamento da correia transportadora impacta diretamente nos níveis de produção. Mantém o fluxo contínuo de materiais para a produção de cimento, deixando a correia centralizada.

Com tempo e a falta de intervenção mecânica, a correia tende a deslocar por acção de elementos externos (crosta de material sobre a estrutura, correia não tencionada devidamente, etc).



Figura 33.Desalinhamento da correia.

Muitos desses aspectos são verificados, devido a falta de instrumentação para o monitoramento e protecção do sistema, assim a supervisão tem a desvantagem de não obter em tempo real o estado de funcionamento das doseadoras.

3.2. Visão geral do sistema proposto

O modelo proposto visa incorporar instrumentos para o melhoramento do controle e supervisão das doseadoras, por forma a garantir, continuidade no seu funcionamento, e com maior estabilidade. Dar a informação ao operador, sobre uma possível anomalia, para a intervenção ainda no estado inicial.

Instrumentos como sensor de temperatura (PT100) para o monitoramento da temperatura do material na tremonha, sensores indutivos para controlar a posição e movimento dos roletes principais, assim como, do tambor de acionamento. Além disso, aplicação dos interruptores de fim do curso para o monitoramento do desvio da correia.

O diagrama a seguir, demonstra a disposição geral dos instrumentos incorporados com a doseadora e a sua comunicação com o PLC, onde:

1 – Interruptor de Deslizamento da Correia;	6 – Módulo Disocont Tersus (DT9);
2 – Sensor Indutivo;	7 – Inversor de Frequência;
3 – Célula de Carga;	8 – Bocal de Alimentação
4 – Motor Eléctrico Trifásico;	9 - Sensor de Temperatura;
5 – Sensor de Velocidade (Tacómetro);	10 - Sensor de nível motorizado;

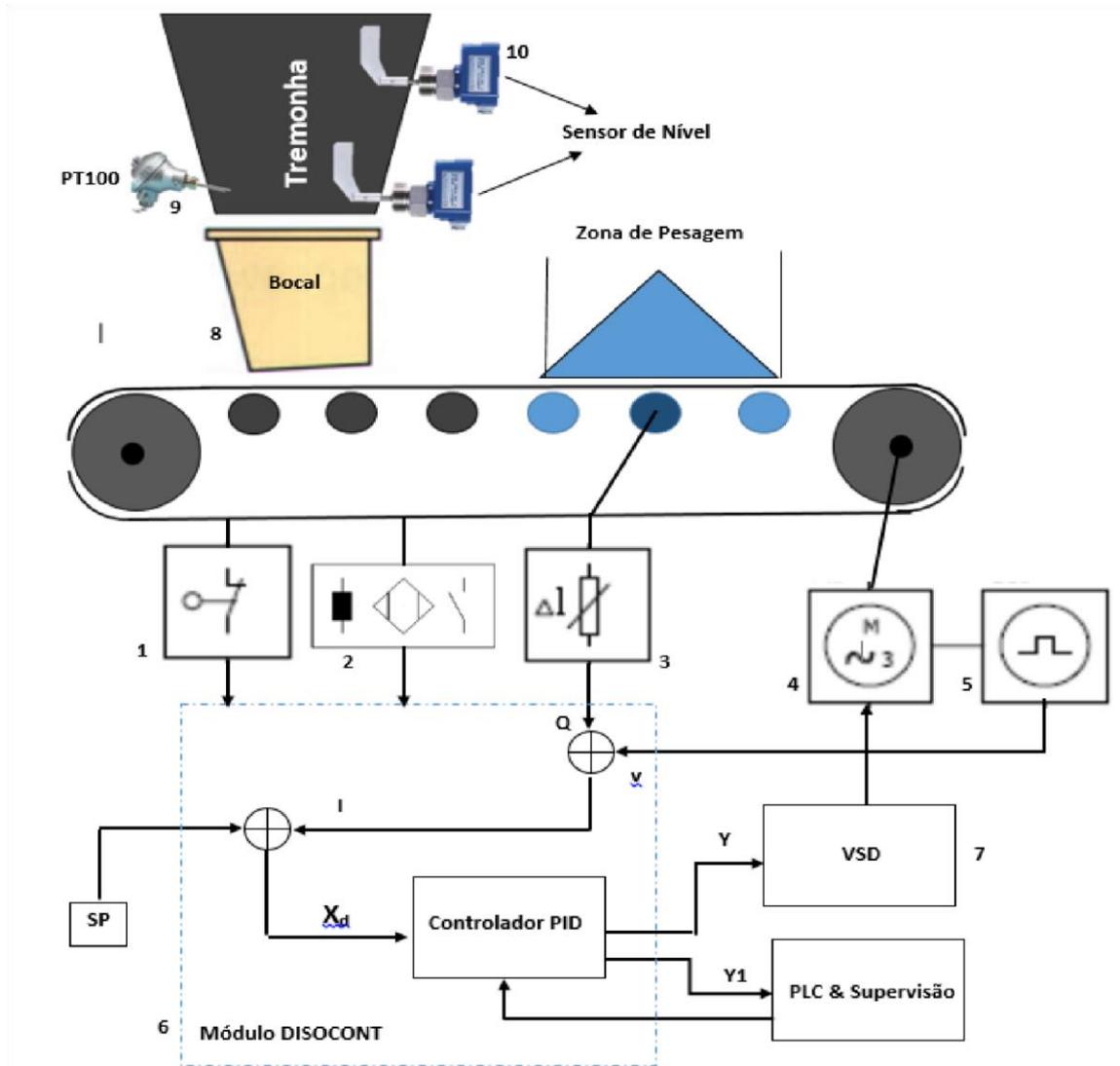


Figure 34. Diagrama Geral de Controlo da Doseadora.

3.3. Especificação dos Componentes Principais

3.3.1. Características das Balanças Doseadoras

Doseadora	Clínquer	Calcário	Gesso
Referência	Hasler Gravit800	Schenck Gravit 650	Schenck Gravit 650
Mínimo fluxo (t/h)	7	7	0.5
Máximo fluxo (t/h)	70	30	10
Densidade (Kg/m ³)	1300	1400	1400
Tamanho máx. (mm)	30	10	30
Máx. humidade relativa (%)	30	5	5
Temperatura máx. (°C)	120	40	40

Tabela 3. Características das Doseadoras

3.3.2. Célula de Carga

A célula de carga aplicável é da fabricante Schenck Process, com as características descritas a seguir. Esquema de ligação eléctrica em anexo 1.51.

Sensibilidade Nominal	2 ± 0,002	mV/V	
Erro Relativo	0,05	%	
Carga Nominal	100	Kg	
Torque	32	Nm	
Temperatura de Serviço	-30 a +70	°C	
Resistência de Isolamento	>5000	MΩ	
Tipo	PWS 100 Kg		
Material	Aço Inoxidável		
Classe de Protecção	IP65		
Cabo eléctrico	6 Condutores + Terra	Tensão de Alimentação (+)	Verde
		Tensão de Alimentação (-)	Preto
		Sinal de Medição (+)	Branco
		Sinal Medição (-)	Vermelho
		Sensor (+)	Laranja
		Sensor (-)	Azul

Tabela 4. Parametros da célula de carga.

3.3.3. Sensor de Nível Motorizado

Este sensor aplicado nos extremos da tremonha, podem fazer o monitoramento do nível de material no seu interior, e infirmar a supervisão. Possui características descritas na tabela a seguir. Esquema de ligação eléctrica em anexos A.1.50 e A.1.57.

Referência	UWT Level Control D - 87488
Alimentação	AC: 115/230 V; 6VA; 50/60 Hz
	DC: 24 V; 2,5 W; 50/60 Hz
Comprimento	400 mm
Temperatura de serviço	-25 a 150 °C
Material	Aço inoxidável
Classe de Protecção	IP66

Tabela 5. Sensor de nível motorizado.

3.3.4. Sensor Indutivo

Este sensor é aplicado na doseadora para controlar o movimento dos roletes da zona de pesagem. Esquema de ligação eléctrica em anexo A.1.50 e A.1.57.

Referencia	Schmersal IFL 2-8M-10N
Alimentação	DC: 10 – 30 V; 200 mA;
Protecção	Curto-Circuito e Inversão de Polaridade;
Temperatura de operação	-25 a +70 °C;
Classe de Protecção	IP67
Número de condutores	3
Contactos	1 NA

Tabela 6. Parâmetros do sensor indutivo.

3.3.5. Interruptor de Desalinhamento da Correia

Dispositivo aplicado para monitorar o movimento alinhado da correia. O interruptor sempre vai actuar sempre que a correia estiver com a tendência de desviar. Esquema de ligação eléctrica em anexo A.1.57.

Referência	Kiepe - VG 133/6
Contactos	1 NA + 1 NF (15°); 1 NA + 1 NF (30°)
Classe de Protecção	IP65
Temperatura de serviço	-25° a +70 °C

Tabela 7. Parâmetros do interruptor de desalinhamento da correia.

3.3.6. Sensor de Temperatura

Sensor aplicado para monitorar a temperatura do material que alimenta a doseadora. Em tempo real a supervisão pode ter o controlo e saber que acções tomar em casos da temperatura não estiver dentro dos limites. A estas sondas são também incorporadas transmissores, que convertem o sinal de entrada (resistência) em corrente como sinal de saída para o PLC.

Esquema de ligação eléctrica em anexo A.1.57.

3.3.7. Motor eléctrico

Maquina eléctrica aplicada para gerar o acionamento da doseadora, garantindo a vazão do material para a alimentação do moinho.

Referência	SEW DT80KF-4	Corrente nominal	2,1 A
Tipo	Trifásico (3~)	cosφ	0,73
Potência	0,75 kW	Frequência	50 Hz
Tensão nominal	400 V	Classe de protecção	IP55

Tabela 8. Parâmetros do motor eléctrico.

3.3.8. Inversor de Frequência

Controla a velocidade do motor conforme a solicitação do módulo de pesagem, garantindo a vazão em tempo real, em função do pedido feito pela supervisão. Possui comunicação com o PLC, para o caso de diagnósticos de falhas, e parametrização específica para cada motor.

Referencia	Danfoss VLT P1K5
Potência	1,5 kW (2HP)
Tensão nominal	380 – 440 V (Trifásico)
Corrente nominal	5,6 A
Frequência	50/60 Hz
Classe de protecção	IP20

Tabela 9. Parâmetros do inversor de frequência.

Incorpora as seguintes protecções:

- ❖ Protecção térmica do motor eletrônico contra sobrecarga (150% durante 1 minuto).
- ❖ O monitoramento da temperatura do dissipador de calor garante que o conversor de frequência se dispare se houver superaquecimento.
- ❖ O conversor de frequência está protegido contra curto-circuitos entre os terminais do motor (u,v,w).
- ❖ Quando falta uma fase do motor, o conversor de frequência desarma e emite um alarme.
- ❖ Quando falta uma fase na rede eléctrica, o conversor de frequência desarma ou emite uma advertência (dependendo da carga).
- ❖ Monitorar a tensão do barramento CC garante que o conversor de frequência desarme quando a tensão do barramento CC for muito baixa ou muito alta.

- ❖ O conversor de frequência está protegido contra falhas de aterramento nos terminais do motor (u,v,w).

3.3.9. Módulo DISOCONT

Módulo responsável pelo cálculo da pesagem do material transportado pela balança, controlo da velocidade gerenciada pelo inversor de frequência, assim como a gestão da instrumentação alocada sobre a mesma, dando informações ao PLC. Esquema de ligação eléctrica em anexos 1.63 até 1.66.

3.4. Emprego do PLC para a Gestão do Sistema

A aplicação do Controlador Lógico Programável (CLP/PLC) tem como finalidade, fazer a gestão de todas as variáveis de funcionamento e controle da balança doseadora, assim como, dar a informação em tempo real a supervisão, sobre situações que podem comprometer o seu funcionamento contínuo. Estas variáveis estão ligadas a colecta de dados como o fluxo do material vazado pela doseadora, nível de enchimento das tremonhas, a temperatura do material, nível de corrente do motor, entre outras variáveis mencionadas nos pontos acima. Para o desenvolvimento da lógica de controle e gerenciamento das variáveis/dados, foi aplicado o PLC da Allen Bradley/Rockwell Automation, com a utilização das ferramentas RSLinx, RSLogic 500, e o RSLogic Emulate 500.

3.4.1. Ciclo de Execução Geral do Programa

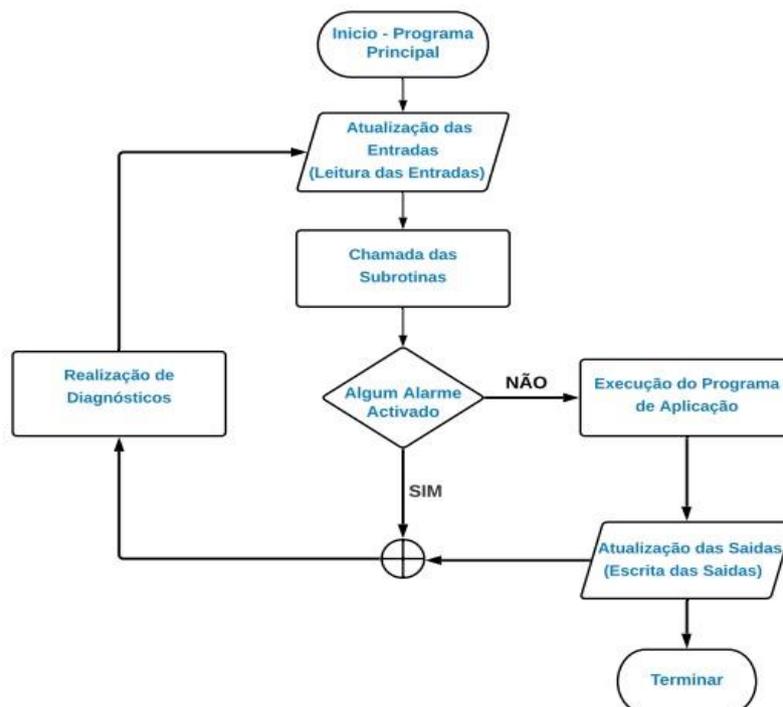


Figura 35. Ciclo de execução do programa no PLC.

O fluxograma ilustra de forma clara o ciclo de operação do programa, tendo em conta as subrotinas, por forma a garantir que o funcionamento da doseadora seja estável, sob condições normais.

3.4.2. Mapeamento e Endereçamento das variáveis no PLC

Primeiro foi necessário se fazer o levantamento de todas as informações de relevância para o funcionamento do sistema e que impactam directamente com a estabilidade e confiabilidade das balanças, dando um maior campo de acção ao operador, sobre situações adversas em tempo real.

DI: Variável digital de entrada;

DO: Variável digital de saída;

AI: Variável analógica de entrada;

AO: Variável analógica de saída;

N7: Variável inteira;

T4: Temporizador;

PID: Controlador PID;

SCP: Função de ajuste parametrizado;

TAG	Endereço	Tipo	Descrição
T_Nível_Baixo (SN27.01)	I:0.0/0	DI	Nível mínimo de material na tremonha
T_Nível_Alto (SN27.02)	I:0.0/1	DI	Nível máximo de material na tremonha
ST-27.01	I:2.0/0	AI	Temperatura do Material
CR-27.01	I:0.0/2	DI	Movimento do rolete de Pesagem
CR-27.02	I:0.0/3	DI	Movimento do rolete adjacente 1
CR-27.03	I:0.0/4	DI	Movimento do rolete adjacente 2
VG-27.01	I:0.0/5	DI	Desalinhamento da correia (esquerda)
VG-27.02	I:0.0/6	DI	Desalinhamento da correia (esquerda)
Totalizador 1	I:1.0/1	AI	Fluxo do material (t)
SET POINT (SP)	I:1.0/2	AI	Pedido (t/h)
Valor Actual (I)	I:1.0/3	AI	Resposta (t/h)
Start	I:0.0/7	DI	Ligar a alimentação

Stop	I:0.0/8	DI	Desligar alimentação
Feedback	I:0.0/9	DI	Resposta de marcha
Avaria/Defeito	I:0.0/10	DI	Avaria no motor (Verificar VSD)
Sensor de Temperatura “OK”	O:0.0/0	DO	Feedback do transmissor
Temperatura Baixa	O:0.0/1	DO	-
Temperatura Normal	O:0.0/2	DO	-
Temperatura Alta	O:0.0/3	DO	-
Nível Baixo da Tremonha	O:0.0/4	DO	-
Nível Médio da Tremonha	O:0.0/7	DO	-
Nível Alto da Tremonha	O:0.0/5	DO	-
CR-27.01 “Ok”	O:0.0/8	DO	-
CR-27.01 “Defeito”	O:0.0/9	DO	-
CR-27.02 “Ok”	O:0.0/10	DO	-
CR-27.02 “Defeito”	O:0.0/11	DO	-
CR-27.03 “Ok”	O:0.0/12	DO	-
CR-27.03 “Defeito”	O:0.0/13	DO	-
VG-27.01 Limite Mínimo	O:0.0/16	DO	-
VG-27.01 Limite Máximo	O:0.0/17	DO	-
VG-27.02 Limite Mínimo	O:0.0/18	DO	-
VG-27.02 Limite Máximo	O:0.0/19	DO	-
Débito	O:1.0/0	AO	Valor proporcional ao SetPoint

Tabela 10. Endereçamento das variáveis I/O.

3.4.3. Blocos de Controle da Temperatura

Este bloco de programação é responsável pelo controle da temperatura do material armazenado pelo alimentador (tremonha) da balança. Através do programa, a bobina (O:00/0) é responsável pela leitura, conversão e demonstração da variação da temperatura.

- ❖ SCP fazem a definição da escala que equivale aos valores de entrada, tendo em conta que o transmissor da PT100 deve ser configurada para leitura de 0 a 150 °C;
- ❖ As funções LES e GRT fazem a comparação e habilitam a saída do valor de temperatura;

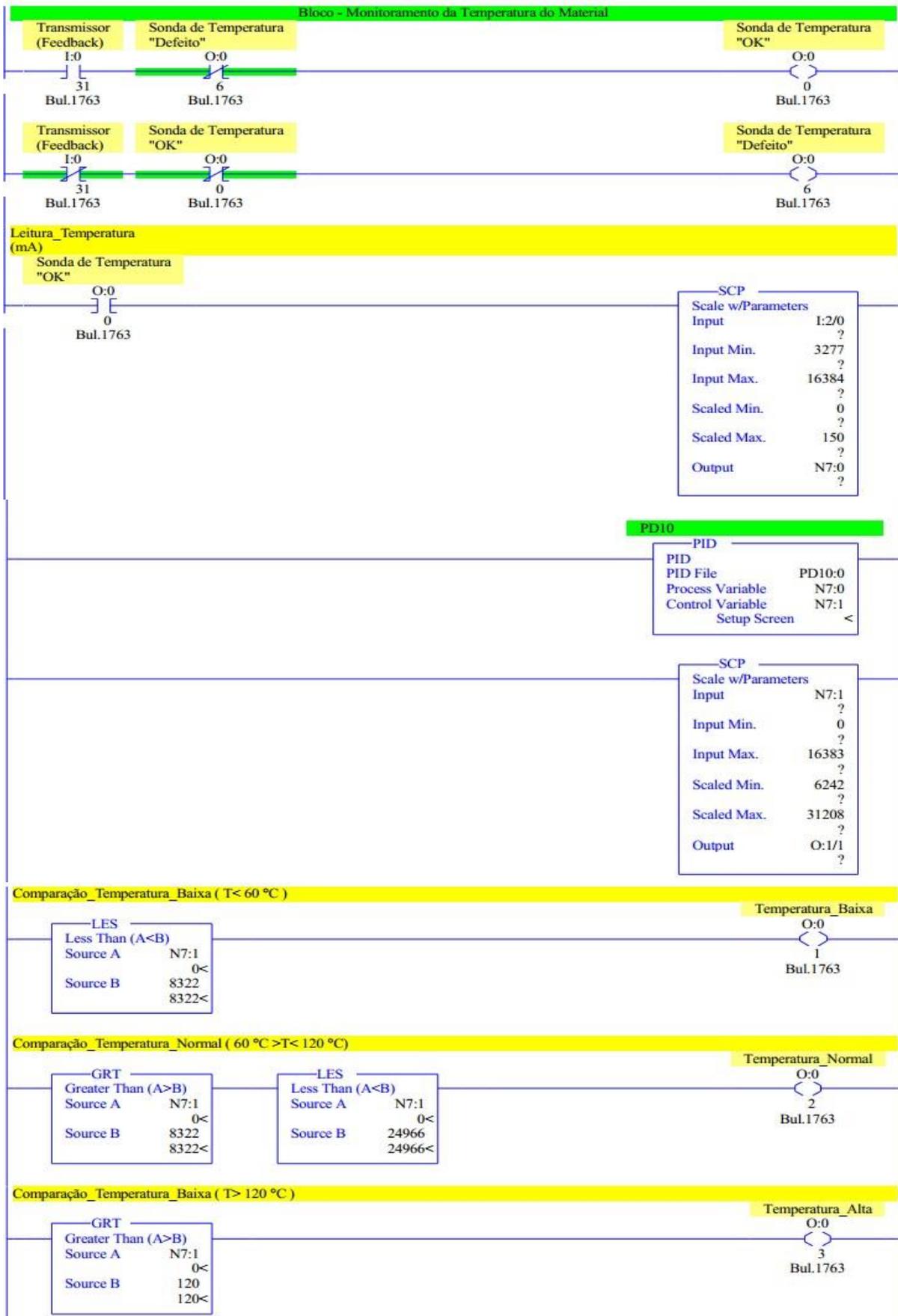


Figura 36. Bloco de programação para monitoramento da temperatura.

3.4.4. Bloco de Controle de Nível

Este bloco de programação é responsável pelo controle do nível de material armazenado pelo alimentador (tremonha) da balança.

- ❖ Quando a tremonha estiver sem material, o sensor inferior (SN27.01), vai forçar a entrada I:0.0/0, gerando a saída O:0.0/4 com indicação de nível baixo, havendo necessidade de se colocar o material para a alimentação da balança. Nesse mesmo instante, habilita a função T4:0, que faz a temporização para desligar a balança, se não receber material;
- ❖ Quando a tremonha estiver cheia de material, o sensor superior (SN27.02), vai forçar a entrada I:0.0/1, gerando a saída O:0.0/5 com indicação de nível alto, não havendo necessidade de se colocar o material para a alimentação da balança. Nesse mesmo instante, habilita a função T4:1, que faz a temporização para indicação do material na zona intermedia da tremonha, forçando a saída O:0.0/7, até que o material atinja o nível mínimo;

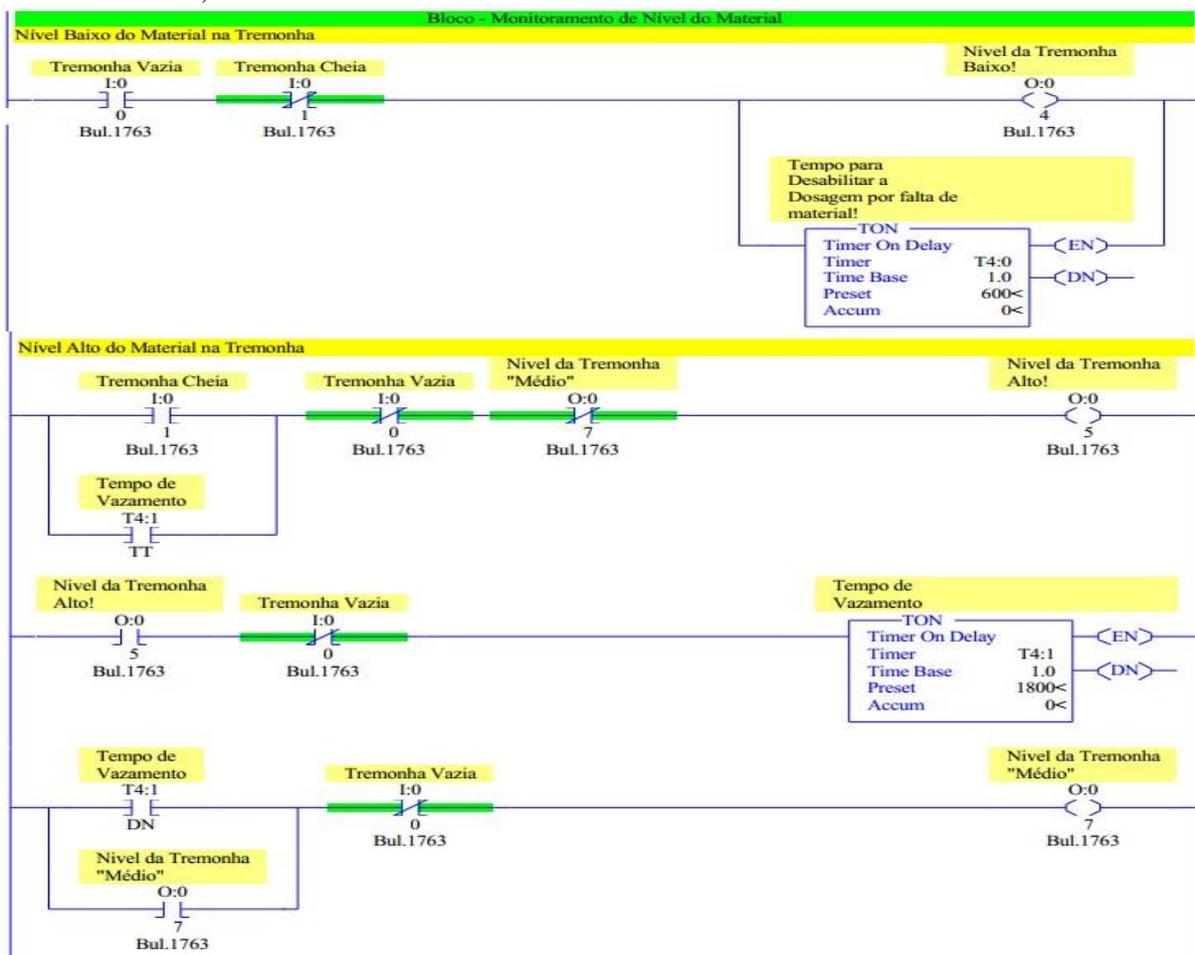


Figura 37. Bloco de programação para controle de nível de material na tremonha.

3.4.5. Bloco de Controlo da Balança e Doseamento

Este é o bloco de programação de accionamento da doseadora e o seu processo de doseamento. De uma maneira geral, através desse bloco o operador pode fazer o pedido da quantidade de material para alimentar o moinho, assim como controlar as variáveis do processo em tempo real.

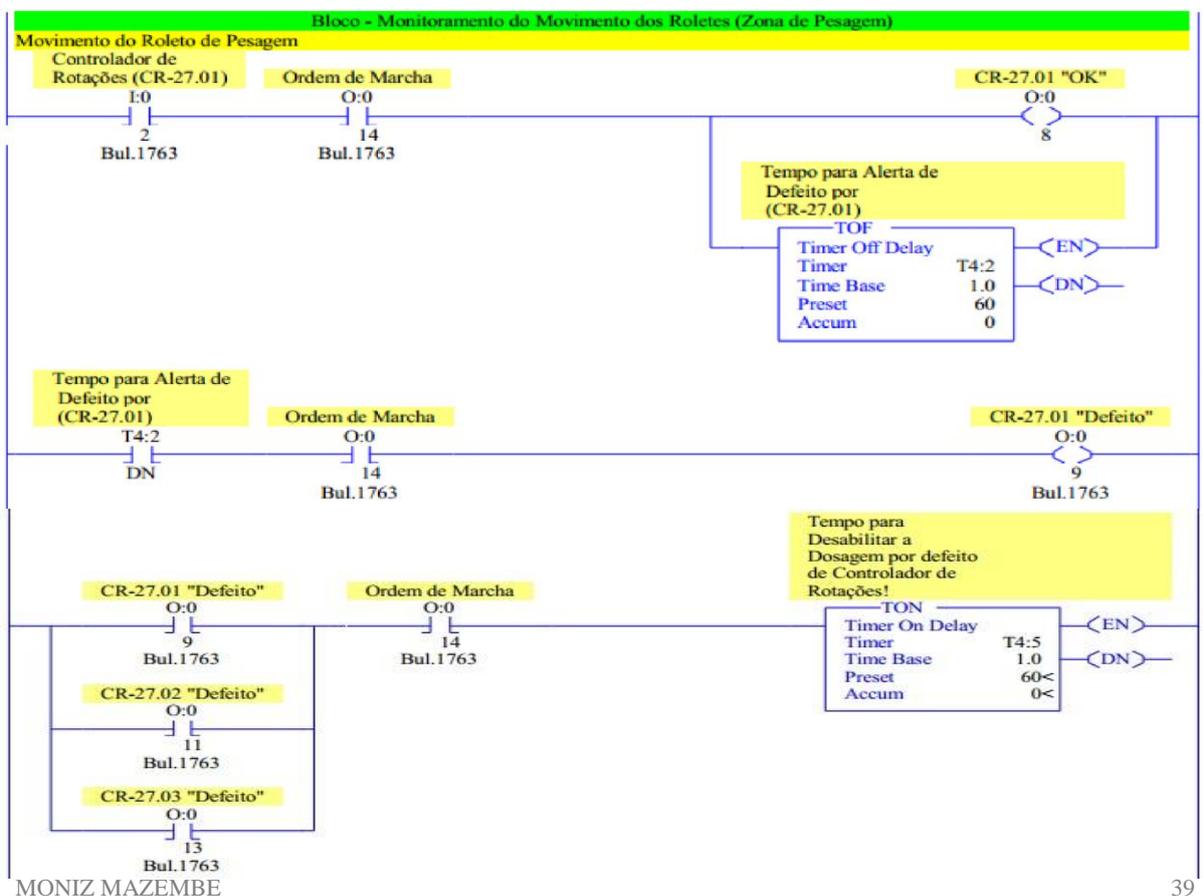
3.4.5.1. Monitoramento dos Roletes (Zona de Pesagem)

Este bloco é responsável pelo controle do movimento dos roletes da zona de pesagem.

Para o caso do rolete de pesagem, como por exemplo, o sensor indutivo em condições normais, deve enviar constantemente o sinal para a entrada I:0.0/2, gerando a saída O:0.0/2 de indicação de movimento. A partir do instante que a entrada I:0.0/2 deixa de receber o sinal, o temporizador T4:2, começa a fazer a contagem para habilitar a indicação de defeito através da saída O:0.0/9;

De modo análogo a interpretação é feita para os casos dos outros dois roletes adjacentes;

A linha 18 é activada caso um dos roletes entre em defeito, accionando o temporizador T4:5, que desabilita a balança por defeito de controlador de rotações;



MONIZ MAZEMBE

39

Figura 38. Bloco de programação para monitoramento dos roletes (Zona de Pesagem).

3.4.5.2. Desalinhamento da Correia

- ❖ Este bloco é responsável pelo controlo da correia quando essa tende a fugir da zona central.
- ❖ O limite mínimo é gerado pela entrada I:0.05, forçando a saída O:0.0/16;
- ❖ O limite máximo é gerado pela entrada I:0.0/12, acionando o T4:6 para desabilitar a balança por desalinhamento da correia para esquerda;
- ❖ De modo análogo é aplicado para o lado direito;

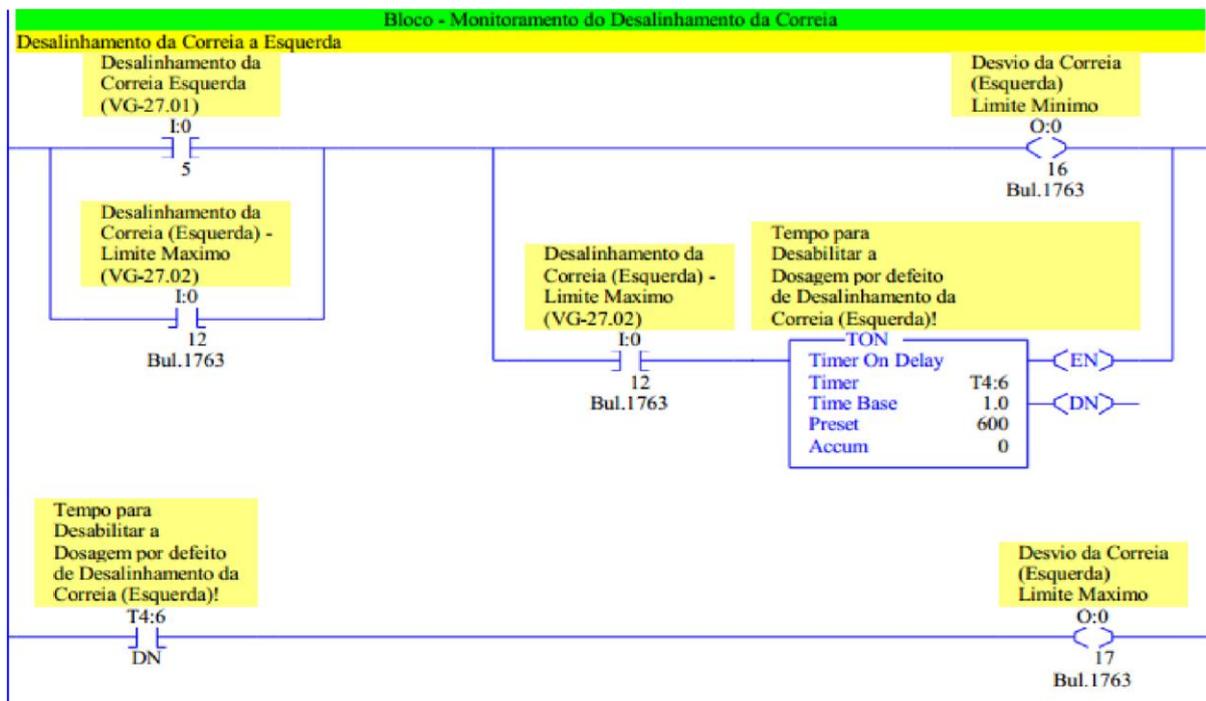


Figura 39. Bloco de programação para desalinhamento da correia.

3.4.5.3. Accionamento e Controlo do Doseamento da Balança

- ❖ O accionamento da balança é efectiva, somente se todas as condições citadas nos pontos anteriores estiverem dentro dos parâmetros;
- ❖ Tem que haver comunicação sem perturbações entre o PLC e o módulo DISOCONT;
- ❖ O Primeiro bloco de instrução SCP, tem o papel de receber a variável de processo (vazão instantânea dada pela equação 1.3, que relaciona a velocidade e a carga na correia) através de I:2.0/1, que depois é comparada com o pedido (vazão teórica), para se auferir a diferença;
- ❖ Existindo uma diferença, a instrução PID faz o ajuste necessário para a redução do erro;
- ❖ O Segundo bloco de instrução SCP, é vista como o controlo do processo, recebendo

instruções do PID e enviando a saída desejada.

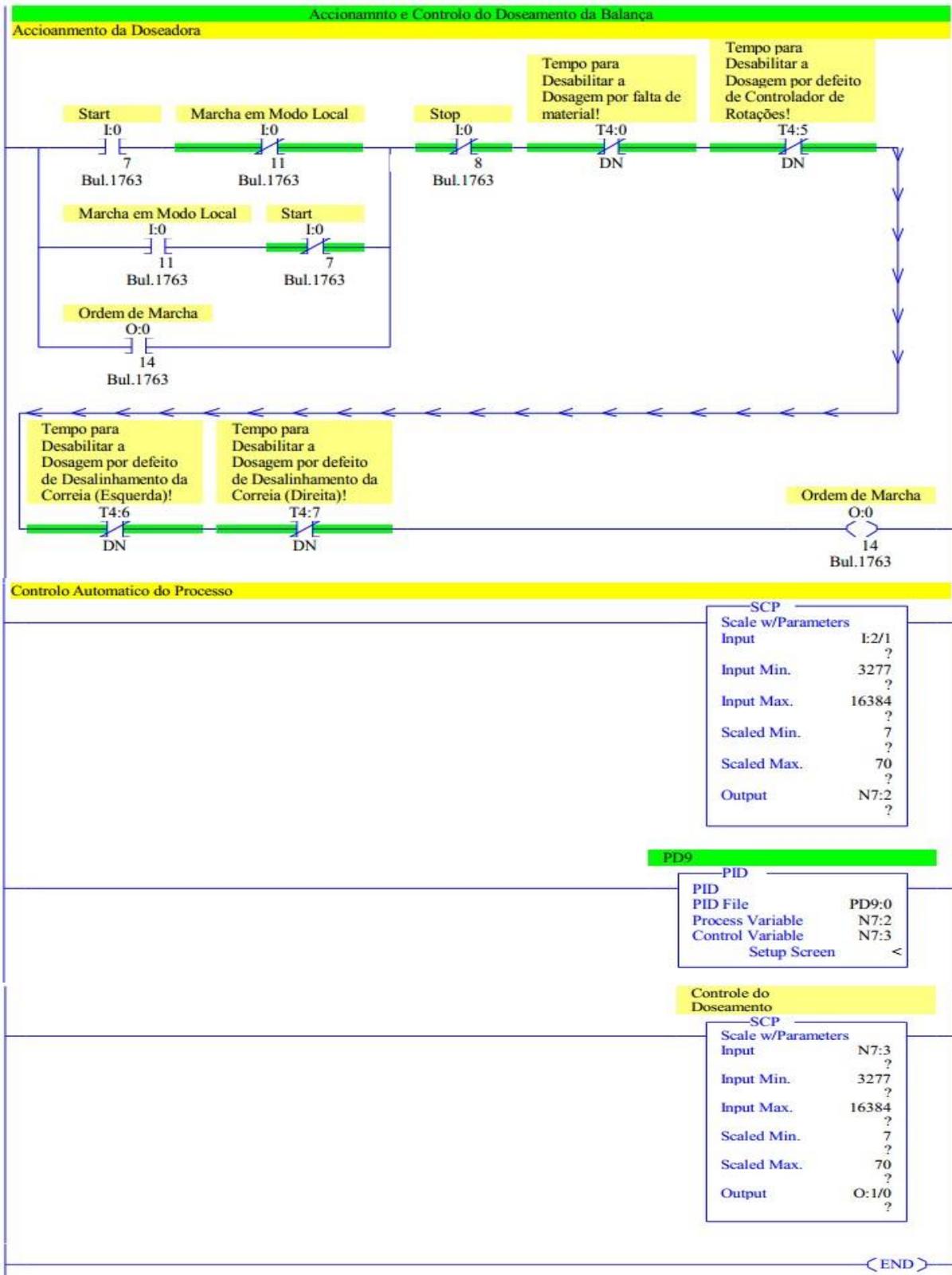


Figura 40. Bloco de programação para accionamento e controlo do doseamento da balança.

3.5. Procedimentos de Calibração duma Balança Doseadora

De uma forma generalizada, e tendo em consideração os procedimentos descritos pelo manual da Schenck Process, a calibração é feita atendendo as seguintes etapas:

- ❖ *LB: Pulses/Belt;*
- ❖ *TW: Tare;*
- ❖ *CW: Check Weigh;* ❖ *MT: Material Test;*

3.5.1. Pulses/Belt – Impulsos por Revolução da Correia

Nesta função é utilizada a quantidade de pulsos gerada pelo sensor de velocidade em uma ou mais voltas completa da correia. Entretanto, essa função só deve ser realizada na ocorrência das seguintes situações:

- ❖ Calibração inicial da balança;
- ❖ Substituição da correia;
- ❖ Tensão da correia vária intensamente;
- ❖ Para os casos de balanças com ou sem medição de velocidade, se for alterado o parâmetro P 04.01 (LC Charac.Value) ou o Parâmetro P 02.04 "Nominal Speed".

Procedimento

- ❖ Balança ligada e sem material;
- ❖ Modo volumétrico selecionado;
- ❖ Valor de SP introduzido com um valor igual a capacidade nominal da balança;
- ❖ Medir o tempo de uma volta completa da correia com precisão e introduzir o valor no Parâmetro P09.02 "Belt Circuit Time", em segundos.
- ❖ Se o tempo de uma volta for menor que 60 segundos, então tome o tempo de duas ou mais voltas, de forma que o tempo total seja superior a 60 segundos. ❖ Selecione a função no menu Função de Calibração e active a função LB; ❖ Depois de activa, tem-se a seguinte informação no mostrador:

Função activada	LB: Measurement ON	1 – Tempo de execução residual (segundos); 2 – Número de pulsos já totalizados pelo sensor de velocidade;
Função encerrada	LB: v	Valor médio da velocidade da correia sobre o tempo de execução completo;

	KOR	Número total de pulsos por volta da correia;
--	-----	--

3.5.2. Tare – Tara

Esta função é utilizada para a aferição do desvio da balança doseadora em uma ou mais voltas completas da correia. O rolete de pesagem e a correia, constituem um “peso morto” sobre a célula de carga e que não pode ser contabilizado. Portanto, a função “TW: Tare” elimina a influência do peso morto. Após a aplicação da tara, a carga da correia será de 0 kg/m.

Aplicação:

- ❖ Aferição do zero;
- ❖ Substituição da correia;
- ❖ Substituição da célula de carga;

Procedimento

- ❖ Balança ligada e sem material;
- ❖ Modo volumétrico selecionado;
- ❖ Valor de SP introduzido com um valor igual a capacidade nominal da balança;
- ❖ Chame a função “TW: Tare” no menu Função de Calibração; ❖ Depois de activa, tem-se a seguinte informação no mostrador:

Função activada	TW: Measurement ON	Percentual residual decrescente da correia ⁽¹⁾
Função encerrada	Desviation	Desvio da tara em relação a tara anterior
	Tare	Tara relativa à carga nominal (%)

(1): quantidade de pulsos necessários para uma ou mais volta completa da correia (LB), contados de maneira decrescente.

3.5.3. Check Weight– Pesos de Aferição

Esta função é utilizada para verificar a faixa de medição da balança. A plataforma é carregada com peso padrao (peso de aferição), sendo adquirido o valor médio da carga sobre a plataforma durante uma ou mais voltas completas da correia. O resultado é comparado com o demonstrado no mostrador.

Procedimento

- ❖ A função TW: Tare deve ser executada antes;
- ❖ Introdução do valor do peso de aferição no Parâmetro P 09.03 ("Check Weight"). Assegure-se de que o peso de aferição esteja entre 30% e 100% da carga nominal da plataforma (Q). A carga nominal da plataforma é calculada a partir da equação 1.1;
- ❖ Aplicação do peso de aferição na balança (parte mecânica);
- ❖ Seleção do modo volumétrico;
- ❖ Balança ligada com SetPoint igual ou próximo a capacidade nominal da balança;
- ❖ Chame a função "CW: Check Weight" no menu Função de Calibração; ❖ Depois de activa, tem-se a seguinte informação no mostrador:

Função activada	CW: Measurement ON	Percentual residual decrescente da correia
	"Set/Act"	Quociente do Parâmetro P 09.03 "Check Weight" e o valor de medição do peso de aferição
Função encerrada	"CW: Complete"	Peso medido da quantidade de material alimentada ficticiamente em Kg
	"KOR"	Valor médio SET/ACT sobre o tempo de execução completo

Após verificar a diferença entre o valor real do peso de aferição e o valor indicado na balança, utiliza-se a tabela 1 para verificar a ação necessária a ser adotada.

Margem do erro (%)	KOR	Descrição
<1%	$0,99 > KOR < 1,01$	Balança OK; nenhuma ação adicional requerida
<5%	$0,95 > KOR < 1,05$	Se o resultado de uma verificação de material, ainda não foi considerada com o Parâmetro "Range Correction", digite o valor KOR no Parâmetro.
>5%	$0,95 < KOR > 1,05$	Desvios de alguns percentuais podem ser devido à entrada de informações técnicas erradas (inclinação da correia desconhecida, braços da alavanca) ou falhas mecânicas (alinhamento, erro da tensão da correia).

3.5.4. Material Test – Verificação usando material

A verificação ou calibração usando pesos de aferição, não demonstra com precisão as condições naturais de operação. Uma balança altamente precisa somente pode ser obtida por meio da aferição com material realizando o teste o número de vezes necessário, até atingir o ponto ótimo.

A correção é executada, modificando quando necessário o parâmetro P10.5 “Range Correction TM”.

Procedimento

- ❖ Toda área, desde a plataforma de pesagem até o ponto de coleta de material, deve estar totalmente limpa;
- ❖ Verificar se o veículo está sem material acumulado, e se foi retirado a sua tara inicial;
- ❖ Se houver rosca de alimentação ou transportadores de correia entre a plataforma e o ponto de coleta, deixe o sistema funcionando aproximadamente a 30 minutos antes de começar a pesagem;
- ❖ Garantir que a tremonha esteja com material suficiente para os testes;
- ❖ Com os pressupostos anteriores estabelecidos, pode-se proceder com o teste, debitando a quantidade real de material (MW) definido para o veículo. De seguida, este material é quantificado através de uma balança padrão e comparada com a quantidade de material (MA) demonstrada pela doseadora, achando-se o erro relativo. O novo valor do Parâmetro P10.5 “Range Correction” é calculado usando a seguinte fórmula:

$$P10.5_{novo} = \frac{MW}{MA} \times P10.5_{antigo}$$

3.6. Estimativa de Custos

	Item	QTD	Preço unitário	Total (MZN)
Componentes & Instrumentos	Sensor de Temperatura (PT100)	1	3.806,80	3.806,80
	Transmissor E+H ITEMP TMT181	1	3.476,88	3.476,88
	UWT Level Control D - 87488	2	7.124,62	14.249,24
	Sensor indutivo Schmersal	3	6.746,40	20.239,20
	Desalinhamento da correia (VG 133/6)	2	7.131,50	14.263,00
	Canhão de Ar	3	10.785,93	32.357,79
	Válvula Solenoide	3	713,15	2.139,45
	Tubo de ar comprimido (20)	2	5.710,20	11.420,40
Material Eléctrico	Cabo LIYCY (25x1)	300 m	233.083,67	233.083,67
	Cabo LIYCY (3x1)	300 m	37.032,06	37.032,06
	Fusíveis 24V	10	285,26	2.852,6
	Outros	-	50.000,00	50.000,00
Subtotal (A)				424.921,13
Montagem do equipamento base (10% A)				42.492,113
Imprevistos (10% A)				42.492,113
Custos indirectos (5% A)				21.246,06
Despesas gerais (12% A)				50.990,54
Custos fixos (10% A)				42.492,113
Subtotal (B)				199.712,94
Custo Total = Subtotal (A) + Subtotal (B)				624.634,07

Tabela 11. Estimativa de Custos

Capítulo IV

4. Principais Constatações e Conclusão final

O objectivo geral deste trabalho é ilustrar a melhoria em termos de desempenho e estabilidade, numa balança doseadora, quando existe um sistema de controlo fiável, durante o seu regime de funcionamento.

Em observância da situação actual sobre o seu funcionamento, constatou-se que existe algumas deficiências no próprio sistema, contribuindo significativamente para a instabilidade do processo de dosagem, afectando a empresa sobretudo em termos económicos, devido a paragens não programadas, assim como, no caso de obtenção de componentes novos para substituição, devido avaria precoce;

Para que o funcionamento do sistema seja estável, deve-se garantir o controlo periódico tanto da componente mecânica, assim como, da eléctrica. Portanto, através da implementação de toda instrumentação e programação descrita, haverá condições de se trabalhar com as balanças, havendo a divulgação de alarmes críticos em tempo real. Desta forma, a intervenção dos técnicos, poderá ser sistematizada, assim como, paragens para manutenção periódica;

A descrição sumaria do novo sistema, descrição dos componentes, assim como o desenvolvimento da logica de programação, teve como objecto uma balança, por forma a não tornar o trabalho extensivo, já que para aplicação nas restantes balanças é a mesma, diferindo na designação das variáveis. Atendendo e considerando que o caso de estudo é na Moagem de Cimento 7, que conta actualmente com 3 Balanças Doseadoras de Correia;

O erro acentuado da balança pode ser causada pelos seguintes aspectos:

- ❖ Acúmulo de material na zona de pesagem;
- ❖ Material engastado entre a parte fixa e parte móvel, impedindo o seu movimento;
- ❖ Contato irregular da correia com os roletes;
- ❖ Corrosão em pontos de conexão do cabo da célula de carga;
- ❖ Variações de umidade do material transportado;
- ❖ Sobrecarga na célula de carga;
- ❖ Umidade na célula de carga;
- ❖ Má acomodação dos roletes, após terem sido substituídos ou recolocados;
- ❖ Efeito de emendas recentes na correia;

- ❖ Aderência de material à correia;
- ❖ Desalinhamento dos roletes;
- ❖ Desalinhamento da correia;
- ❖ Interferência de forças que actuam sobre o cabo da célula de carga;

4.1. Caracterização dos Riscos Ocupacionais durante o Funcionamento do Sistema

	Riscos	Fonte	Caracterização do Risco	Procedimentos Para mitigação
Inspeção no equipamento	1.Inalação de poeira; 2.Exposição a ruído; 3.Queda de material;	Processo	1.Funcionamento do Processo de produção de cimento;	Utilização de EPI's; Permanecer tempo necessário;
Intervenção na plataforma	1.Aprisionamento em partes moveis; 2.Choque eléctrico; 3.Batida contra a estrutura;	Homem	1.Ajuste mecânico; 1.Tocar em partes activas da plataforma;	Distancia segura; Utilização de EPI's; Atenção;
Material não adequado	Instabilidade do sistema;	Processo	1.Camada de material irregular; 2.Encravamentos no circuito;	Evitar a troca de material na balança;
Processo de Calibração	1.Desvio acentuado; 2.Erro de medição;	Processo	1.Falta de material; 2.Encravamentos no circuito; 3.Erro mecânico; 4.Erro eléctrico;	1.Limpeza do circuito; 2.Ajuste mecânico; 3.Ajuste eléctrico;

Tabela 12.Caracterização dos Riscos Ocupacionais durante o Funcionamento do Sistema.

5. Sugestões ou Recomendações

O processo de controlo do funcionamento estável da balança doseadora, não depende somente da aplicação dos componentes referenciados neste trabalho, mas sim, com a cooperação conjunta da equipe do processo assim como a equipe de manutenção. Deste modo, com o acompanhamento e informação em tempo real, pode-se definir um plano de acções preventivas ou correctivas, salvaguardando o funcionamento contínuo e fiável, garantindo a qualidade do produto final, e evitando prejuízos a empresa, em termos económicos e de produção;

Actualmente a Moagem de Cimento 7, tem disponíveis três balanças doseadoras, sendo que uma delas vem sofrendo mais com a alteração da matéria-prima, facto este que constatou-se que pode afectar significativamente sobre o desempenho da doseadora. Portanto, deve-se estudar meios de instalação de uma doseadora para satisfazer as necessidades do processo, podendo aproveitar-se o espaço do antigo moinho 6 (desactivado);

É preciso fazer-se um trabalho de melhoria nas condutas de passagem do material até a tela de alimentação do moinho, por forma a mitigar a criação de camadas/crostas prejudiciais ao sistema;

É preciso garantir um bom estado de conservação das balanças, reactivamente ao processo de limpeza, extração de material acumulado, componentes mecânicas, assim como as componentes eléctricas;

Para manter o funcionamento estável do sistema, deve-se efetuar calibrações em intervalos regulares e mantendo-se históricos devidamente documentados;

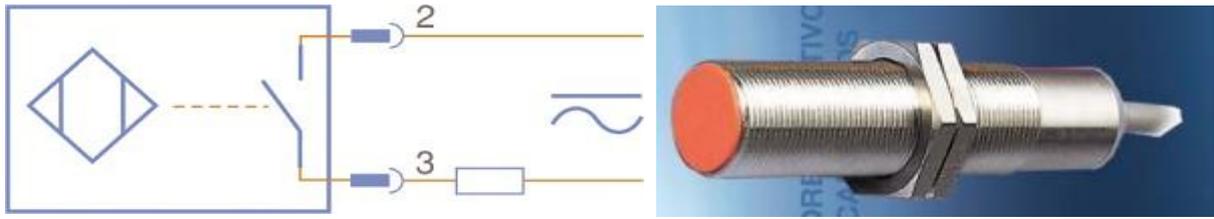
Deve se fazer um melhoramento da supervisão actual, a nível de demonstração das variáveis de controle, assim como a disposição de alarmes em tempo real;

Sendo que o presente trabalho visa o melhoramento de um sistema já existente, pretende-se que para trabalhos futuros, como uma das formas de melhoramento, seja feito um estudo de viabilidade económica para a sua implementação.

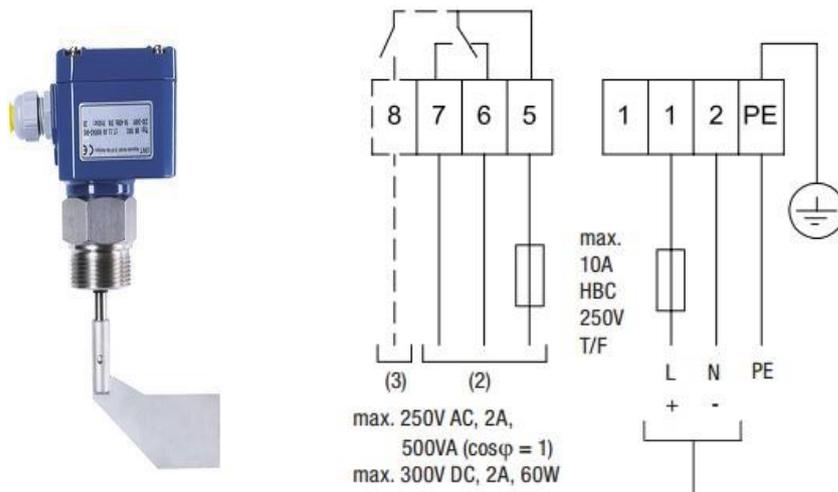
6. Bibliografia Consultada

- [1]. Franchi, Claiton Moro. 2008- *Accionamentos Eléctricos*. Editora Érica Ltda. 4a Edição. São Paulo.
- [2]. Group Schenck Process. 2010- *Disocont Tersus (DT-9), Configuration and Operations Manual VCU20103*. Chargin Falls, OH44023.
- [3]. Guedes, R.S. 2016- *Estudos Sobre a Calibração Duma Balança Doseadora de Correia*. Ouro Preto-MG. UFOP.
- [4]. Klein G.J. 2019- *Aumento da Confiabilidade de Balanças Doseadoras*. Curitiba. UTFP.
- [5]. Lara M. 2016- *Pesagem, Dosagem e Transporte*. Evonik Industires. Campus UFG, Goiânia.
- [6]. Silva M.R. 2001- *Manual de Instalação Operação e Calibração, Sistema de Pesagem Dinâmica*. EngElectro Comercial Ltda. Belo Horizonte – MG.
- [7]. WEG Equipamentos Eléctricos S.A. *Modulo 1 Comando e Protecção*.
- [8]. <https://www.fsrconferentie.nl/Oct-Mon-19062/sistemas-de-correias-transportadorasindustriais/>
- [9]. <http://www.alfainstrumentos.com.br/balancas-industriais/>
- [10]. <http://www.magcon.com.br/balancas-dosadoras.php>
- [11]. <http://www.emembelt.com.br/correias-transportadoras/>
- [12]. <https://www.ecycle.com.br/component/content/article/35/1569-processo-de-producao-do-cimento-gera-emissoes-e-pode-diminuir-biodiversidade.html>
- [13]. <http://www.emembelt.com.br/correias-transportadoras/>
- [14]. <http://www.ferreiraroletes.com.br/fabrica-roletes>
- [15]. <https://agregadosonline.com.br/alinhamento-da-correia-transportadorasmanter-productividade/>
- [16]. <http://celuladecarga.com.br/17/celulas-de-carga/>

ANEXOS



Sensor Indutivo

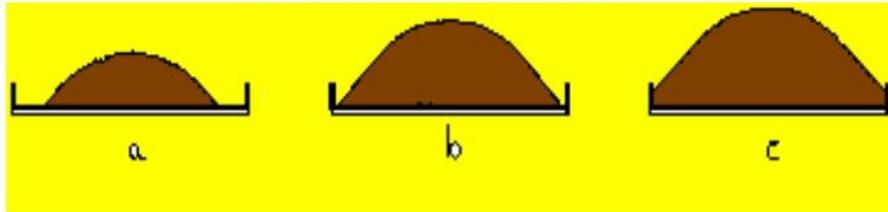
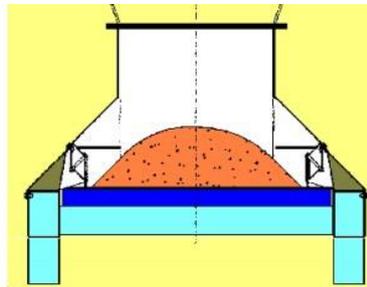


Sensor de Nível Motorizado





Sensor de Temperatura (PT100) + Transmissor (TMT181 RN221N)



Baixa

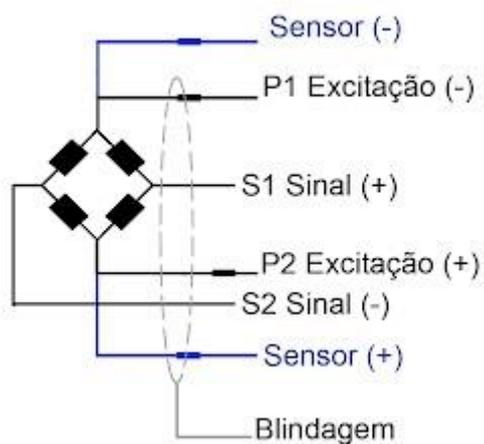
Boa

Alta

Ajuste da Camada de Material



Estrutura da Balança



Célula de carga



Encravamento de material.

