



**FACULDADE DE ENGENHARIA**  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA  
Curso de Engenharia Eléctrica

**ESTÁGIO PROFISSIONAL**

Tema:

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA  
AUXILIAR NO COMBATE A FRAUDES NO  
CONSUMO DE ENERGIA ELÉCTRICA**

**Autor:**

MACHEQUE, Mauro Sérgio

**Supervisores:**

Eng.º Ortígio Nhanombe (UEM)

Pascoal Macandza (EDM)

Maputo, Maio de 2023



**FACULDADE DE ENGENHARIA**  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA  
Curso de Engenharia Eléctrica

**ESTÁGIO PROFISSIONAL**

Tema:

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA  
AUXILIAR NO COMBATE A FRAUDES NO  
CONSUMO DE ENERGIA ELÉCTRICA**

**Autor:**

MACHEQUE, Mauro Sérgio

**Supervisores:**

Eng.º Ortígio Nhanombe (UEM)

Pascoal Macandza (EDM)

Maputo, Maio de 2023

**MACHEQUE, Mauro Sérgio**

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA AUXILIAR NO COMBATE A FRAUDES  
NO CONSUMO DE ENERGIA ELÉCTRICA**

Relatório de Estágio Profissional apresentado como requisito final para obtenção do grau de licenciatura pelo programa de graduação em Engenharia Eléctrica do Departamento de Engenharia Electrotécnica da Universidade Eduardo Mondlane.

# GUIA DE AVALIAÇÃO DO RELATÓRIO ESCRITO



**UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE**  
**FACULDADE DE ENGENHARIA**  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

## **F1 - GUIA DE AVALIAÇÃO DO RELATÓRIO ESCRITO**

Nome do estudante: Mauro Sérgio Macheque

Referência do tema: 2023ELEPD05

Data: 20/02/2023 Título do tema: Desenvolvimento de um sistema auxiliar no combate a fraudes no consumo de energia eléctrica

<b>1. Resumo</b>					
1.1. Apresentação dos pontos chaves no resumo (clareza, organização, correlação com o apresentado)	1	2	3	4	5
<b>Secção 1 subtotal (max: 5)</b>					

<b>2. Organização (estrutura) e explanação</b>										
2.1. Objectivos	1	2	3	4	5					
2.2. Introdução, antecedentes e pesquisa bibliográfica	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.3. Metodologias	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.4. Resultados, sua análise e discussão	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.5. Conclusões e aplicação dos resultados (recomendações)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Secção 2 subtotal (max: 45)</b>										

<b>3. Argumentação</b>										
3.1. Criatividade e originalidade	1	2	3	4	5					
3.2. Rigor	1	2	3	4	5					
3.3. Análise crítica, evidência e lógica	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3.4. Relação objectivos/ métodos/ resultados/conclusões	1	2	3	4	5					
3.5. Relevância	1	2	3	4	5					
<b>Secção 3 subtotal (max: 30)</b>										

<b>4. Apresentação e estilo da escrita</b>					
4.1. Legibilidade e organização	1	2	3	4	5
4.2. Ilustração e qualidade das figuras e tabelas	1	2	3	4	5
4.3. Estilo da escrita (fluência do texto, uso da língua e gramática)	1	2	3	4	5
4.4. Fontes bibliográficas (citação correcta, referências, etc)	1	2	3	4	5
<b>Secção 4 subtotal (max: 20)</b>					

<b>Total de pontos (max: 100)</b>		<b>Nota (=Total*0,2)</b>	
-----------------------------------	--	--------------------------	--

Nota: Quando exista a componente gráfica (desenhos técnicos), a nota acima é multiplicada por 0,8 cabendo os restantes 20% do peso à referida parte gráfica.

# FICHA DE AVALIAÇÃO DA ATITUDE DO ESTUDANTE (PELO SUPERVISOR)



**UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE**  
**FACULDADE DE ENGENHARIA**  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

## FICHA DE AVALIAÇÃO DA ATITUDE DO ESTUDANTE (Auxiliar para o supervisor)

Nome do estudante: Mauro Sérgio Macheque

Referência do tema: 2023ELEPD05

Data: 20/02/2023 Título do tema: Desenvolvimento de um sistema auxiliar no combate a fraudes no consumo de energia eléctrica

<b>Indicador</b>	<b>Classificação</b>				
<b>Atitude geral</b> (manteve uma disposição positiva e sentido de humor)	1	2	3	4	5
<b>Dedicação e comprometimento</b> (Deu grande prioridade ao projecto e aceitou as responsabilidades prontamente)	1	2	3	4	5
<b>Independência</b> (realizou as tarefas independentemente, como prometido e a tempo)	1	2	3	4	5
<b>Iniciativa</b> (viu o que devia ter sido feito e fê-lo sem hesitar e sem pressões do supervisor)	1	2	3	4	5
<b>Flexibilidade</b> (disponibilidade para se adaptar e estabelecer compromissos)	1	2	3	4	5
<b>Sensibilidade</b> (ouviu e tentou compreender as opiniões dos outros)	1	2	3	4	5
<b>Criatividade</b> (contribuiu com imaginação e novas ideias)	1	2	3	4	5
<b>Total de pontos (max: 35)</b>					

Valor do classificador	Cotação obtida	Significado
	1	Não aceitável (0 a 9 valores)
	2	Suficiente (10 a 13 valores)
	3	Bom (14 a 16 valores)
	4	Muito Bom (17 a 18 valores)
	5	Excelente (19 a 20 valores)

**Total de pontos (max: 35)**

**Nota (=Total\*20/35)**

## TERMO DE ENTREGA DO RELATÓRIO



**UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE**  
**FACULDADE DE ENGENHARIA**  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

### TERMO DE ENTREGA DE RELATÓRIO DO ESTÁGIO PROFISSIONAL

Declaro que o estudante **Mauro Sérgio Macheque** entregou no dia \_\_\_/\_\_\_/20\_\_\_ as cópias do relatório do seu Estágio Profissional com a referência **2023ELEPD05** intitulado **Desenvolvimento de um sistema auxiliar no combate a fraudes no consumo de energia eléctrica.**

Maputo, \_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 20\_\_\_

O chefe da Secretaria

---

(Arlete Cucu)

# DECLARAÇÃO DE HONRA

Eu, Mauro Sérgio Macheque, estudante do 5º nível do curso de Engenharia Eléctrica na Faculdade de Engenharia da Universidade Eduardo Mondlane, declaro por minha honra que este trabalho é da minha autoria, sendo fruto dos conhecimentos adquiridos ao longo da minha formação, investigação pessoal e orientação do supervisor. O conteúdo deste trabalho é original e todos os documentos consultados estão devidamente identificados na bibliografia deste trabalho.

Maputo, 2 de Junho de 2023

---

(Mauro Sérgio Macheque)

# DECLARAÇÃO DE ORIGINALIDADE

Declaro que este Relatório de Estágio Profissional nunca foi apresentado para a obtenção de qualquer grau ou num outro âmbito e que ela constitui o resultado do meu labor individual.

Maputo, 2 de Junho de 2023

---

(Mauro Sérgio Macheque)

Dedico este trabalho aos meus pais Sérgio Macheque e Judite Fringe, aos meus irmãos Ercílio Macheque e Nélia Macheque, à minha namorada Isaura Neves e a toda a minha restante família e amigos que me têm apoiado nesta jornada da vida.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço em primeiro lugar a Deus, que me concedeu o dom da vida e me atribuiu energia e perseverança para vencer todos os obstáculos encontrados ao longo do meu percurso.

Agradeço aos meus pais Sérgio Macheque e Judite Fringe por não terem poupado esforço e recursos para que a minha formação fosse possível.

A todos os docentes da Faculdade de Engenharia da Universidade Eduardo Mondlane, que foram o alicerce de todo o conhecimento técnico adquirido por mim até aqui. Em especial ao Eng.º Ortígio Nhanombe pela sua imensurável paciência em supervisionar o meu projecto.

Ao meu supervisor na Área de Serviço ao Cliente de Ka Maxaquene (EDM), Pascoal Macandza e a todos os colaboradores que me foram úteis na partilha de informação e conhecimento relevantes para a elaboração do projecto.

Aos meus colegas e amigos Gerson Gulela e António Mangachaia pelo apoio técnico prestado em alguns aspectos.

## RESUMO

Este projecto propõe um sistema auxiliar na detecção de fraudes no consumo de energia eléctrica, a ser implementado, numa primeira fase, no bairro Hulene B, na cidade de Maputo. Como procedimento, é apresentada uma breve descrição sobre os tipos de perdas de energia que podem ocorrer num sistema de potência. Segue-se à proposta do sistema, antecedida de fundamentos teóricos sobre os componentes a serem usados. Na proposta do sistema, os componentes são interligados de modo a detectarem a existência de perdas comerciais a um nível que se considere fraude e enviam um sinal à Área de Serviço ao Cliente na iminência desta ocorrência.

**Palavras-chave:** Fraude, transformador de corrente, perdas de técnicas, perdas não-técnicas

# ÍNDICE

DECLARAÇÃO DE HONRA .....	V
DECLARAÇÃO DE ORIGINALIDADE .....	VI
AGRADECIMENTOS .....	VIII
RESUMO .....	IX
LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS .....	XIII
LISTA DE FIGURAS.....	XIV
LISTA DE TABELAS .....	XV
CAPÍTULO I.....	1
1. INTRODUÇÃO .....	1
1.1. Problema .....	2
1.2. Justificativa .....	2
1.3. Objectivos.....	2
1.3.1. Objectivo Geral .....	2
1.3.2. Objectivos Específicos .....	2
1.4. Metodologia Aplicada .....	2
1.5. Localização Geográfica .....	3
CAPÍTULO II.....	4
2. ABORDAGEM TEÓRICA .....	4
2.1. Perdas Globais de Energia Eléctrica .....	4
2.2. Perdas Técnicas.....	4
2.3. Perdas Não-Técnicas (PNT) .....	5
Fraude e furto de energia eléctrica.....	5
2.4. Transformador de Corrente .....	6
2.4.1. Conceitos Básicos .....	6
2.4.2. Selecção de Transformadores de Corrente .....	8
2.5. Circuitos Rectificadores.....	11

2.6. Filtros.....	14
2.7. Regulador de Tensão .....	15
2.8. Conversor Analógico-Digital .....	16
2.8.1. ADCs por Aproximação Sucessiva (SAR) .....	17
2.8.2. ADCs Delta-sigma ( $\Delta\Sigma$ ) .....	18
2.9. Somadores e Subtractores.....	18
2.10. Unidades Terminais Remotas.....	21
CAPÍTULO III.....	23
3. ABORDAGEM PRÁTICA.....	23
3.1. Apresentação da Proposta para o Sistema .....	23
3.2. Funcionamento do Sistema.....	24
3.3. Especificação dos Componentes do Sistema .....	24
3.3.1. Transformadores de Corrente.....	24
3.3.2. <i>LOGO!Power</i> .....	25
3.3.3. Conversor Analógico-Digital .....	26
3.3.4. Somadores e Subtractor .....	28
3.3.5. Unidade Terminal Remota .....	29
CAPÍTULO IV .....	30
4. ESTIMATIVA DE CUSTO.....	30
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	31
5.1. Conclusão .....	31
5.2. Recomendações .....	31
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	32
ANEXO 1: REGISTO DE FRAUDES NA ASC DE KA MAXAQUENE .....	A1.1
ANEXO 2: TABELA DE SELECÇÃO DE TRANSFORMADORES TD .....	A2.7
ANEXO 3: LOGO!POWER 6EP3310-6SB00-0AY0.....	A3.8
ANEXO 4: DIAGRAMA LÓGICO E ESPECIFICAÇÕES DO CD4008BMS .....	A4.9

ANEXO 5: ALU DM74LS181 DA FAIRCHILD SEMICONDUCTOR ..... A5.10

## **LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS**

**A** - Ampere

**A/D** – conversor analógico-digital

**AC/CA** – *alternating current*/corrente alternada

**ANEEL** - Agência Nacional de Energia Elétrica

**DC** – *direct current*/corrente contínua

**EDM** – Electricidade de Moçambique

**Hz** – Hertz

**V** – Volt

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Esquema de um transformador de corrente. (Merlin, 2020).....	6
Figura 2 - Representações esquemáticas usuais para transformadores de corrente. (Ras, 1991).....	7
Figura 3 - TC de núcleo fechado TD. (Circuitur, 2022).....	9
Figura 4 - TC de núcleo fechado MC. (Circuitur, 2022).....	9
Figura 5 - TC de bobinagem primária. (Circuitur, 2022) .....	10
Figura 6 - TC de núcleo partido. (Circuitur, 2022) .....	10
Figura 7 - Princípio de operação do circuito rectificador de onda completa. (SENAI) .....	13
Figura 8 - Circuito do rectificador de onda completa com derivação central. (SENAI) .....	13
Figura 9 - Rectificador de onda completa com ponte de quatro díodos. (SENAI) ....	14
Figura 10 - Filtragem com capacitor. (Netto, 2015) .....	15
Figura 11 - Tensão de saída após a inclusão do capacitor. (Sezen & Gökçen, 2017) .....	15
Figura 12 - Diagrama em blocos de uma fonte de alimentação com tensão de saída regulada. (Wendling M. , 2009) .....	15
Figura 13 - O sinal de entrada e o sinal de saída de um conversor ADC. (Smith, 2022) .....	16
Figura 14 - Diagrama de blocos típico de SAR. (Smith, 2022) .....	17
Figura 15 - Diagrama de blocos típico do Delta-Sigma ADC. (Smith, 2022) .....	18
Figura 16 - Somador completo: (a) símbolo lógico; (b) diagrama de circuito lógico. (HANGAR MMA, s.d.).....	19
Figura 17 - Subtractor: (a) símbolo lógico; (b) diagrama de circuito lógico. (HANGAR MMA, s.d.) .....	20
Figura 18 - Sistema de detecção de fraudes que se pretende desenvolver. (O autor) .....	23
Figura 19 - LOGO!Power 6EP3310-6SB00-0AY0. (Siemens).....	25
Figura 20 - Conversor A/D PCF8591 de 8 bits. (MakerHero, s.d.) .....	28

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Corrente na saída dos conversores D/A em função das entradas digitais. .....	27
Tabela 2 - Estimativa de custo do projecto.....	30

# CAPÍTULO I

## 1. INTRODUÇÃO

Uma vez gerada, a energia precisa ser levada aos utilizadores finais através de uma rede de distribuição confiável, segura e sustentável. Essas redes precisam ter o menor impacto possível sobre o meio ambiente e serem capazes de lidar eficazmente com os problemas ocorridos. (SGS, 2023)

As redes de distribuição asseguram o trânsito de electricidade entre a rede nacional de transporte e os consumidores: a electricidade conduzida em grandes distâncias pela rede de transporte, em muito alta tensão (MAT), é depois entregue à rede de distribuição, que a transforma nas estações de transformação (subestações) para a poder conduzir em distâncias menores em alta, média e baixa tensão (AT, MT e BT) até às instalações dos consumidores. (ERSE, 2023)

A rede de distribuição de energia eléctrica da Electricidade de Moçambique (EDM) é constituída por várias infra-estruturas eléctricas, nomeadamente, linhas de Média e Baixa Tensão, Postos de Transformação (PTs) entre outras. (EDM, 2018)

Na estratégia da EDM 2018-2028, na sua análise SWOT, constam muitas perdas técnicas e não técnicas como uma das suas fraquezas.

Parte das perdas não técnicas devem-se ao consumo clandestino de energia eléctrica. (EDM, 2018)

Portanto, a finalidade deste tema é propor um sistema que irá otimizar a fiscalização da rede secundária de distribuição e auxiliar na detecção de ligações fraudulentas. O local de estudo será o bairro Hulene B, no Distrito Municipal KaMavota, na cidade de Maputo.

O relatório contém 4 capítulos:

- Capítulo I: Contextualização do projecto e a sua localização geográfica;
- Capítulo II: Abordagem teórica; definições dos termos;

- Capítulo III: Abordagem prática, apresentação e dimensionamento do sistema.
- Capítulo IV: Estimativa de custos, conclusão e sugestões.

### **1.1. Problema**

Actualmente, a empresa Electricidade de Moçambique, E.P., concessionária de energia eléctrica no território moçambicano, tem registado perdas no fornecimento de energia aos consumidores. Só no ano de 2022, a empresa perdeu cerca de 5 mil milhões de meticais devido ao roubo de energia eléctrica no país. (EDM, 2022).

Que alternativas existem para reduzir ou eliminar estas perdas?

### **1.2. Justificativa**

A existência destas perdas cria avultados prejuízos financeiros à empresa, o que impede o desenvolvimento e a expansão da rede eléctrica nacional.

O projecto visa o desenvolvimento de um sistema que permita a identificação de zonas com indícios de existência de fraudes.

### **1.3. Objectivos**

#### **1.3.1. Objectivo Geral**

- Desenvolver um sistema auxiliar no combate a fraudes no consumo de energia eléctrica.

#### **1.3.2. Objectivos Específicos**

- Apresentar os fundamentos sobre os tipos de perdas no fornecimento de energia eléctrica;
- Apresentar o diagrama do sistema proposto no tema, bem como a descrição dos elementos que o constituem;
- Dimensionar os elementos 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;
- Pesquisa no local de aplicação do projecto, que consistirá no reconhecimento do território, leitura dos contadores, questionários, etc.
- Recurso a *softwares* que facilitem a simulação e/ou obtenção de informação relevante.

### **1.5. Localização Geográfica**

O local de aplicação do projecto será o bairro Hulene B, no Distrito Municipal KaMavota, na cidade de Maputo.

No que concerne à estrutura orgânica da empresa EDM, a rede de distribuição do bairro Hulene B faz parte da Área de Serviço ao Cliente (ASC) de Ka Maxaquene.

A escolha de Hulene B como objecto de estudo reside no facto de este ser o bairro na ASC de Ka Maxaquene com o maior registo de fraudes, como documentam as inspecções feitas nos meses de Janeiro, Fevereiro e Abril de 2023 (Anexo 1).

## CAPÍTULO II

### 2. ABORDAGEM TEÓRICA

#### 2.1. Perdas Globais de Energia Eléctrica

Segundo (Electrical India, 2018), é um facto que a quantidade de energia gerada nas centrais de produção não condiz com a quantidade de energia distribuída aos consumidores. Alguma percentagem de energia é perdida na rede de distribuição. A diferença entre a energia gerada e a energia distribuída é conhecida como perdas de transmissão e distribuição.

Segundo (D. P. Bernardon, 2007), as perdas globais de energia, em um sistema de distribuição, podem ser encontradas subtraindo a energia fornecida pela subestação, na saída do alimentador, da energia medida dos consumidores atendidos pelo alimentador em questão.

As perdas globais de energia são divididas em: perdas comerciais (não-técnicas) e perdas técnicas. São comerciais aquelas referentes à energia entregue ao consumidor, mas não facturada ou facturada incorretamente. Enquanto as técnicas são inerentes ao processo de distribuição de energia, sendo causadas, em carga, devido à passagem da corrente eléctrica nos diversos elementos que compõem uma rede de distribuição e, em vazio, devido à excitação magnética do núcleo dos transformadores. (POSPELOV & SICH, 1981)

#### 2.2. Perdas Técnicas

Perdas técnicas são causadas pelas propriedades físicas dos próprios componentes dos sistemas eléctricos. É a parcela de energia que é perdida durante o seu transporte, devido às características físicas dos componentes presentes na infraestrutura do sistema eléctrico. O exemplo mais comum é a perda nos condutores do sistema eléctrico, denominada perda Joule, que ocorre devido à resistência eléctrica do condutor e é proporcional ao quadrado da corrente passante. Porém, todos os equipamentos presentes nos sistemas eléctricos apresentam perdas técnicas, que podem ser medidas e estimadas através de cálculos. (Penin, 2008)

### **2.3. Perdas Não-Técnicas (PNT)**

As perdas não técnicas são apuradas pela diferença entre as perdas totais e as perdas técnicas. (ANEEL, 2022)

Segundo (SP Energy Networks, 2021), sendo estas perdas vistas como energia consumida, mas não facturada, é importante diferenciá-las da energia que é facturada, mas não é paga. No caso de perdas não-técnicas, o consumidor final é desconhecido ou a quantidade de energia sendo consumida é incerta.

De acordo com (Penin, 2008), as causas mais comuns das perdas não-técnicas são:

- a) Inexistência de medidores;
- b) Falha ou falta de aferição dos medidores;
- c) Erros na leitura dos medidores ou no facturamento das unidades consumidoras;
- d) Furto de energia;
- e) Fraude no fornecimento ou no sistema de medição de energia.

#### **Fraude e furto de energia eléctrica**

De acordo com (Penin, 2008), temos as seguintes distinções entre furto e fraude de energia:

- O furto é quando a unidade consumidora se liga directamente à rede da distribuidora, sem anuência da concessionária. São as ligações irregulares, clandestinas, concentradas em áreas invadidas ou nos chamados “bairros de lata”.
- A fraude é quando o medidor de energia é adulterado, ou quando é feito um desvio no ramal de entrada, antes do medidor. O consumidor faz o aumento de carga à revelia da concessionária em um circuito clandestino, em muitos casos de modo sofisticado. Outra fraude comum ocorre quando a unidade consumidora regular é cortada, devido, por exemplo à falta de pagamento, e o consumidor faz a religação directa à rede por conta própria.

A seguir, seguem listados alguns dos tipos irregularidades mais encontrados nos processos analisados pela ANEEL (Fuchs & Do Amaral, 2005):

- Ligação directa à rede secundária;
- Desvio no ramal de entrada (antes do medidor);

- Ligações do medidor invertidas;
- Bobina de potencial interrompida;
- Curto circuito nos secundários dos transformadores de corrente;
- Sequência de fases invertida (reactivo);
- Curto-circuito na entrada e saída do medidor.

## 2.4. Transformador de Corrente

### 2.4.1. Conceitos Básicos

Nas instalações eléctricas, existe a necessidade de conectar aparelhos de medida. Frequentemente, as grandezas a serem medidas (ou controladas) são tensões elevadas, correntes fortes, ou ambas circunstâncias em simultâneo. (Ras, 1991)

Por isso, para atender a estas necessidades, surgem os transformadores de medidas.

Nos sistemas de potência, dois tipos de transformadores de finalidade especial são utilizados para realizar medidas. Um deles é o transformador de potencial (TP) e o outro é o transformador de corrente (TC). (Chapman, 2013)

Um diagrama de transformador de corrente típico é apresentado na Figura 1.

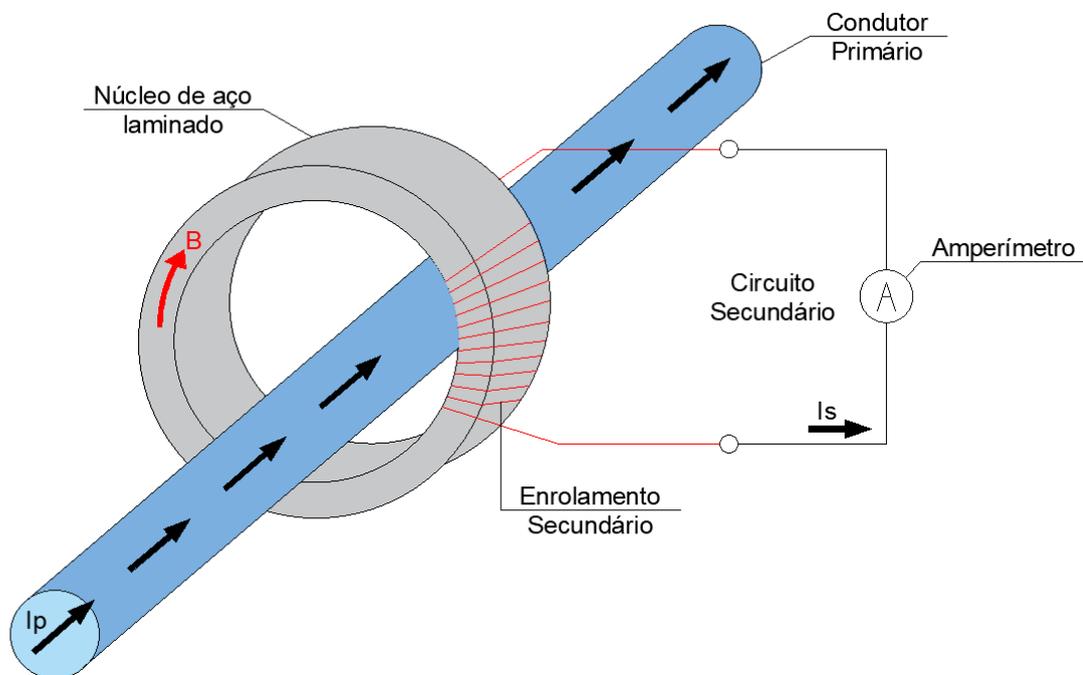


Figura 1 - Esquema de um transformador de corrente. (Merlin, 2020)

Um transformador de corrente toma uma amostra da corrente que flui em uma linha e a reduz a um nível seguro e mensurável. Consiste em um enrolamento secundário enrolado em torno de um anel ferromagnético, com o primário constituído simplesmente pela linha que passa através do centro do anel. O anel ferromagnético retém e concentra uma pequena amostra do fluxo oriundo da linha do primário. A seguir, esse fluxo induz uma tensão e uma corrente no enrolamento secundário. A corrente no secundário do transformador é directamente proporcional à corrente muito maior do primário e, desse modo, o dispositivo poderá fornecer uma amostra exacta de corrente de linha para propósitos de mensuração. (Chapman, 2013)

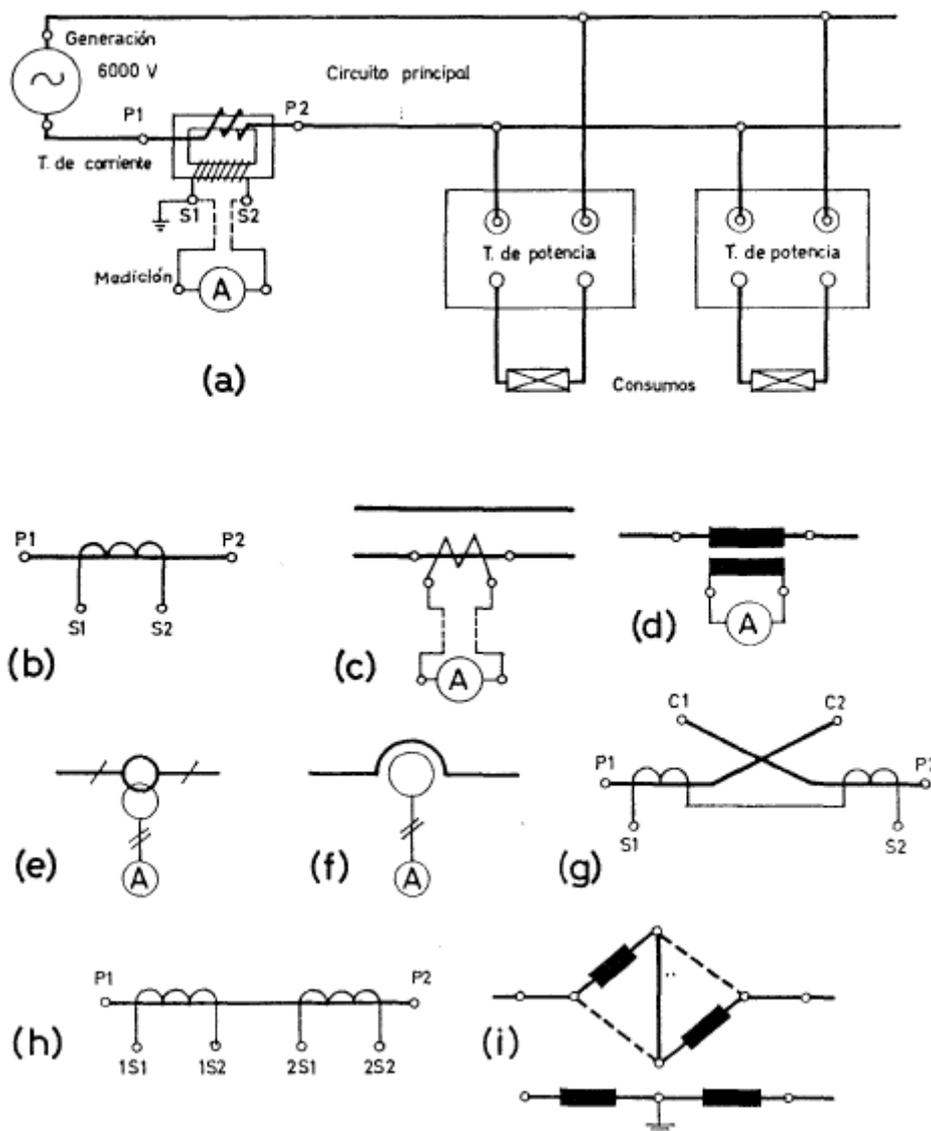


Figura 2 (a), (b), (c), (d), (e), (f), (g), (h) e (i) - Representações esquemáticas usuais para transformadores de corrente. (Ras, 1991)

Em (a) temos um transformador de corrente em funcionamento. Em (b), (c), (d), (e) e (f) temos os símbolos esquemáticos mais frequentemente usados em esquemas eléctricos. Em (g) e (i) temos a representação de transformadores de dupla relação. Em (h), temos um transformador com dois secundários. (Ras, 1991)

#### **2.4.2. Selecção de Transformadores de Corrente**

Segundo (Circutor, 2022), a selecção de transformadores de corrente obedece os seguintes critérios:

##### **A corrente nominal**

A corrente do primário depende do valor da corrente nominal que se irá medir no transformador, concedendo uma margem para que o transformador não trabalhe a 100%.

Assim que tivermos seleccionado a corrente de primário, devemos decidir que corrente de secundário necessitamos. O padrão é utilizar um secundário de  $.../5A$ , mas existem outras opções como  $.../1A$  e  $.../250mA$ . É necessário ter em conta que quanto menor for a corrente de secundário, menores serão as perdas por efeito de Joule.

##### **A classe térmica**

Também é importante conhecer a classe térmica do transformador uma vez que esta nos indica qual é a temperatura máxima à qual pode trabalhar. Portanto, sabendo a temperatura que se gera na nossa instalação, veremos se o transformador nos serve ou não.

##### **As dimensões**

Quanto às características físicas dos transformadores, é necessário ter em conta as suas dimensões, tanto externas como as da janela interior. As dimensões externas são importantes na medida em que este aspecto seja limitador na nossa instalação, uma vez que o espaço onde colocar o transformador pode ser muito estreito e o seu acesso muito complicado.

Sobre as dimensões da janela interior do transformador, é necessário ter em conta o tipo de cablagem que tem de passar pelo seu interior (dimensões e diâmetro), uma vez que isto determina que modelo de transformador acabaremos por escolher.

Quando falamos da instalação onde se colocarão os transformadores, é necessário também uma série de aspectos que nos darão pistas sobre que tipo de transformador é necessário utilizar em cada caso. Em seguida, indicamos-lhe um exemplo de cada caso:

- Para uma instalação já existente ou nova em que se pode realizar uma paragem de fornecimento eléctrico, utilizamos transformadores de núcleo fechado (por exemplo, os modelos TD ou MC).



Figura 3 - TC de núcleo fechado TD. (Circutor, 2022)



Figura 4 - TC de núcleo fechado MC. (Circutor, 2022)

- Naquelas instalações que cumpram os mesmos requisitos que o ponto anterior (ou seja, que seja uma instalação existente ou nova na qual se pode realizar uma paragem do fornecimento), mas que além do mais requerem a medição de correntes muito baixas (5, 10, 20, 30 A) com precisão, os transformadores a utilizar são os de bobinagem primária.



Figura 5 - TC de bobinagem primária. (Circutor, 2022)

- Por último, encontramos-nos com essas instalações já existentes, nas quais não se pode realizar uma paragem do fornecimento. Nestes casos, os transformadores que utilizaremos são os de núcleo partido (mais conhecidos como Split Core).



(a)

(b)

Figura 6 - TC de núcleo partido. (a) Núcleo. (b) Conectores (Circutor, 2022)

Assim que tivermos decidido que tipo de transformador é o mais indicado para a instalação, passamos a um aspecto mais crítico quando se requer de medição com precisão.

Para tal, é chave ter em conta a classe de precisão de que necessitamos.

É importante também conhecer a potência que necessitamos que nos proporcione o transformador, uma vez que, se não for suficiente, o sinal vai chegar-nos com erros.

A potência do transformador, para que seja eficiente, tem de ser superior à soma das perdas do cabo e as dos equipamentos de medição recém-encontrados. Portanto:

$$Perdas_{totais} = Perdas_{cabo} + Perdas_{medição} \quad (1)$$

Para calcular as perdas do cabo:

$$Perdas_{cabo} = R_{condução} \cdot I_{secund.}^2 = \frac{\rho_{condução} \cdot L_{cabo}}{S_{condução}} \cdot I_{secund.}^2 \quad (2)$$

Onde:

$R_{condução}$  = resistência eléctrica do condutor

$I_{secund.}$  = corrente do secundário do transformador

$\rho_{condução}$  = resistividade eléctrica do condutor

$L_{cabo}$  = comprimento do cabo

$S_{condução}$  = secção transversal do condutor

Tendo em conta todos os dados, o passo definitivo é ir à ficha técnica do modelo que decidimos utilizar na instalação e encontrar o transformador específico de que necessitamos.

## 2.5. Circuitos Rectificadores

A energia eléctrica, hoje disponível em grande quantidade graças às extensas redes de distribuição, apresenta-se sob a forma de Corrente Alternada Senoidal, em geral

de 220V ou 110V (valores eficazes) e frequência de 50 ou 60 Hz. Esta pode ser utilizada directamente para accionamento de motores, aquecimento resistivo e iluminação. Outras aplicações requerem corrente contínua como, por exemplo, os processos electrolíticos industriais, o accionamento de motores de alto conjugado de partida (utilizados em tracção eléctrica e controlos industriais), carregadores de bateria e a alimentação de praticamente todos os circuitos electrónicos. (Furlan, 2021)

A obtenção de corrente contínua, a partir da corrente alternada disponível, é indispensável nos equipamentos electrónicos. Estes, invariavelmente, possuem um ou mais circuitos chamados Fontes de Alimentação ou Fontes de Tensão, destinados a fornecer as polarizações necessárias ao funcionamento dos dispositivos electrónicos. Aos circuitos ou sistemas destinados a transformar corrente alternada em contínua damos o nome genérico de Conversores CA - CC (ou em inglês, AC– DC, *alternating current – direct current*). (Furlan, 2021)

Para obtenção de corrente contínua em escala industrial (acima de dezenas de quilowatts), utilizam-se conversores constituídos de grupos motor-gerador em que o motor de corrente alternada é accionado pela rede e move um gerador de corrente contínua. (Furlan, 2021)

Para obtenção de corrente contínua em pequena escala, como na alimentação de equipamentos electrónicos a conversão se faz por meio dos circuitos rectificadores, que em muitos casos começam a substituir os conversores electromecânicos (motor-gerador) até para elevadas potências, devido ao alto rendimento que apresentam. (Furlan, 2021)

- (a) *A rectificação de onda completa é um processo de transformação de CA em CC, que permite o aproveitamento dos dois semi-ciclos da tensão de alimentação da carga, conforme ilustrado na*  
(b) (c)

Figura 7. (SENAI)

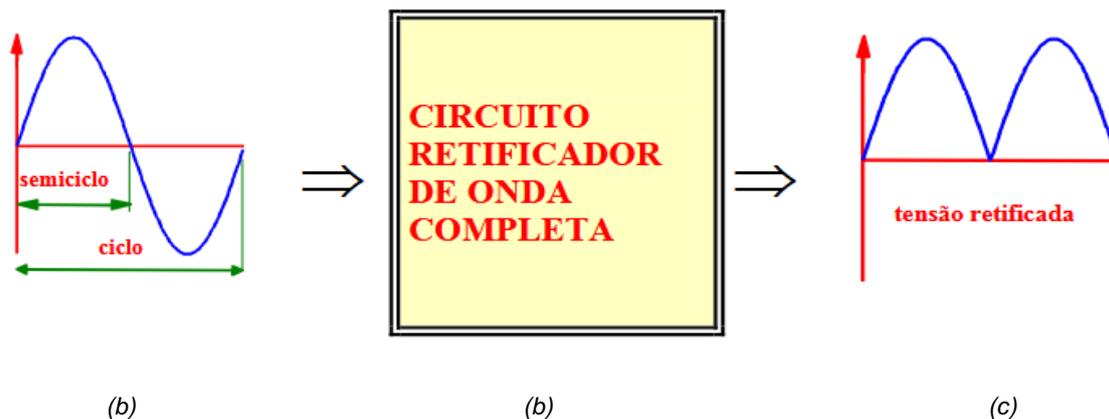


Figura 7 - Princípio de operação do circuito retificador de onda completa. (a) Onda de tensão alternada. (b) Retificador de onda completa. (c) Onda de tensão retificada. (SENAI)

O circuito retificador de onda completa é o mais empregado nos equipamentos electrónicos, pois permite obter um melhor aproveitamento da energia disponível na entrada do circuito. (SENAI)

A rectificação de onda completa pode ser realizada com o emprego de um transformador com derivação central e dois díodos semicondutores ou alternativamente, pelo uso de uma ponte de quatro díodos. (SENAI)

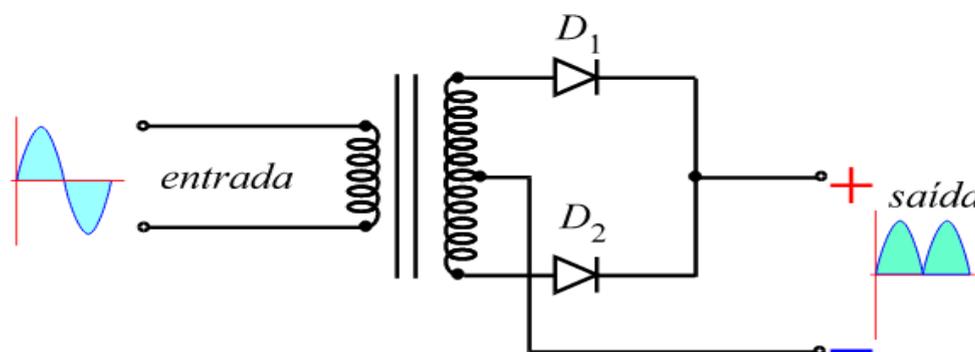


Figura 8 - Circuito do retificador de onda completa com derivação central. (SENAI)

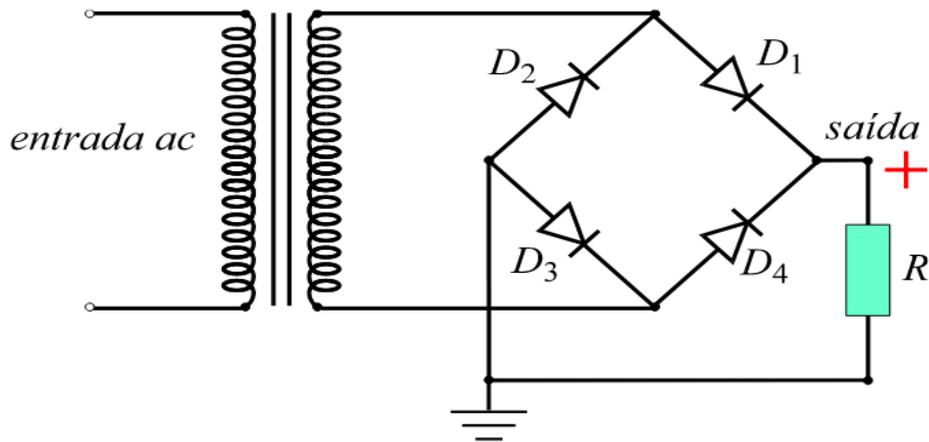


Figura 9 - Rectificador de onda completa com ponte de quatro díodos. (SENAI)

Segundo (Pró Euro, s.d.), estes são os factores técnicos que norteiam a escolha de uma ponte rectificadora:

- Se é uma ponte controlada ou não controlada;
- Qual é o número de fases do dispositivo;
- Qual é a tensão da peça.

## 2.6. Filtros

Segundo (Baraldi, De Oliveira, & Do Nascimento, 2015), o rectificador é um circuito com díodos que converte a tensão alternada em tensão em contínua. Embora contínua, a tensão produzida pelo rectificador de meia onda ou onda completa ainda tem um nível elevado de ondulação (*ripple*), que pode ser minimizado pela acção de um filtro capacitivo colocado em paralelo com a carga, estabilizando a tensão. A eliminação da ondulação somente é possível com o uso de reguladores de tensão, porém para um grande número de aplicações, a acção do capacitor já é satisfatória.

Conforme (Braga, s.d.), os capacitores são formados por dois conjuntos de armaduras condutoras separadas por um material isolante, denominado dieléctrico. Quando aplicamos uma tensão a um capacitor, as armaduras se carregam com cargas de sinais contrários. A presença do material isolante impede que qualquer corrente circule entre as armaduras e com isso as cargas se esgotem.

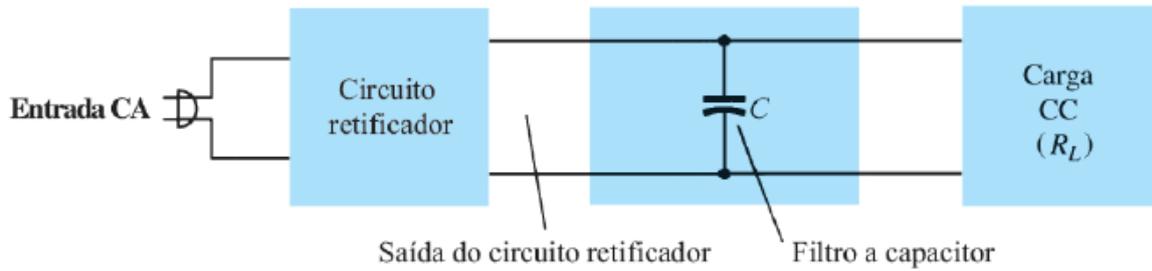


Figura 10 - Filtragem com capacitor. (Netto, 2015)

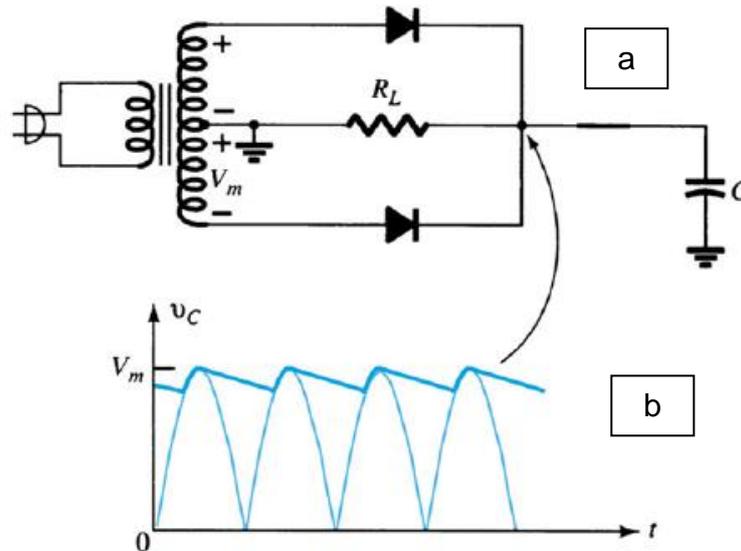


Figura 11 – (a) Circuito de filtragem. (b) Tensão de saída após a inclusão do capacitor. (Sezen & Gökçen, 2017)

## 2.7. Regulador de Tensão

Reguladores de tensão são dispositivos que geram uma tensão de saída constante, independentemente das mudanças em sua tensão de entrada ou no consumo de corrente da carga alimentada, desde que o consumo esteja dentro dos limites ideais e que o circuito seja bem projectado. (Silva O. , 2021)

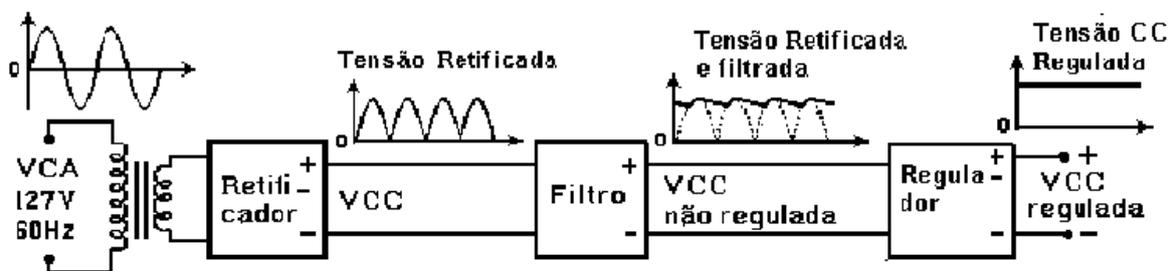


Figura 12 - Diagrama em blocos de uma fonte de alimentação com tensão de saída regulada. (Wendling M. , 2009)

De acordo com (Wendling M. , 2009), os reguladores de tensão podem ser implementados com componentes discretos ou podem ser obtidos na forma de circuito integrado. Os reguladores de tensão na forma de CI são mais precisos e tornam o circuito mais compacto, pois ocupam menor espaço.

Tem-se vários tipos de reguladores de tensão, dentre os quais podemos citar os CIs da série 78XX para tensão positiva e os da série 79XX para tensão negativa.

## 2.8. Conversor Analógico-Digital

O conversor analógico-digital e também muito conhecido como A/D ou ADC é um dispositivo capaz de reproduzir uma representação digital a partir de um processo analógico, normalmente um sinal por um nível de tensão ou intensidade de corrente eléctrica. (Dos Santos, s.d.)

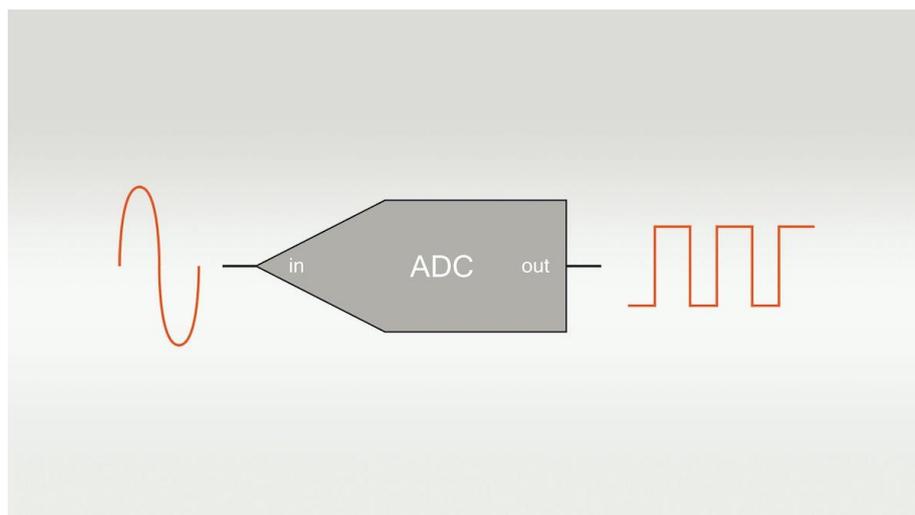


Figura 13 - O sinal de entrada e o sinal de saída de um conversor ADC. (Smith, 2022)

De um modo geral os conversores A/D podem ser divididos em alguns tipos, conforme as suas características fundamentais de conversão:

- Paralelo – flash;
- Aproximações sucessivas;
- Tipo Contador;
- Integrador simples e dupla rampa;
- Redistribuição de carga;
- Delta-sigma.

De acordo com (Smith, 2022), no mundo moderno dos *data acquisition systems* (também conhecido como sistemas DAQ ou DAS), os conversores A/D resumem-se a estes dois:

- Aproximações sucessivas (ADCs SAR) e
- Delta-sigma ( $\Delta\Sigma$ ).

### 2.8.1. ADCs por Aproximação Sucessiva (SAR)

Esta técnica de conversão consiste numa comparação da tensão de entrada com uma tensão gerada pelo DAC resultante de um código binário do Registo de Aproximações Sucessivas – RAS (que faz parte do bloco de controle). (De Lima)

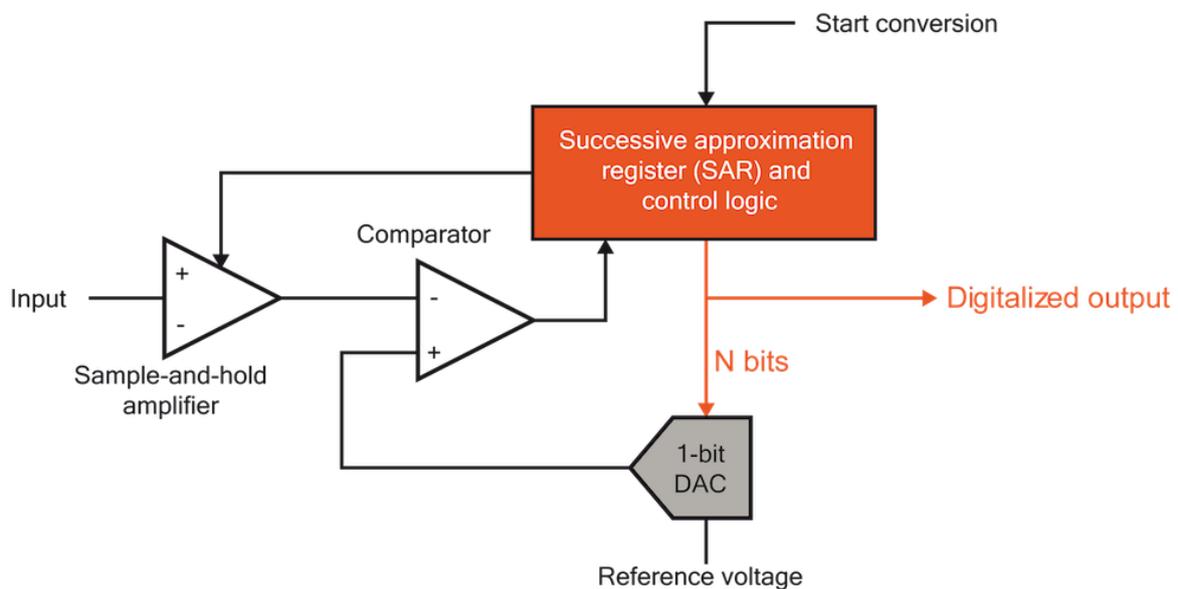


Figura 14 - Diagrama de blocos típico de SAR. (Smith, 2022)

Quando se inicia uma conversão o *bit* mais significativo (MSB) do RAS é colocado a 1 (1/2 do valor fim-de-escala do DAC). A tensão então gerada pelo DAC é comparada com a tensão de entrada. Se a entrada apresenta um valor superior então o MSB é mantido a 1 e é também colocado a 1 o *bit* seguinte (1/4 do valor fim-de-escala) sendo feito um novo teste com este *bit*. Se a entrada é inferior então o MSB é colocado a 0 e o bit seguinte é testado. Este processo é repetido até terem sido encontrados todos os *bits*. (De Lima)

## 2.8.2. ADCs Delta-sigma ( $\Delta\Sigma$ )

Um novo projecto de ADC é o delta-sigma ADC, que aproveita a tecnologia DSP para melhorar a resolução do eixo de amplitude e reduzir o ruído de quantização de alta frequência inerente aos projectos SAR. (Smith, 2022)

O design complexo e poderoso dos ADCs delta-sigma os torna ideais para aplicações dinâmicas que requerem a maior resolução possível do eixo de amplitude. É por isso que eles são comumente encontrados em áudio, som e vibração e em uma ampla variedade de aplicações de aquisição de dados de última geração. (Smith, 2022)

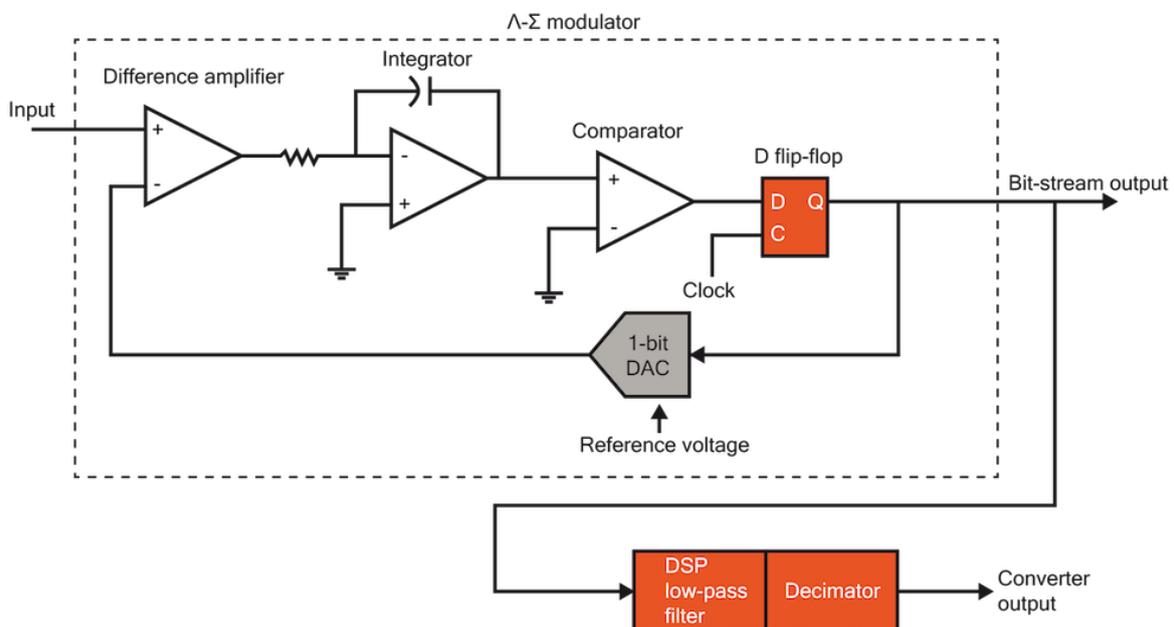


Figura 15 - Diagrama de blocos típico do Delta-Sigma ADC. (Smith, 2022)

## 2.9. Somadores e Subtractores

Os circuitos somadores e substractores são usados para realizar cálculos básicos em sistemas digitais.

Os somadores, como sugerem seu nome, somam dígitos binários. Como os números binários são compostos de apenas dois dígitos, 1 e 0, quase sempre é necessário transferir um dígito para a próxima coluna de maior ordem durante a soma. Por exemplo, em números binários,  $1 + 1 = 10$ ; dois dígitos isolados são somados para formar um resultado de dois dígitos. (HANGAR MMA, s.d.)

Os circuitos meio somadores são capazes de adicionar dois dígitos binários, mas não podem transferir um dígito para a próxima coluna de maior ordem. (HANGAR MMA, s.d.)

Um meio somador, ou *half-adder*, é um circuito combinatório com 2 entradas e 2 saídas, todas de 1 *bit*, que se comporta como um somador de 2 operandos, onde uma das saídas é o resultado da soma e a outra é o sinal de “vai-um” de saída (*carry out*). (de la Vega, 2022)

Os circuitos somadores completos usam uma combinação de dois meio somadores para transferir quaisquer dígitos necessários para a próxima coluna. (HANGAR MMA, s.d.)

Um somador completo, ou *full-adder*, é um circuito combinatório com 3 entradas e 2 saídas, todas de 1 *bit*, que se comporta como um somador de 2 operandos, onde uma das entradas é sinal de “vai-um” de entrada (*carry in*), enquanto uma das saídas é o resultado da soma e a outra é o sinal de “vai-um” de saída (*carry out*). (de la Vega, 2022)

A figura abaixo mostra o símbolo e o diagrama lógico de um somador completo.

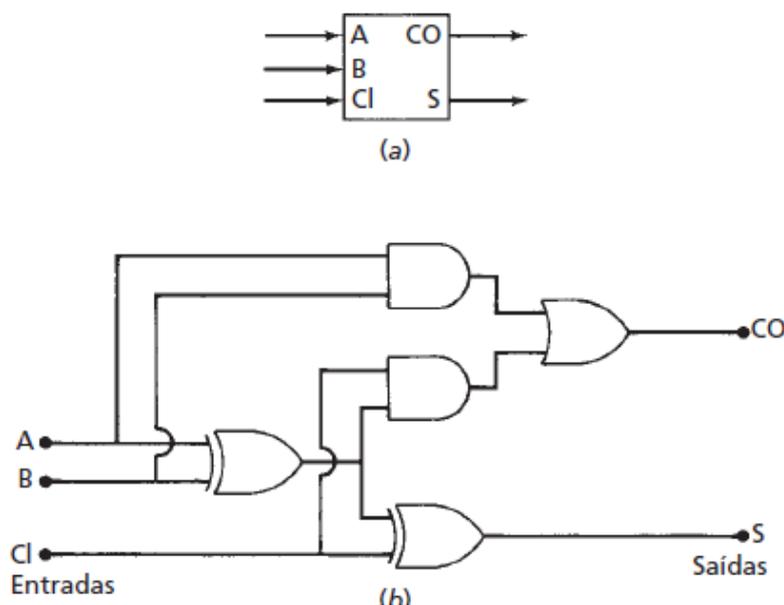


Figura 16 - Somador completo: (a) símbolo lógico; (b) diagrama de circuito lógico. (HANGAR MMA, s.d.)

Os pontos A, B e CI são entradas nos circuitos lógicos.

A e B são os dois *bits* a serem somados; CI é o dígito a ser transferido da coluna de menor ordem adjacente (se aplicável).

As saídas do somador completo são CO e S; S representa a soma dos dígitos somados e CO é o bit a ser transferido para a próxima coluna de maior ordem.

Cada somador completo é capaz de somar apenas dois dígitos binários e um dígito transferido; logo, um somador completo deve ser usado para cada dois dígitos a serem somados em qualquer cálculo binário. Um circuito integrado (CI) típico usado para somar dígitos binários contém diversos subcircuitos de somadores completos, dando ao CI a capacidade de somar vários dígitos binários. (HANGAR MMA, s.d.)

Um subtrator completo, ou *full-subtractor*, é um circuito combinatório com 3 entradas e 2 saídas, todas de 1 *bit*, que se comporta como um subtrator de 2 operandos, onde uma das entradas é sinal de “veio-um” de entrada (*borrow in*), enquanto uma das saídas é o resultado da subtração e a outra é o sinal de “veio-um” de saída (*borrow out*).

A figura abaixo mostra o símbolo e o diagrama lógico de um subtrator completo.

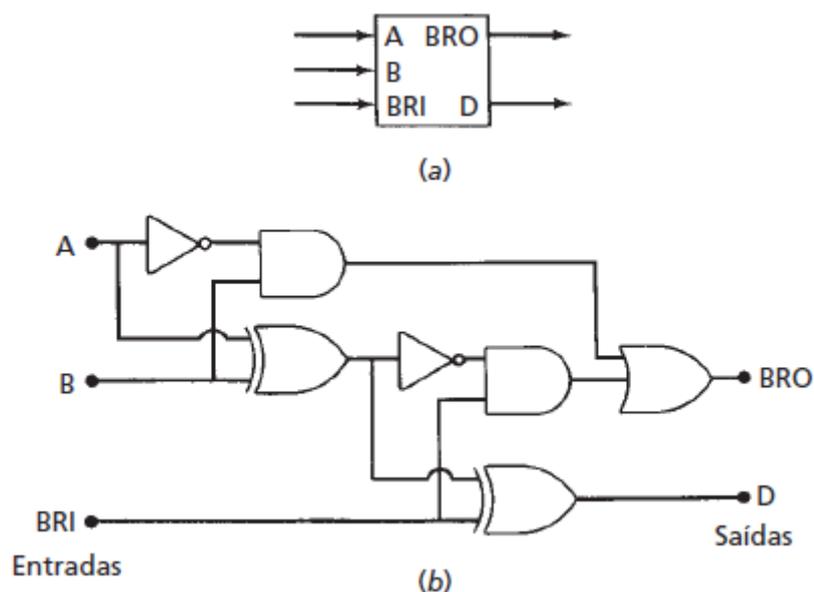


Figura 17 - Subtrator: (a) símbolo lógico; (b) diagrama de circuito lógico. (HANGAR MMA, s.d.)

As entradas de um subtrator são A, B e BRI; A e B são os dígitos para a subtração e BRI é o dígito emprestado da subtração na coluna de menor ordem adjacente (se aplicável).

As saídas são D, que é a diferença entre os dígitos na subtração, e BRO, o dígito emprestado da coluna de maior ordem adjacente (se aplicável).

## **2.10. Unidades Terminais Remotas**

Uma unidade terminal remota (RTU) é um dispositivo multiuso utilizado para o monitoramento e controle remoto de vários dispositivos e sistemas. Normalmente consiste de um microprocessador, memória, interfaces de entrada/saída (I/O) e uma interface de comunicação. As UTRs são utilizadas numa variedade de aplicações, incluindo centrais eléctricas, instalações de tratamento de água e águas residuais, oleodutos e gasodutos, e sistemas de automação de edifícios. (Lanny, s.d.)

As UTRs podem ser usadas para monitorar e controlar uma grande variedade de dispositivos e sistemas, incluindo bombas, motores, válvulas, sensores e outros equipamentos. Também podem ser usadas para recolher dados destes dispositivos e sistemas para monitorização e análise remota. Em alguns casos, as UTRs podem ser configuradas para agir automaticamente em resposta a determinadas condições, tais como uma queda de energia ou uma fuga na tubagem. (Lanny, s.d.)

A solução da ABB para os requisitos de diferentes aplicações é o sistema de Unidade de Terminal Remota RTU560. (ABB, 2006)

Segundo a (ABB, 2006), a integração de diversas demandas de comunicações de uma forma altamente flexível e com custo optimizado é um recurso central do Conceito RTU560. Será esta a solução para o problema a ser apresentado no Capítulo III.

A RTU560 utiliza a mesma plataforma de *hardware* e *software* para fornecer funções específicas para diferentes aplicações em todos os Sectores de Serviços de Concessionárias. Como todas as aplicações são baseadas na mesma família de produtos é sempre possível uma actualização futura para uma aplicação diferente. (ABB, 2006)

A RTU560 pode ser adaptada para as aplicações de estação mais restritas, porém de modo geral, as funcionalidades da RTU são agrupadas nas seguintes aplicações (ABB, 2006):

- Controle Remoto;
- *Gateway* de Comunicação;
- Automação de Estação.

A RTU560 com suas capacidades de comunicação altamente sofisticadas também podem ser utilizadas como *gateway* de comunicação. Um *gateway* essencialmente troca um protocolo de comunicação para outro. (ABB, 2006)

Segundo (ABB, 2006), a RTU560 quando estiver operando como *gateway* pode converter protocolos de estação para protocolos de rede e vice-versa. A mudança de funções de comunicação centralizadas para nível de estação utiliza a banda larga disponível de forma mais eficiente e, ao mesmo tempo, reduz as linhas de comunicação necessárias.

## CAPÍTULO III

### 3. ABORDAGEM PRÁTICA

#### 3.1. Apresentação da Proposta para o Sistema

Pretende-se dimensionar um sistema auxiliar na detecção de fraudes de energia eléctrica, dando a localização do poste de energia em que se realiza a baixada do consumidor fraudulento. Este sistema, irá subtrair a energia fornecida aos consumidores pela energia realmente contabilizada pelos contadores destes, tomando uma acção em função do resultado obtido.

A figura a seguir apresenta o diagrama do sistema proposto.

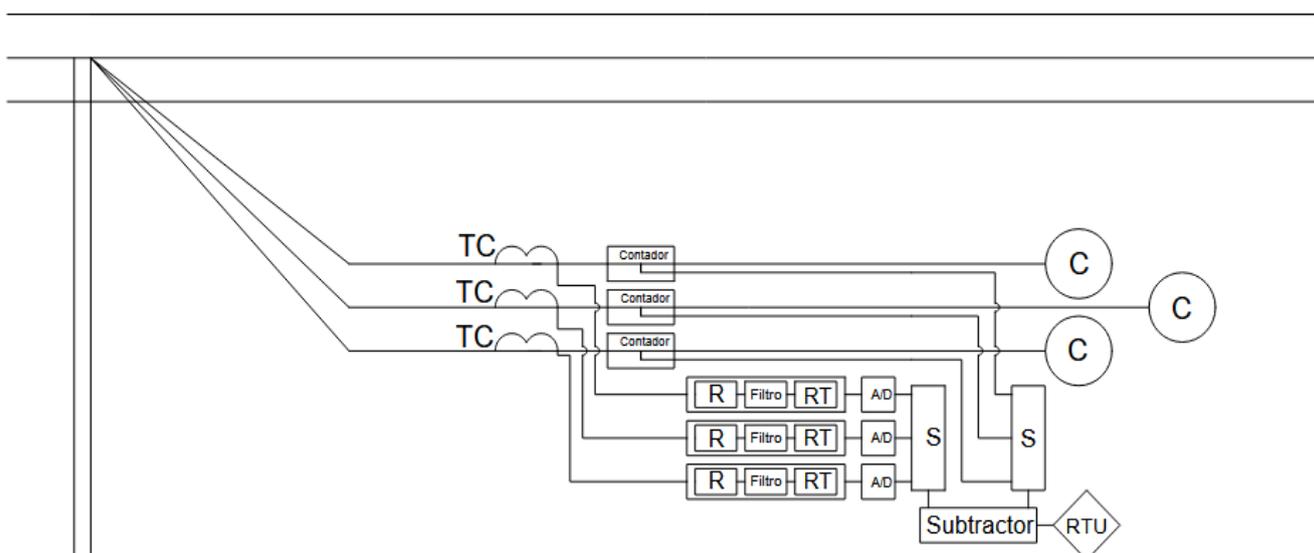


Figura 18 - Sistema de detecção de fraudes que se pretende desenvolver. (O autor)

Onde:

TC – Transformador de Corrente;

R – Rectificador;

RT – Regulador de Tensão;

A/D – Conversor Analógico-Digital;

S – Somador;

C – Consumidor;

### **3.2. Funcionamento do Sistema**

Em cada baixada, instalar-se-á transformadores de corrente na entrada dos medidores (contadores) de energia eléctrica. Estes TCs reduzirão a intensidade da corrente, obtendo assim no secundário uma onda de menor amplitude.

Depois de ter-se a corrente com menor amplitude, esta por sua vez vai passar por um processo de conversão de CA para CC através do circuito rectificador R de onda completa.

A onda rectificada passa depois por uma filtragem por meio de um capacitor que se encontra conectado em paralelo com os terminais de saída do rectificador. Essa filtragem irá reduzir a ondulação da corrente na entrada do regulador de tensão.

O regulador de tensão RT, irá de seguida estabilizar a onda de tensão na sua saída, e, conseqüentemente, a onda de corrente.

Tendo já um valor estável, este sinal será introduzido num conversor A/D, e o seu valor digital correspondente será processado num circuito digital, que neste caso são os somadores e o subtrator.

O somador S conectado aos conversores A/D irá calcular o somatório das correntes fornecidas aos consumidores ligados ao poste de energia.

O somador S conectado directamente aos contadores, irá calcular o somatório das correntes lidas por estes.

O subtrator calculará a diferença entre o valor das correntes dos dois somadores e enviará o sinal para a RTU.

### **3.3. Especificação dos Componentes do Sistema**

#### **3.3.1. Transformadores de Corrente**

Como visto em 2.4.2, por se tratar de uma instalação já existente em que se pode realizar uma paragem de fornecimento eléctrico, utilizaremos transformadores de núcleo fechado TD.

A corrente nominal do primário irá variar em função da carga de cada baixada. Por exemplo, para uma corrente primária de 130 A, o transformador a ser escolhido deve ter uma corrente nominal de 150 A (vide Anexo 2), obedecendo ao critério da margem para que o dispositivo não trabalhe a 100%.

No secundário, temos a corrente pretende-se obter uma corrente de 250 mA.

### **3.3.2. LOGO!Power**

Uma solução encontrada que substitui o rectificador, o filtro e o regulador de tensão é a fonte de alimentação *LOGO!Power* da Siemens. Possui uma funcionalidade abrangente com instalação flexível, monitoramento de corrente e alta eficiência de energia que permite o uso universal em aplicações com 5 V, 12 V, 15 V e 24 V.

Para o presente projecto, pode ser usado o 6EP3310-6SB00-0AY0, que funciona com uma tensão de entrada de 100-240 V AC e fornece à saída uma tensão de 5 V DC e uma corrente de 3 A. As suas especificações podem ser encontradas no Anexo 3.



*Figura 19 - LOGO!Power 6EP3310-6SB00-0AY0. (Siemens)*

### 3.3.3. Conversor Analógico-Digital

À saída da fonte de alimentação aplicada no ponto anterior, o sinal será introduzido num conversor A/D, e o seu valor digital correspondente será processado num circuito digital.

O conversor A/D estará em Modo Corrente, pois a corrente é a grandeza que se pretende converter para um código binário. Usando um conversor de 4 bits e assumindo um valor de fundo de escala de 1A (que é a corrente de saída máxima dos CI 78xx), ter-se-á a seguinte resolução:

$$k = \frac{I_{ref}}{2^N - 1} = \frac{1}{2^4 - 1} = \frac{1}{15} = 0,0667A$$

(3)

Onde:

k – Resolução, em A;

I<sub>ref</sub> – Corrente de referência ou de fundo de escala, em A;

N – Número de bits do conversor A/D.

Portanto, a cada aumento de uma unidade no valor digital que entra no conversor D/A, verifica-se um aumento de 0,0667A no valor de saída deste conversor.

A corrente na saída dos DAC (que fazem parte do circuito ADC) é calculada da seguinte maneira:

$$I_o = k \times Dig_{IN}$$

(4)

Onde:

I<sub>o</sub> – Corrente na saída dos conversores D/A, em A;

Dig<sub>IN</sub> – Entrada digital dos conversores D/A convertida em sistema de numeração decimal.

Sendo assim, podemos construir uma tabela ilustrando o valor da corrente na saída dos conversores D/A em função das entradas digitais:

Tabela 1 - Corrente na saída dos conversores D/A em função das entradas digitais.

<b>ABCD</b>	<b>Dig<sub>IN</sub></b>	<b>I<sub>o</sub> (A)</b>
0000	0	0
0001	1	0,0667
0010	2	0,1333
0011	3	0,2
0100	4	0,2667
0101	5	0,3333
0110	6	0,4
0111	7	0,4667
1000	8	0,5333
1001	9	0,6
1010	10	0,6667
1011	11	0,7333
1100	12	0,8
1101	13	0,8667
1110	14	0,9333
1111	15	1

Segundo a técnica de aproximação sucessiva, os valores digitais que encontrar-se-ão serão exactamente correspondentes ao valor da corrente na entrada (caso a corrente na entrada seja igual a um dos valores listados na tabela acima), ou, serão correspondentes aos menores valores mais próximos dos reais (nunca serão maiores que os reais). Por exemplo, se na entrada tiver 0,72A o conversor A/D dará o código 1010 (correspondente a 0,6667A) na saída.

O conversor de 4 bits só foi considerado como um exemplo para mostrar como acontece o processo de conversão analógico-digital, mas para este projecto em particular, usar-se-á o Módulo Conversor A/D com Sensor de Luz e Temperatura, de 8 bits. Um exemplo de cálculo com este conversor seria algo complexo pois teria de se construir uma tabela de  $2^8$  (256) linhas, por isso, fez-se a exibição da base de cálculos com um conversor de 4 bits.

A vantagem de usar um conversor de maior número de bits reside no facto de este apresentar melhor resolução. O módulo a ser usado é equipado por um chip PCF8591 e é um conversor analógico-digital e digital-analógico de 8 bits. Isso significa que cada pino poderá apresentar uma leitura num valor entre 0 e 255 (256 valores). Junto ao conversor, há também um sensor de luz (LDR) e um sensor de temperatura (termístor). O módulo conta com 4 entradas analógicas e 1 saída digital.



Figura 20 - Conversor A/D PCF8591 de 8 bits. (MakerHero, s.d.)

### 3.3.4. Somadores e Subtractor

Tendo as correntes codificadas em sinais digitais, somar-se-ão as correntes de todas as baixadas ligadas a um poste em um bloco somador digital. Somar-se-ão também em um outro bloco somador digital as correntes medidas pelos contadores de cada baixada e, de seguida os valores nas saídas destes blocos somadores serão as entradas de um subtractor. O número de somadores por cada bloco vai depender do número de baixadas em cada poste.

Por questões de facilidade de manuseio, recomenda-se um número máximo de 6 baixadas por poste.

Portanto, se considerarmos 6 baixadas, devemos ter 5 somadores completos de 4 *bits* em cada um dos dois blocos.

Os somadores a serem aplicados serão os CD4008BMS da Intersil.

O subtrator será apenas 1. Para este fim, servirá a unidade lógica aritmética (ALU) DM74LS181 da Fairchild Semiconductor.

### **3.3.5. Unidade Terminal Remota**

O valor da diferença será enviado à RTU560 que se comunicará com a concessionária (em particular, a Área de Serviço ao Cliente) através de uma tecnologia *wireless*. Dentre as tecnologias *wireless* disponíveis, a comunicação será feita pela tecnologia *Wireless Neighborhood Area Networks* (WNAN), pois essa é a que apresenta um alcance considerável para a aplicação em causa (entre, aproximadamente, 5 e 10 quilómetros) que usam o novo protocolo de Internet IPv6, de acordo com (Varandas, 2019).

O ideal para a saída do subtrator é o valor 0. Porém, devido às perdas técnicas assim como à não-exactidão dos conversores A/D, muitas vezes este valor será diferente de 0 (porém aproximado). Mas, se o valor for muito maior que 0, pode-se concluir que haja existência de fraudes de energia e os medidores não estejam a efectuar a leitura real da corrente consumida. Então a partir duma certa percentagem de diferença, o programador definirá que o sistema detecte o sinal como indicador de fraude, permitindo uma sinalização à concessionária pela comunicação estabelecida com a RTU560, de modo que se possa, de imediato, enviar uma equipe de fiscalização ao lugar de onde se recebe o sinal.

## CAPÍTULO IV

### 4. ESTIMATIVA DE CUSTO

A estimativa de custo do projecto será feita considerando 6 baixadas por poste.

Tabela 2 - Estimativa de custo do projecto.

Item	Designação	Unidade	Quantidade	Preço Unitário (Mt)	Preço Total (Mt)
1	Transformador de corrente TD	1	6	1.764,66	10.587,96
2	Fonte de alimentação DC 6EP3310-6SB00-0AY0	1	6	5.985,57	35.913,42
3	Módulo Conversor A/D e D/A - 8 Bits - PCF8591	1	6	277,26	1.663,56
4	Circuito integrado somador	2	2	67,40	134,80
5	Unidade Lógica Aritmética	1	1	439,59	439,59
				<b>TOTAL</b>	<b>48.739,33</b>

O bairro de Hulene B possui 390 postes de distribuição de energia eléctrica para 2480 casas ligadas à rede, 5 escolas, 6 farmácias, 1 centro comercial, 1 centro infantil e 7 lojas simples.

Se considerarmos este projecto por poste, teremos  $390 \times 48.739,33$  Mt, o que nos dá um total de 19.008.338,7 Mt (dezanove milhões, oito mil trezentos e trinta e oito meticais e sete cêntimos).

É de salientar que isto é apenas uma estimativa, pois boa parte dos componentes serão adquiridos fora do território nacional e não se teve em conta os valores de frete e de direitos aduaneiros na aquisição.

## **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

### **5.1. Conclusão**

O sistema proposto permite de certa forma uma monitorização da rede secundária em tempo real e optimiza actividade das inspecções, já que de momento elas são feitas de forma aleatória, o que nem sempre se revela eficaz e acarreta custos, uma vez que nem sempre uma inspecção culmina na detecção de uma fraude.

Esta solução limita bastante a área na qual se realizará a inspecção, o que irá permitir detectar um maior número de irregularidades em muito menos tempo e reduzir em grande escala as perdas comerciais para a empresa.

Findo o projecto, pode-se depreender a complexidade das soluções para o combate às perdas comerciais, sobretudo as relacionadas a fraudes.

O projecto não apresenta uma solução final por não ser homogénea, isto é, em cada poste onde será implementada, diferentes valores de carga e diferentes tipos de instalação poderão ser encontrados nas baixadas. Portanto, a especificação dos elementos do sistema deverá ser particular.

### **5.2. Recomendações**

Atendendo a constante evolução da tecnologia, recomenda-se para estudos futuros, entre os vários que podem contribuir para a construção do conhecimento sobre o tema, um aprofundamento no uso de *software* para leitura remota dos contadores de consumo de energia dos clientes, o que irá aumentar o controle sobre o uso de energia nas redes de distribuição.

Recomenda-se também que projectos deste cariz estejam acompanhados de um constante melhoramento da rede de distribuição, de forma a se combater de forma mais abrangente as perdas no geral (perdas globais).

Soluções socio-económicas também devem ser tidas em conta, como aplicação de tarifas de baixa renda para consumidores carenciados, campanhas educativas e programas de eficiência energética.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABB. (2006). *Unidade Terminal Remota: Para Operação de Sistema de Potência RTU560*. Guarulhos, São Paulo, Brasil: ABB Ltda. Obtido de [www.abb.com.br](http://www.abb.com.br)
2. ANEEL. (11 de Março de 2022). *Perdas de Energia*. Obtido de Agência Nacional de Energia Elétrica: <https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/distribuicao/perdas-de-energia>
3. Baraldi, A., De Oliveira, M., & Do Nascimento, R. (2015). *Circuitos Retificadores e Filtro Capacitivo*.
4. Braga, N. (s.d.). Obtido em 15 de Abril de 2023, de Instituto Newton C. Braga: <https://www.newtoncbraga.com.br/index.php/electronica/52-artigos-diversos/1499-art221ap>
5. Chapman, S. (2013). *Fundamentos de Máquinas Eléctricas* (5ª ed.). (A. Laschuk, Trad.) Porto Alegre, Rio Grande do Sul: AMGH Editora Ltda.
6. Circutor. (12 de Julho de 2022). Obtido de Circutor: <https://circutor.com/pt-pt/artigos/como-selecionar-um-transformador-de-corrente/>
7. D. P. Bernardon, L. C. (2007). Perdas Técnicas e Comerciais de Energia Elétrica em Sistemas de Distribuição. *Conferência Brasileira sobre Qualidade da Energia Elétrica*, (p. 6). Santos.
8. Da Silva, J., & Tavares, V. (2005/06). *Conversores Analógico/Digital e Digital/Analógico*.
9. de la Vega, A. (2022). *Apostila de Teoria para Circuitos Digitais* (Versão A2022M12D16 ed.). Niterói: Universidade Federal Fluminense.
10. De Lima, M. (s.d.). *Conversão Digital Analógico e Analógico Digital*.
11. Dos Santos, D. (s.d.). *Eletrônica*. Obtido em 5 de Maio de 2023, de InfoEscola: <https://www.infoescola.com/electronica/conversor-analogico-digital/>
12. EDM. (2018). *Electricidade de Moçambique, E.P.* Obtido de <https://www.edm.co.mz/pt/website/page/distribuicao>
13. EDM. (2018). *Estratégia da EDM 2018 - 2028*.

14. EDM. (21 de Dezembro de 2022). Obtido de Electricidade de Moçambique, E.P.: <https://www.edm.co.mz/pt/website-mobile/article/not%C3%ADcia/edm-premeia-melhores-mat%C3%A9rias-sobre-%E2%80%9Cvandaliza%C3%A7%C3%A3o-de-infra-estruturas>
15. Electrical India. (5 de Janeiro de 2018). *Power*. Obtido de Electrical India: <https://www.electricalindia.in/losses-in-distribution-transmission-lines/#>
16. ERSE. (2023). *Eletricidade*. Obtido de Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos: <https://www.erse.pt/eletricidade/funcionamento/distribuicao/>
17. Fuchs, C. I., & Do Amaral, T. L. (2005). Tratamento de Irregularidades na Medição no Âmbito Administrativo. V *CIERTEC - Seminário Internacional sobre Gestão de Perdas, Eficientização e Proteção da Receita no Setor Elétrico* (p. 17). Maceió: Agência Nacional de Energia Elétrica.
18. Furlan, R. (16 de Novembro de 2021). *Retificadores*. Obtido de [http://www.lsi.usp.br/~roseli/www/psi2307\\_2004-Teoria-1-Retif.pdf](http://www.lsi.usp.br/~roseli/www/psi2307_2004-Teoria-1-Retif.pdf)
19. HANGAR MMA. (s.d.). Obtido em 2 de Maio de 2023, de <https://hangarmma.com.br/glossary/glossary-categories/somadores-e-subtratores/>
20. Lanny. (s.d.). Obtido em 20 de Maio de 2023, de Definirtec: <https://definirtec.com/unidade-terminal-remota-rtu-2/>
21. MakerHero. (s.d.). Obtido em 20 de Maio de 2023, de <https://www.makehero.com/produto/modulo-conversor-a-d-com-sensor-de-luz-e-temperatura/>
22. Mattede, H. (s.d.). *Conceitos de Eletricidade*. Obtido em 12 de Abril de 2023, de Mundo da Elétrica: <https://www.mundodaeletrica.com.br/transformador-de-corrente-tc/>
23. Merlin, V. (11 de Maio de 2020). Obtido de Medição de Energia: <https://medicaodeenergia.com.br/transformadores-de-correntes-conceitos-preliminares-2/>
24. Netto, U. (23 de Setembro de 2015). *Retificadores Monofásicos com Filtro Capacitivo*. (U. C. Netto, Ed.) Curitiba, Paraná, Brasil.

25. Penin, C. A. (2008). *Combate, Prevenção e Otimização das Perdas Comerciais de Energia Elétrica*. São Paulo.
26. POSPELOV, G., & SICH, N. (1981). *Perdas de Potência e de Energia em Redes Elétricas*. Moscovo: Energoatomizdat.
27. Pró Euro. (s.d.). Obtido em 14 de Maio de 2023, de Pró Euro: <https://www.proeuro.com.br/componentes/pontes>
28. Ras, E. (1991). *Transformadores de Potencia, de Medida y de Protección* (7<sup>a</sup> ed.). Barcelona, Espanha: MARCOMBO, S.A.
29. SENAI. (s.d.). Série de Eletrônica. *Retificação de onda*.
30. Sezen, U., & Gökçen, D. (28 de Fevereiro de 2017). (U. S. Gökçen, Ed.)
31. SGS. (2023). *Energia*. Obtido de Société Générale de Surveillance SA: <https://www.sgs.co.mz/pt-pt/energy/power-distribution>
32. Silva, O. (17 de Agosto de 2021). Obtido de Autocore Robótica: <https://autocorerobotica.blog.br/entenda-os-conceitos-de-um-regulador-de-tensao/>
33. Smith, G. (8 de Setembro de 2022). Obtido de Dewesoft: <https://dewesoft.com/pt/blog/o-que-e-conversor-adc>
34. SP Energy Networks. (2021). *Non-Technical Losses*. Obtido de SP Energy Networks: [https://www.spenergynetworks.co.uk/pages/non\\_technical\\_losses.aspx](https://www.spenergynetworks.co.uk/pages/non_technical_losses.aspx)
35. *The Astrology Page*. (s.d.). Obtido de <https://pt.theastrologypage.com/remote-terminal-unit>
36. Varandas, D. (2019). *Módulo de Comunicação para Smart Meters*. Dissertação, Universidade da Beira Interior, Covilhã.
37. Wendling, M. (2009). *CI Reguladores de Tensão*.

# ANEXO 1: REGISTO DE FRAUDES NA ASC DE KA MAXAQUENE

Tabela A1.1-1 – Registo de fraudes de Janeiro de 2023. (ASC de Ka Maxaquene)

Nº	Tarifa no sistema	Estado do contador	Bairro	Coordenada X	Coordenada Y
1	Doméstica	Ligação directa da caixa de coluna para uma tomada.	Hulene B	438167	7130982
2	Doméstica	Ligação directa no berne na caixa de protecção.	Hulene B	460073	7130767
3	Doméstica	Ligação directa na caixa de coluna para caixa de derivação.	Hulene B	458476	7130530
4	Doméstica	Indícios de fraude e há anos que não compra.	Hulene B	458505	7130762
5	Doméstica	Ligação directa da caixa de coluna alimentando toda a casa.	Hulene B	458851	7131315
6	Doméstica	Intersecção do cabo ABC antes do contador.	Hulene B	459038	7135181
7	Doméstica	Ligação directa na caixa de coluna para o quadro geral.	Hulene B	459503	7135632
8	Doméstica	Intersecção antes do contador, alimentando toda a instalação.	Hulene B	460070	7133058
9	Doméstica	Ligação directa a partir do contador para o quadro geral.	Hulene A	459264	7133634
10	Geral	Contador em modo <i>call</i> , instalação com dívida.	Hulene B	450002	7136226
11	Doméstica	Ligação directa do contador alimentando toda a casa.	Hulene B	459950	7136331
12	Doméstica	Contador violado em uma bobina. alimentando toda casa.	Hulene B	459939	7136343
13	Doméstica	Ligação directa do contador alimentando toda a casa.	Hulene B	459594	7135840
14	Doméstica	Ligação directa da caixa de coluna alimentando toda a casa.	Hulene B	458791	7133324

Tabela A1.1-2. – Registo de fraudes de Janeiro de 2023. (ASC de Ka Maxaquene)

15	Doméstica	Ligação directa do contador alimentando toda a casa.	Hulene B	458752	7132824
16	Geral	Ligação directa no poste.	Hulene B	459855	7134408
17	Doméstica	Ligação directa da caixa de coluna para uma tomada.	Hulene B	458968	7134502
18	Doméstica	Ligação directa no poste.	Hulene B	458504	7133787
19	Doméstica	Ligação directa no contador para alimentar toda a casa.	Hulene B	459655	7135603
20	Doméstica	Ligação directa a partir do postelete do vizinho.	Hulene B	458415	7132842
21	Doméstica	Ligação directa na caixa de coluna para uma caixa de derivação.	Mavalane	458808	7130516
22	Doméstica	Shunt na passiva.	Maxaquene	458938	7131297
23	Doméstica	Ligação directa na caixa de coluna para o quadro geral.	Maxaquene	458259	7130900
24	Doméstica	Ligação directa no postelete para o quadro geral.	Maxaquene A	458333	7131055
25	Doméstica	Ligação directa na caixa de coluna para caixa de derivação.	Maxaquene A	458376	7131076
26	Doméstica	Ligação directa e alimentava um outro contador.	Maxaquene A	458364	7131197
27	Doméstica	Intersecção na caixa de coluna.	Maxaquene A	457956	7130375

Tabela A1.2-3 – Registo de fraudes de Fevereiro de 2023. (ASC de Ka Maxaquene)

Nº	Tarifa no sistema	Estado do contador	Bairro	Coordenada X	Coordenada Y
1	Doméstica	Ligação directa no baquelite para uma tomada da sala.	FPLM	459462	7132283
2	Doméstica	Ligação directa na caixa de coluna para uma tomada na sala.	Hulene A	459174	7133631
3	Doméstica	Ligação directa no contador alimentando toda a instalação.	Hulene B	458587	7133695
4	Doméstica	Shunt na passiva alimentando toda instalação.	Hulene B	458613	7133717
5	Doméstica	Ligação directa na caixa de coluna para uma caixa de derivação.	Hulene B	459409	7136326
6	Doméstica	Intersecção do cabo PBMR antes do contador para uma caixa de derivação.	Hulene B	459585	7136439
7	Doméstica	Ligação directa na caixa de coluna para uma derivação na sala.	Mavalane	458558	7132679
8	Doméstica	Ligação directa no quadro geral para o disjuntor.	Mavalane	458410	7132399
9	Doméstica	Ligação directa da caixa de coluna para uma tomada na sala.	Maxaquene	459064	7131193
10	Doméstica	Ligação directa no postelete dentro da caixa de protecção.	Maxaquene	457986	7130978
11	Doméstica	Intersecção do cabo torçado para uma caixa de derivação.	Maxaquene	459238	7131933
12	Doméstica	Ligação directa no cabo ABC pra uma tomada.	Maxaquene B	458566	7130622
13	Doméstica	Ligação directa da caixa de coluna para uma caixa de derivação.	Polana Caniço	460337	7131297
14	Doméstica	Intersecção antes do contador alimentando toda a casa.	Polana Caniço	480614	7131600
15	Geral	Ligação directa no contador alimentando todo o estabelecimento	Polana Caniço	457931	7131274

Tabela A1.2-4 – Registo de fraudes de Fevereiro de 2023. (ASC de Ka Maxaquene)

16	Doméstica	Ligação directa na caixa de coluna para um disjuntor.	Urbanização	457640	7130546
17	Doméstica	Ligação directa da caixa de coluna para uma tomada.	Urbanização	457760	7130914
18	Doméstica	Shunt no contador, patilha no contador aberto.	Urbanização	457471	7131082
19	Doméstica	Intersecção do cabo PBMR antes do contador.	Urbanização	4571386	7130895

Tabela A1.3-5 – Registo de fraudes de Abril de 2023. (ASC de Ka Maxaquene)

Nº	Tarifa no sistema	Estado do contador	Bairro	Coordenada X	Coordenada Y
1	Doméstica	Ligação directa.	FPLM	458106	7132146
2	Doméstica	Ligação directa.	FPLM	458665	7129685
3	Doméstica	Ligação directa a partir do ligador no poslelete para caixa de derivação.	FPLM	460155	7132706
4	Doméstica	Ligação directa na caixa de coluna alimentando toda a instalação.	FPLM	460014	7132791
5	Doméstica	Fraude. Ligação directa a partir da caixa de coluna.	FPLM	460000	7132527
6	Doméstica	Ligação clandestina.	FPLM	459457	7132280
7	Doméstica	Fornecimento de energia a terceiros.	FPLM	460192	7132634
8	Doméstica	Ligação directa a partir do contador para o disjuntor geral.	FPLM	460137	7132706
9	Doméstica	Ligação directa sem contador. Contador carbonizado.	FPLM	459721	7132440
10	Doméstica	Ligação directa no contador para uma caixa de coluna.	FPLM	460064	7132460
11	Doméstica	Ligação directa a partir do contador e alimenta toda a casa.	FPLM	460264	7132797
12	Doméstica	Ligação directa na caixa de coluna para uma caixa de derivação.	Hulene	459225	7133925
13	Doméstica	Ligação directa na caixa de coluna para um ponto de luz na varanda.	Hulene	459738	7134756
14	Doméstica	Ligação directa na caixa de coluna para urna tomada na sala.	Hulene	459129	7133704
15	Doméstica	Ligação directa da caixa de coluna para uma caixa de derivação.	Hulene	459697	7134859
16	Doméstica	Intersecção do cabo torçado para uma caixa de derivação.	Hulene	459511	7134874
17	Doméstica	Intersecção no cabo PBMR alimentando tomada na sala.	Hulene	459554	7134841
18	Doméstica	Ligação directa na caixa de coluna para caixa de derivação.	Hulene	459560	7134823
19	Doméstica	Ligação directa na caixa de coluna para caixa de derivação.	Hulene	459653	7134771
20	Doméstica	Ligação directa no postelete para caixa de derivação.	Hulene	458773	7134382
21	Doméstica	Violação do selo na caixa do coluna. Nº do selo: EDM00095.	Hulene	459744	7134809

Tabela A1.3-6 – Registo de fraudes de Abril de 2023. (ASC de Ka Maxaquene)

22	Doméstica	Inersecção do cabo PBMR antes do contador para um ponto de luz.	Hulene	459669	7134715
23	Doméstica	Ligação directa. nos bornes do contador.	Hulene	458978	7132724
24	Doméstica	Intersecção no cabo ABC alimentndo toda a instalação.	Hulene	460270	7132952
25	Doméstica	Intersecção antes da contagem alimentando uma tomada.	Hulene	459807	7133323
26	Doméstica	Intersecção no cabo PBMR para os disjuntores alimentando toda a instalação.	Hulene	459003	7132640
27	Doméstica	Intersecção do cabo ABC para caixa de derivação.	Hulene	460398	7132642
28	Doméstica	Intersecção no cabo PBMR para os disjuntores.	Hulene	450040	7132537
29	Doméstica	Ligação directa da caixa de coluna para uma caixa de derivação.	Hulene	459464	7134611
30	Doméstica	Ligacao directa do cabo PBMR para uma tomada.	Hulano	459955	7132941
31	Doméstica	Ligação directa na caixa de coluna para uma caixa de derivação.	Hulene	458837	7133017
32	Doméstica	Ligação directa da caixa de coluna alimentando toda a casa.	Hulene	458841	7133035

## ANEXO 2: TABELA DE SELECÇÃO DE TRANSFORMADORES TD

Tabela A2-7 – Tabela de selecção de transformadores de corrente TD. (Circutor, 2022)

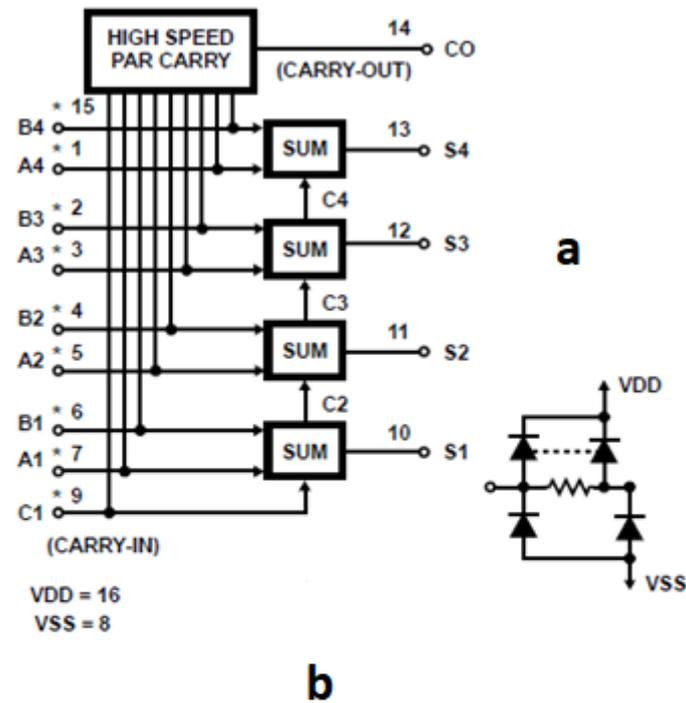
Tipo	TD4	TD5	TD5.2	TD6	TD6.2	TD8																		
Dimensões (mm) a x b x c	80 x 50 x 48	84 x 58 x 53	84 x 58 x 53	91 x 66 x 53	91 x 66 x 53	109 x 85 x 59																		
																								
Diâmetro Ø (mm)	21	21	22	30	25	44																		
Pletina (mm)	-	15 x 15   20 x 10   25 x 5	25 x 10   30 x 10   20 x 12	20 x 25   30 x 15   40 x 10	25 x 12   30 x 10   20 x 20	50 x 30   60 x 12   12 x 45																		
VA A	Classe				Classe				Classe				Classe				Classe							
	0,5	1	3	Código	0,5	1	3	Código	0,5	1	3	Código	0,5	1	3	Código	0,5	1	3	Código				
40/5A	-	-	1,25	M75011.																				
50/5A	-	1	1,5	M75012.	-	0,5	1,5	M75022.																
60/5A	-	1,25	2,5	M75013.	-	1	2,5	M75023.																
75/5A	-	1,5	3,75	M75014.	-	1,5	3,5	M75024.																
100/5A	1,5	2,5	5	M75015.	1,5	2,5	3,75	M75025.	-	-	1	M750A5.					1	2,5	3,5	M75055.				
125/5A	2,5	3,75	5	M75016.	1,5	2,5	3,75	M75026.	-	1	1,5	M750A6.					1,5	3,5	5	M75056.				
150/5A	3,75	5	5	M75017.	1,5	2,5	3,75	M75027.	1	1,5	2,5	M750A7.	1	2,5	3,5	M75047.	2,5	3,5	5	M75057.				
200/5A	5	7,5	7,5	M75018.	2,5	3,75	5	M75028.	1,5	2,5	3,5	M750A8.	1,5	3,5	5	M75048.	3,5	5	5	M75058.				
250/5A					2,5	3,75	5	M75029.	2,5	3,5	5	M750A9.	2,5	5	5	M75049.	3,5	5	5	M75059.				
300/5A									2,5	3,5	5	M750AA.	2,5	5	5	M7504A.	5	7,5	7,5	M7505A.	2,5	3,5	3,5	M7506A.
400/5A									2,5	3,5	5	M750AB.	2,5	5	5	M7504B.	5	7,5	7,5	M7505B.	2,5	3,5	5	M7506B.
500/5A									5	7,5	10	M750AC.	5	7,5	7,5	M7504C.	5	7,5	10	M7505C.	2,5	5	5	M7506C.
600/5A									5	7,5	10	M750AD.	5	7,5	7,5	M7504D.	5	7,5	10	M7505D.	2,5	5	5	M7506D.
750/5A										5	7,5	10	M7504E.								2,5	5	5	M7506E.
800/5A										5	7,5	10	M7504F.								5	7,5	7,5	M7506F.
1000/5																					5	7,5	10	M7506G.
1200/5																					5	7,5	10	M7506H.
1250/5																					7,5	10	10	M7506J.
1500/5																					7,5	10	15	M7506K.
1600/5																					7,5	10	15	M7506L.

## ANEXO 3: LOGO!POWER 6EP3310-6SB00-0AY0

Tabela A3-8 – Especificações da LOGO!POWER 6EP3310-6SB00-0AY0. (Siemens)

Input	
type of the power supply network	1-phase AC or DC
supply voltage at AC	
• minimum rated value	100 V
• maximum rated value	240 V
• initial value	85 V
• full-scale value	264 V
input voltage	
• at DC	110 ... 300 V
design of input wide range input	Yes
overvoltage overload capability	300 V AC for 1 s
operating condition of the mains buffering	at $V_{in} = 187$ V
buffering time for rated value of the output current in the event of power failure minimum	40 ms
operating condition of the mains buffering	at $V_{in} = 187$ V
line frequency	
• 1 rated value	50 Hz
• 2 rated value	60 Hz
line frequency	47 ... 63 Hz
input current	
• at rated input voltage 120 V	0.36 A
• at rated input voltage 230 V	0.22 A
current limitation of inrush current at 25 °C maximum	26 A
I <sup>2</sup> t value maximum	0.8 A <sup>2</sup> ·s
fuse protection type	internal
• in the feeder	Recommended miniature circuit breaker: from 6 A characteristic B or from 2 A characteristic C
Output	
voltage curve at output	Controlled, isolated DC voltage
output voltage at DC rated value	5 V
output voltage	
• at output 1 at DC rated value	5 V
relative overall tolerance of the voltage	3 %
relative control precision of the output voltage	
• on slow fluctuation of input voltage	0.1 %
• on slow fluctuation of ohm loading	0.1 %
residual ripple	
• maximum	100 mV
• typical	30 mV
voltage peak	
• maximum	100 mV
• typical	50 mV
adjustable output voltage	4.6 ... 5.4 V
product function output voltage adjustable	Yes
type of output voltage setting	via potentiometer
display version for normal operation	Green LED for output voltage OK
behavior of the output voltage when switching on	No overshoot of $V_{out}$ (soft start)
response delay maximum	0.5 s
voltage increase time of the output voltage	
• typical	100 ms
output current	
• rated value	3 A
• rated range	0 ... 3 A; +55 ... +70 °C: Derating 2%/K
supplied active power typical	15 W
product feature	
• bridging of equipment	Yes
number of parallel-switched equipment resources for increasing the power	2

# ANEXO 4: DIAGRAMA LÓGICO E ESPECIFICAÇÕES DO CD4008BMS



$A_i$	$B_i$	$C_i$	$C_o$	SUM
0	0	0	0	0
1	0	0	0	1
0	1	0	0	1
1	1	0	1	0
0	0	1	0	1
1	0	1	1	0
0	1	1	1	0
1	1	1	1	1

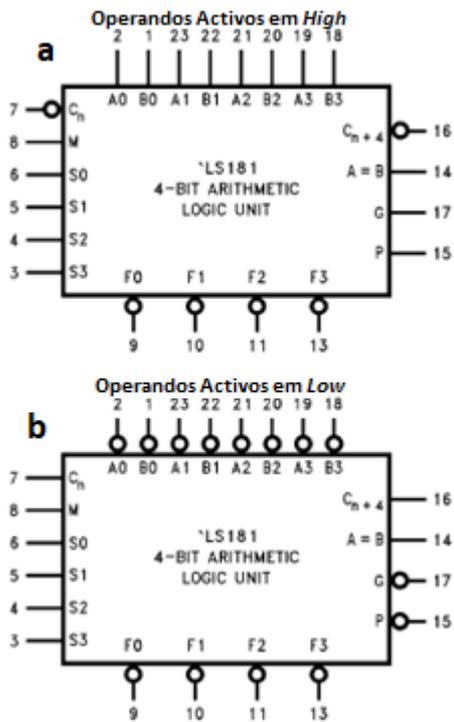
Figura A4-9 – (a) Diagrama lógico. (b) Tabela de verdade do somador digital CD4008BMS. (Intersil, 1994)

Tabela A4-9 – Especificações do somador digital CD4008BMS. (Intersil, 1994)

Parameter	Specification
DC Supply Voltage Range, (VDD)	-0.5V to +20V
Input Voltage Range, All Inputs	-0.5V to VDD +0.5V
DC Input Current, Any One Input	±10mA
Operating Temperature Range	-55°C to +125°C
Storage Temperature Range (TSTG)	-65°C to +150°C
Lead Temperature (During Soldering)	+265°C

# ANEXO 5: ALU DM74LS181 DA FAIRCHILD SEMICONDUCTOR

## Símbolos Lógicos



V<sub>CC</sub> – Pin 24  
GND – Pin 12

## Diagrama de Conexões

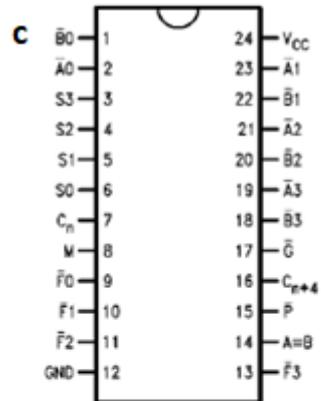


Figura A5.10 – Símbolo lógico e diagrama de conexões da ALU DM74LS181. (Fairchild Semiconductor, 2000)

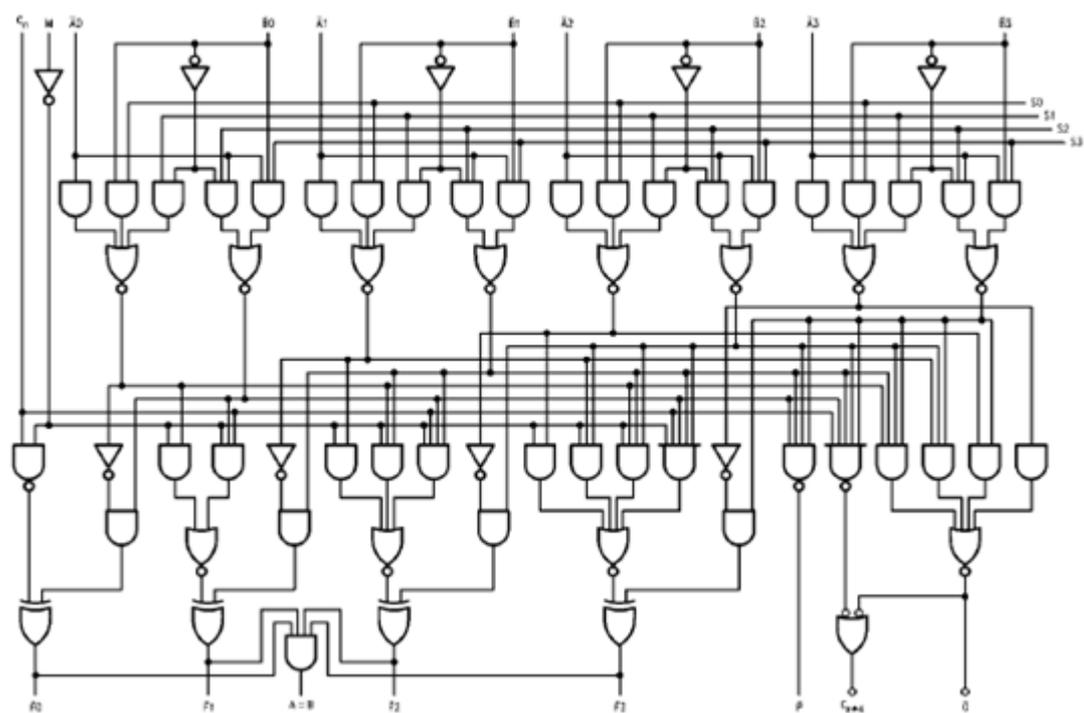


Figura A5-11- Diagrama lógico da ALU DM74LS181. (Fairchild Semiconductor, 200