

## TÓPICOS

---

Proteção digital das linhas de transmissão.  
Base matemática para a proteção digital.

- Introdução
- A detecção da falta.
- Uso de técnicas dos mínimos quadrados, *Fourier*, *Walsh* e *Kalman*.
- A classificação da falta.
- Sistema completo de proteção de distância para linhas de transmissão.
- A proteção baseada em ondas viajantes.
- A proteção diferencial de linhas com três terminais.

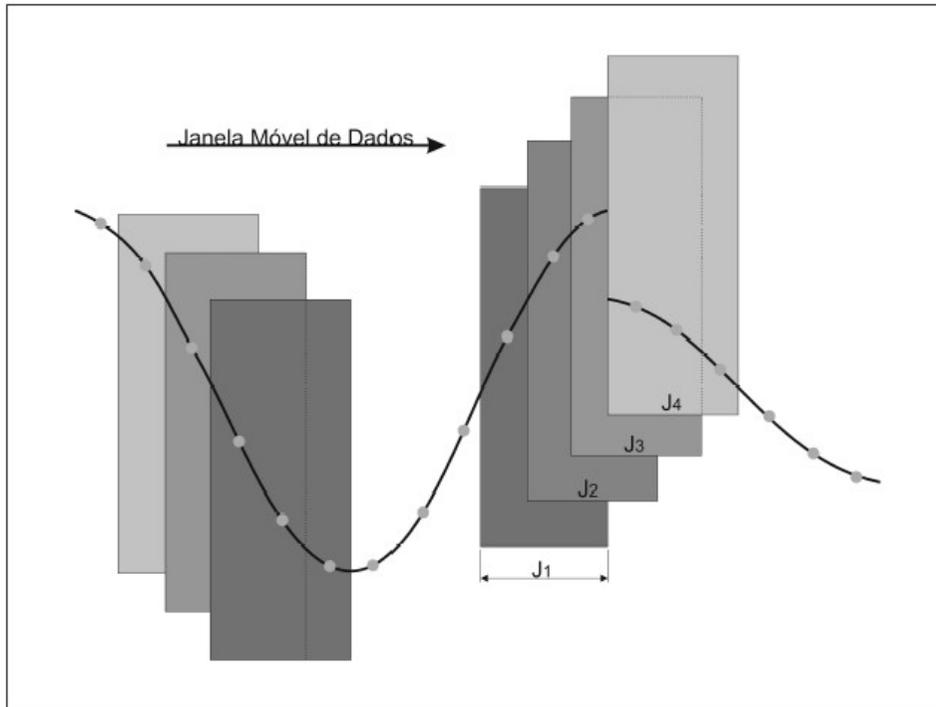
## 3.1 Introdução

---

- Atrai maior interesse de pesquisa por possuir a maior possibilidade de melhora de desempenho.
- Muitos algoritmos se baseiam no **cálculo da impedância** (valendo-se dos processos de filtragem como a TDF ou mínimos quadrados).
- Um outro tipo de algoritmo é baseado no modelo R-L da linha.
- Proteção baseada em Ondas Viajantes- Proteção de Distância
- Abordagem alternativa : Proteção Diferencial de Linhas com Três Terminais

## 3.1 Introdução

### Janela de dados móvel



**J2 e J3** – contém dados de pré e pós-falta  
Os dados tem pouco significado para os algoritmos de ajuste.

**Janela de dados** – 3 amostras (quando a nova amostra surge, a última é abandonada - movimento).

$\Delta t$  – tempo entre amostras

$\downarrow \Delta t \Rightarrow \downarrow$  tempo que o microcomputador tem para completar os cálculos:  
processadores mais potentes ou algoritmos mais simples.

$\downarrow \Delta t \Rightarrow \uparrow$  precisão

## 3.1 Introdução

---

Comprimento da janela de dados

↑ janela de dados  $\Rightarrow$  ↑ tempo para a janela passar o ponto de falta

$\Rightarrow$  ↑ tempo de decisão

Por outro lado :

↑ janela de dados  $\Rightarrow$  ↑ habilidade do algoritmo em rejeitar componentes de alta frequência.

***Há, portanto, um compromisso ou relação inversa entre velocidade e precisão.***

## 3.1 Introdução

### Fontes de erro

As ondas faltosas de corrente e tensão não são senoides de frequência fundamental, ou seja, elas são compostas por:

Termo exponencial (componente CC,) que decai exponencialmente com a constante de tempo da linha.

+

Sinais de alta frequência associados com a reflexão das formas de onda.

+

Erros nos TPs e TCs.

+

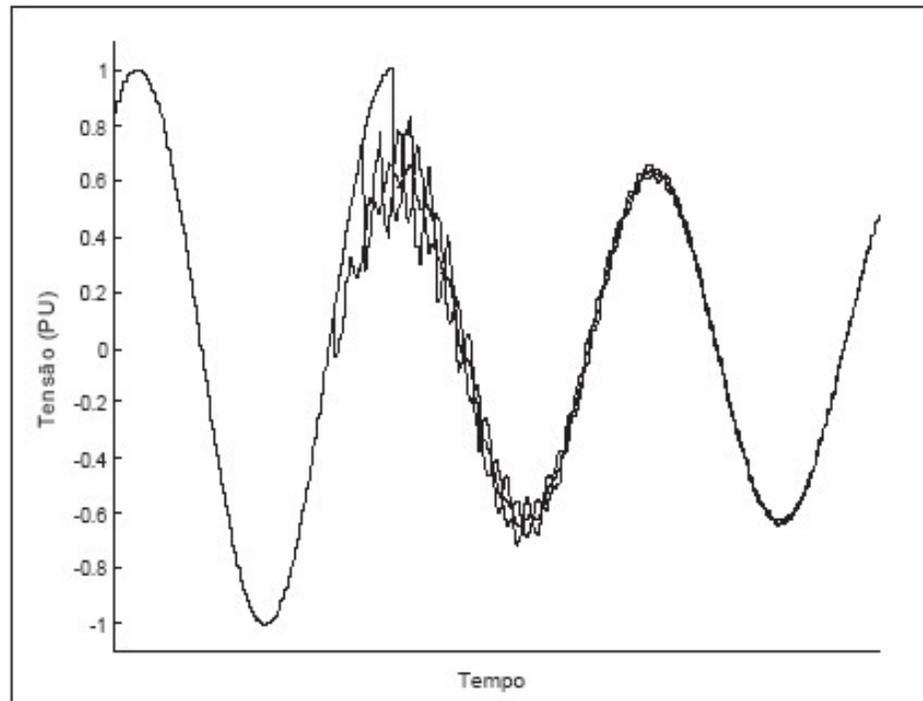
Erros na conversão A/D (quantização e amostras não espaçadas exatamente em  $\Delta t$ ).

+

Filtros *anti-aliasing* que reduzem a componente de alta frequência e introduzem defasagem de tempo.

## 3.1 Introdução

Finalmente a própria linha de transmissão e as condições de falta são responsáveis pelo processo aleatório do ruído presente nas ondas:



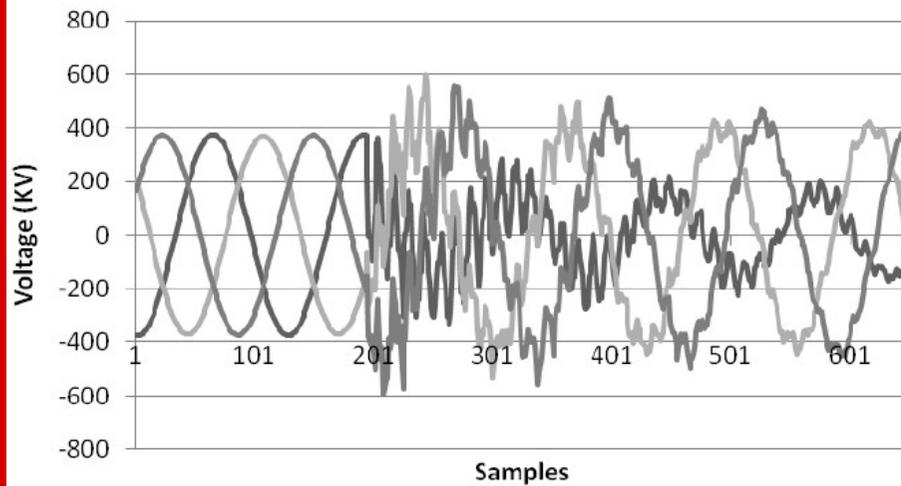
Pode portanto, ser criada uma família de curvas (forma de onda) alterando-se:

- ângulo de incidência da falta;
- estrutura da rede, tais como capacidade das fontes;
- tipo de falta;
- localização da falta ao longo da linha e
- resistência de falta.

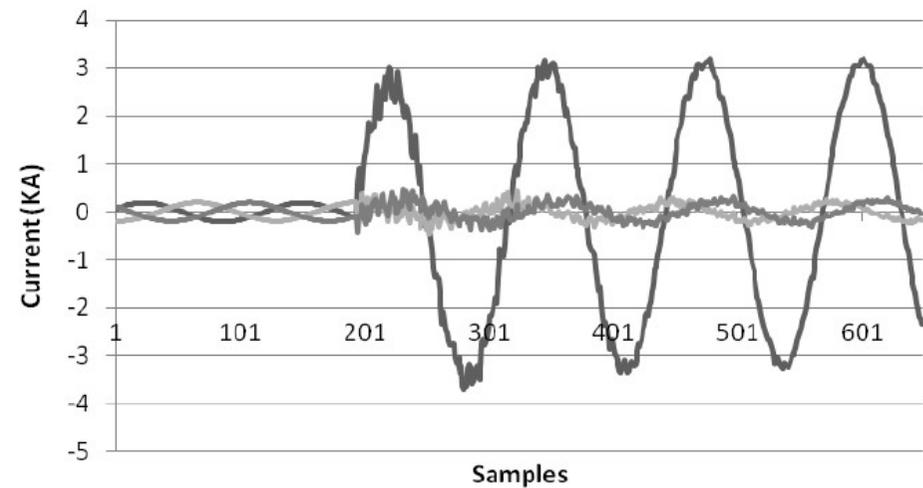
\* Todos estes parâmetros devem ser levados em conta no processo de escolha do filtro digital a ser usado.

## 3.1 Introdução

Ondas típicas de corrente e tensão para uma falta fase-a-terra com dados de dados pré e pós-falta.



— Phase A — Phase B — Phase C

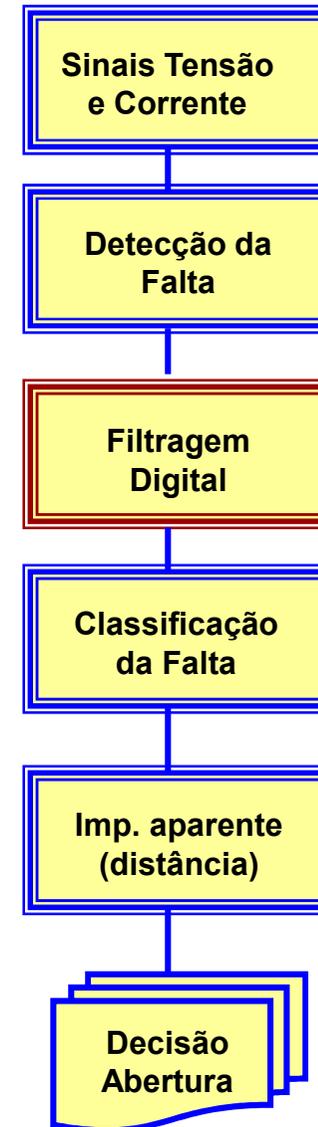


— Phase A — Phase B — Phase C

## 3.1 Introdução

### Algoritmo completo de proteção de distância

Rotinas de um algoritmo completo de proteção de linhas- Passos Fundamentais.



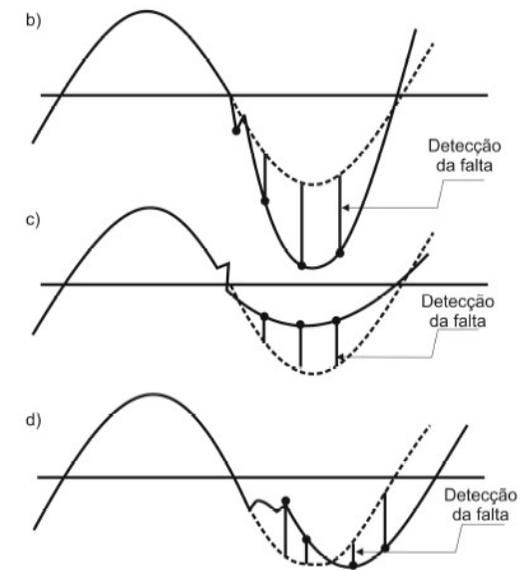
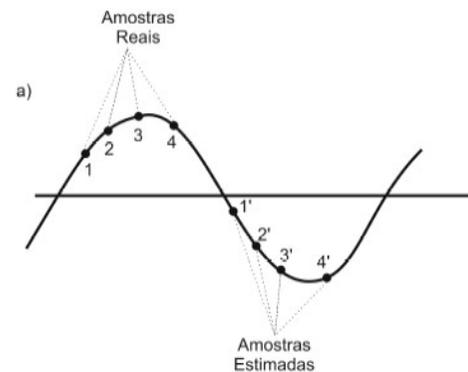
## 3.2 A detecção da falta

- ◆ **Primeira Etapa:** detecção do defeito, seguida da confirmação do mesmo, verificação da zona de proteção, etc.

O defeito pode ser detectado de várias formas e é geralmente associado a **mudanças no sinal da tensão e ou corrente**.

### 1º Método:

1. Amostra-se a corrente nos instantes 1, 2, 3, 4 em (a).
2. Faz-se a estimação (predição: algoritmo) de 1', 2', 3', 4'.
3. Compara-se os valores estimados com os reais: havendo mudança substancial, **detecta-se a falta**.



## 3.2 A detecção da falta

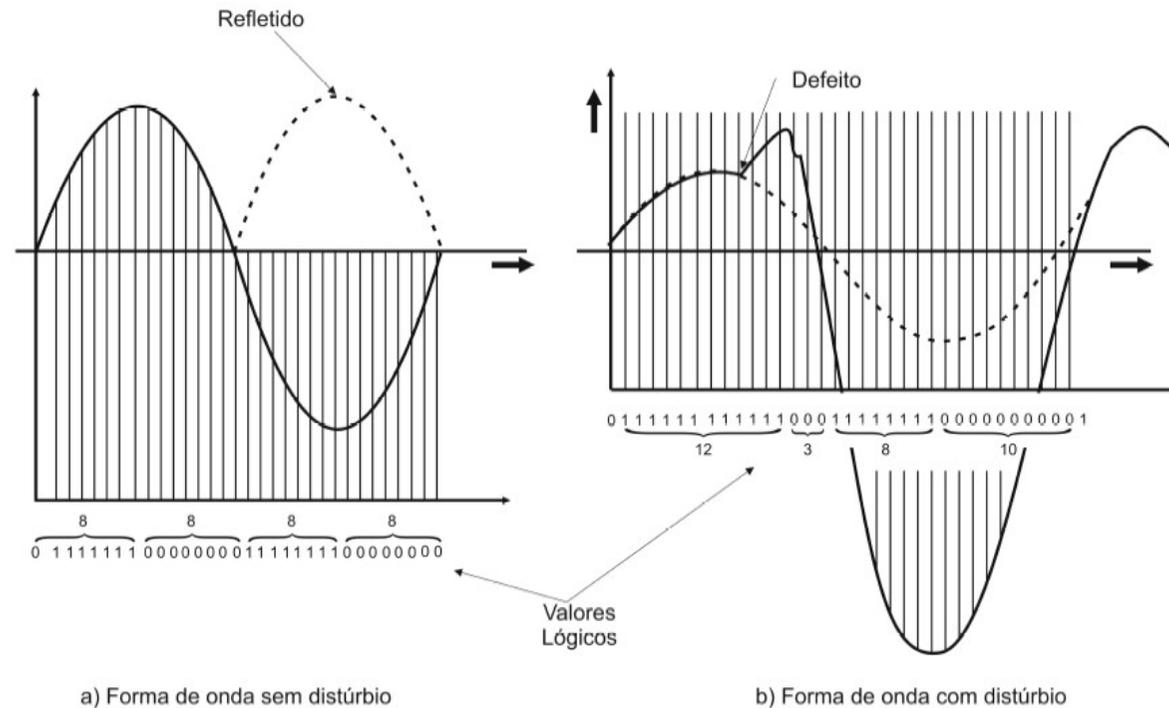
### 2º Método:

Os sinais de tensão e corrente são retificados: 1 – para variação positiva

0 – para variação negativa

⇒ **Condição normal:** senóides – os períodos das variações positivas e das negativas são iguais.

⇒ **Condição de defeito:** a variação positiva é diferente da negativa e isto é refletido.



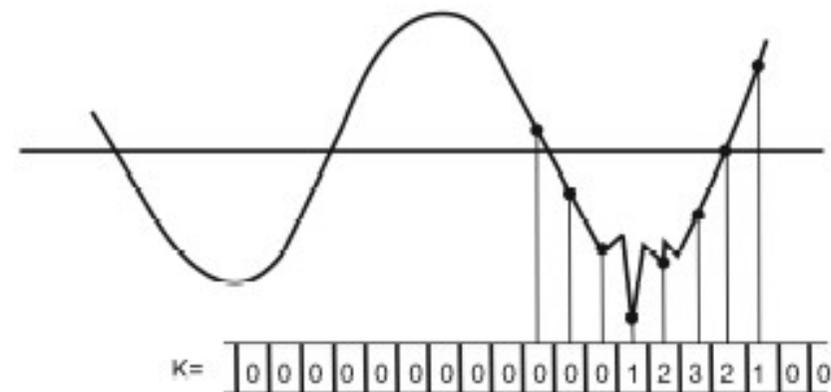
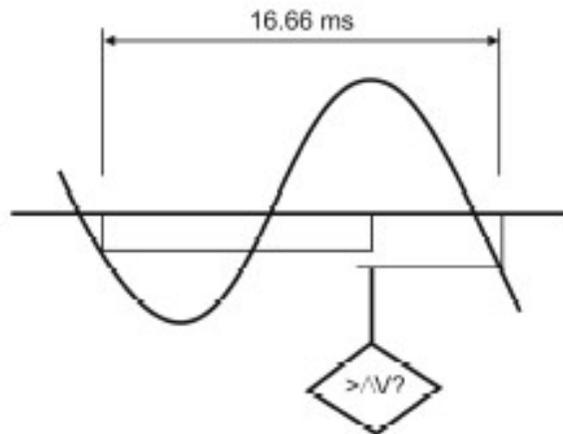
## 3.2 A detecção da falta

### 3º Método:

As mudanças podem também ser detectadas pela comparação das formas de onda da V e I com o ciclo anterior correspondente.

k – inicialmente é zero e é incrementado a cada variação significativa da tensão.

Detecta-se o defeito quando k atingir um certo valor.



## 3. Proteção digital de linhas

---

### 3.2.1 Exercício

Considerando-se formas de onda de tensão e corrente amostradas a 1.2 kHz e uma janela de dados de um ciclo apresentar um fluxograma funcional para cada uma das técnicas de detecção de faltas apresentadas anteriormente.