

VINICIUS MANGABEIRA CARINI

**PÓS-PROCESSAMENTO DE FORMAS DE ONDAS ORIUNDAS DE
DESCARGAS ATMOSFÉRICAS NO CENTRO DE ESTUDOS DE DESCARGAS
ATMOSFÉRICAS E ALTA TENSÃO (CENDAT) – IEE/USP**

Guaratinguetá

2011

VINICIUS MANGABEIRA CARINI

**PÓS-PROCESSAMENTO DE FORMAS DE ONDAS ORIUNDAS DE
DESCARGAS ATMOSFÉRICAS NO CENTRO DE ESTUDOS DE DESCARGAS
ATMOSFÉRICAS E ALTA TENSÃO (CENDAT) – IEE/USP**

Trabalho de Graduação apresentado ao Conselho de Curso de Graduação em Engenharia Elétrica da Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Graduação em Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. Dr. Daniel J. B. da S. Sampaio

Co-orientador: Msc. Acácio Silva Neto

Guaratinguetá

2011

C277p Carini, Vinícius Mangabeira
Pós-processamento de formas de ondas oriundas de descargas atmosféricas no Centro de Estudos de Descargas Atmosféricas e Alta Tensão (CENDAT) – IEE/USP / Vinícius Mangabeira Carini – Guaratinguetá : [s.n], 2011.
56 f : il.
Bibliografia: f. 46

Trabalho de Graduação em Engenharia Elétrica – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2011.
Orientador: Prof. Dr. Daniel J. B. da S. Sampaio

1. Raio I. Título

CDU 621.391.821

**PÓS-PROCESSAMENTO DE FORMAS DE ONDAS NO CENTRO DE
ESTUDO DE ALTA TENSÃO E DESCARGAS ATMOSFÉRICAS (CENDAT-
IEE/USP)**

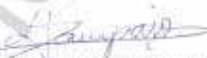
VINICIUS MANGABEIRA CARINI


ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO COMO
PARTE DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE
"GRADUADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA"

APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE CURSO DE
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

Prof. Dr. SAMUEL EUZÉDICE DE LUCENA
Coordenador

BANCA EXAMINADORA:


Prof. Dr. DANIEL JULIEN BARROS DA SILVA. SAMPAIO
Orientador / UNESP-FEG


Prof. Dr. DÚVAL LUIZ SILVA RICCIULLI
UNESP-FEG


Prof. Dr. FRANCISCO ANTONIO LOTUFO
UNESP-FEG

Dezembro de 2011

DADOS CURRICULARES
VINICIUS MANGABEIRA CARINI

NASCIMENTO	01.01.1988 – Rio de Janeiro / RJ
FILIAÇÃO	Vagner Pinheiro Carini Regina Célia Mangabeira Carini
2006/2011	Curso de Graduação em Engenharia Elétrica, pela Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá – Universidade Estadual Paulista

de modo especial a minha mãe Regina e
meu pai Vagner pois a eles tudo devo.

AGRADECIMENTOS

A minha família que sempre me apoia e me incentivou durante a faculdade

aos professores da *Feg-UNESP* que me ensinaram engenharia elétrica em especial ao meu orientador *Prof. Dr. Daniel Julien J. B. da S. Sampaio*

aos pesquisadores do *CENDAT – IEE/USP* em especial a *Msc. Paulo Obase*, *Msc. Thaís Ohara* e ao meu co-orientador *Msc. Acácio Silva Neto* por terem me passado um pouco de seus conhecimentos durante o período que tive bolsa de pesquisa no *CENDAT* e dado a oportunidade para a realização desse trabalho

os meus amigos da *Republica Opus6*, que tenho imenso afeto.

“Não me importo,

se várias pessoas dizem que eu estou errado,

basta apenas uma que me prove”

Carini, V. M. **PÓS-PROCESSAMENTO DE FORMAS DE ONDAS ORIUNDAS DE DESCARGAS ATMOSFÉRICAS NO CENTRO DE ESTUDOS DE DESCARGAS ATMOSFÉRICAS E ALTA TENSÃO (CENDAT) – IEE/USP.** 2011. 54 f. Trabalho de Graduação (Engenharia Elétrica) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2011.

RESUMO

As descargas atmosféricas são responsáveis por vários prejuízos ao sistema elétrico por isso são feitos estudos com o objetivo de encontrar meios que reduzam os prejuízos causados pelas descargas.

Nesse ramo da engenharia é necessária a coleta, armazenagem e análise de uma grande quantidade de dados para que se possa validar ou refutar conclusões dos diversos estudos produzidos.

O CENDAT propôs um projeto de coleta de dados sobre tensões induzidas em linhas de distribuição e forma de onda da corrente de descargas atmosféricas, porém surgiu uma dificuldade que foi o acúmulo de dados em razão da falta de mão-de-obra disponível para realizar o catálogo dos dados coletados.

Pensando nessa dificuldade, o engenheiro Acácio Silva Neto pesquisador do CENDAT juntamente com estagiários começou a desenvolver um programa que resolvesse essa dificuldade.

Esse trabalho deu seqüência ao desenvolvimento desse programa com o intuito de resolver o problema de acúmulo de dados.

PALAVRAS-CHAVE: Descarga Atmosférica. Análise de Dados.

Carini, V. M. **POST-PROCESSING OF FORMS OF WAVES FROM ATMOSPHERIC DISCHARGES IN THE CENTER OF STUDIES OF ATMOSPHERIC DISCHARGE AND HIGH VOLTAGE (CENDAT) – IEE/USP.** 2011. 54 f. Thesis (Graduation in Electrical Engineering) - Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2011.

ABSTRACT

Atmospheric Discharges are responsible for several lost in the electrical system therefore it's done studies to find ways to reduce the problem caused by discharges.

This branch of engineering is necessary the gathering, stock and analysis of large quantity of data to validate or refuse the many studies produced about it

The CENDAT proposed a project to collect data on induced voltages in distribution lines and current waveform of the lightning, but a difficulty that arose was the accumulation of data due to lack of manpower available to catalog all the data collected.

Thinking in this difficulty, the engineer Acacio Silva Neto CENDAT's researcher with trainees began to develop a program to solve this problem.

This work keeps the development of this program in order to solve the problem of accumulation of data

KEYWORDS: Lightning Discharge. Data Analysis.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Foto de descargas elétricas.	17
Figura 2: Etapas para estabelecimento da corrente de retorno (“return stroke”).	18
Figura 3: Imagem linha de transmissão protegida por cabo guarda.....	19
Figura 4: Tempo de frente.	21
Figura 5: Tempo de crista positivo.	22
Figura 6: Tempo de cauda.	22
Figura 7: Traçado real das linhas experimentais com a localização dos pára-raios, torre e estação de medição.....	24
Figura 8: Localização dos pontos de medição um, dois, três e quatro.....	25
Figura 9: Imagem original sem off-set.....	27
Figura 10: Imagem suavizada sem off-set (sendo n=10).....	28
Figura 11: Interface inicial do programa ChartMaker.....	29
Figura 12: Interface de configuração de automação (Form10).....	30
Figura 13: Selecione o osciloscópio.	30
Figura 14: Janela para gerenciamento de osciloscópios (Form11).	31
Figura 15: Monitorar diretório.	32
Figura 16: Salvar imagem.	32
Figura 17: Relógio.....	32
Figura 18: Barra de funções.....	33
Figura 19: Fluxograma completo.	34
Figura 20: Elemento três.	35
Figura 21: Elementos seis e sete.....	36
Figura 22: Elemento sete aprofundado.....	37
Figura 23: Elemento oito.....	37
Figura 24: Banco de dados.	39
Figura 25: Banco de dados continuação tabela original.	41
Figura 26: Banco de dados continuação tabela modificada.	42
Figura 27: Imagem original e modificada sobreposta.	43
Figura 28: Imagem do reporte de erro gerado.	44
Figura 29: Traçado real das linhas experimentais com a localização dos pára- raios, torre e estação de medição.....	54
Figura 30: Localização dos pontos de medição um, dois, três e quatro.....	55

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

USP	Universidade São Paulo
IEE	Instituto de Energia e Eletrotécnica
CENDAT	Centro de Estudos de Descargas Atmosféricas e Alta Tensão
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
ABNT	Associação Brasileira de Norma Técnicas
NBR	Norma Brasileira
CEMIG	Companhia Energética de Minas Gerais
VCN	Valor de Crista Negativo
VCP	Valor de Crista Positivo
OV	Origem Virtual
TF	Tempo de Frente
TC	Tempo de Cauda
TMC	Tempo Máximo de Crescimento
TMD	Tempo Máximo de Decaimento
SPDA	Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas

LISTA DE SÍMBOLOS

N_g	densidade de descarga.
T_d	incidência Keurânico anual

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	Objetivo	15
1.2	Estrutura do trabalho.....	16
2	ASPECTOS TEÓRICOS.....	17
2.1	Parâmetros de Incidência	19
2.2	Parâmetros de Descarga	20
3	DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE MEDIÇÃO.....	24
4	O PROGRAMA	26
4.1	Primeira versão	26
4.2	Segunda versão.....	26
4.2.1	Algoritmos para cálculo de parâmetros de forma de onda	26
4.2.2	Algoritmos de filtros utilizados	27
4.2.3	Consideração final sobre a segunda versão	28
4.3	Terceira versão.....	28
4.4	Fluxograma completo do sistema.....	33
5	RESULTADOS OBTIDOS.....	38
5.1	Banco de dados.....	38
5.2	Registro de erro.....	43
	REFERÊNCIAS	46
	APÊNDICE.....	46
	ANEXO	54

1 INTRODUÇÃO

A qualidade da energia elétrica tem-se tornado uma questão de vital importância para a sociedade moderna devido ao aumento da utilização de cargas não lineares e o aumento da sensibilidade dos equipamentos eletrônicos.

As descargas atmosféricas ocasionam grandes prejuízos à sociedade inclusive ceifando vidas, elas causam sobretensões na rede elétrica podendo provocar danos aos equipamentos eletro-eletrônicos assim como desligamentos da rede elétrica e danos aos transformadores. As descargas atmosféricas representam parcela significativa das causas de desligamentos de sistemas de transmissão e distribuição de energia elétrica estimado em 80 % e 35 % respectivamente (PINTO; PINTO, 2000). Estima-se que no Brasil as perdas financeiras sejam da ordem de R\$ 1 bilhão por ano, sendo R\$ 500 milhões referentes às perdas no setor elétrico e em 2008 foram registrados 75 mortes por descargas atmosféricas segundo o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais(INPE).

Por esses motivos é de vital importância capturar e armazenar as informações de como as redes de distribuição são afetadas pelas tensões induzidas decorrente de descarga atmosférica. Com essas informações, montar um banco de dados que permita realizar consultas pelos parâmetros selecionados e com isso fazer análises de como descargas atmosféricas afetam a rede elétrica e propor soluções para proteger as linhas de distribuição. Por isso o CENDAT/USP elaborou um projeto que construiu duas linhas de transmissão experimentais para a medição de tensões induzidas e uma torre de 62,5 m para a medição da forma de onda da corrente do “return stroke” na Cidade Universitária em São Paulo-SP. O projeto possui cinco pontos de medição onde quatro desses pontos medem tensões induzidas nas linhas experimentais e um mede a forma de onda da corrente do “return stroke” na torre. Esse projeto tem como objetivo entender melhor como as descargas atmosféricas afetam uma rede de distribuição.

1.1 Objetivo

Este trabalho tem como meta a modificação de um programa para análise e montagem automática de um banco de dados de todas as formas de ondas capturadas pelo projeto citado anteriormente. O banco de dados é projetado de modo a permitir a análise estatística dos diferentes parâmetros de forma rápida e confiável.

1.2 Estrutura do trabalho

Este trabalho está dividido em seis capítulos.

O primeiro é uma introdução ao tema proposto seguido do objetivo e da estrutura do trabalho.

O segundo traz uma introdução teórica ao estudo de descargas atmosféricas e está dividido em duas partes. Parâmetros de incidência que trata da quantidade de raios que cai em um determinado lugar ou objeto e parâmetros de descarga que trata das características elétricas da descarga.

O terceiro é uma descrição completa do sistema de aquisição de descargas atmosféricas do CENDAT.

O quarto trata do programa tanto das versões anteriores quanto da última desenvolvida neste trabalho.

O quinto apresenta os resultados que se obtém com o programa. O banco de dados com a descrição de todos os campos e o reporte de erro gerado caso haja algum.

O sexto é a conclusão.

2 ASPECTOS TEÓRICOS

As nuvens quando carregadas eletricamente podem desencadear basicamente: descargas entre nuvens (mais de 50 % dos casos), descargas intra-nuvem, descargas nuvem-ar e descargas nuvem-solo. Um exemplo de descarga atmosférica pode ser visto na Figura 1.



Figura 1: Foto de descargas elétricas. Disponível em: <http://www.brasilecola.com/fisica/raios.htm>. Acesso em: 11 maio 2011

Um raio nuvem-solo acontece quando na nuvem forma-se um dipolo (ou tripolo dependendo de como é considerado) com a parte negativa na parte de baixo da nuvem e a positiva na parte de cima, esse processo de formação de dipolo ainda não é totalmente esclarecido, mas após essa etapa, uma descarga vai da nuvem para o solo. Essa descarga é conhecida como líder escalonado (“stteped leader”) e ioniza o ar formando um caminho de baixa resistência. Quando o líder escalonado se aproxima do solo, uma descarga positiva vinda do solo vai ao encontro do líder escalonado, subindo até a

nuvem a qual concentra a maior parte da energia do raio, esse surto é conhecido como “return stroke” e é responsável pela grande luminosidade da descarga elétrica e pelo trovão (O som produzido pelo raio em decorrência da súbita expansão do ar por onde a corrente elétrica passa), conforme a Figura 2.

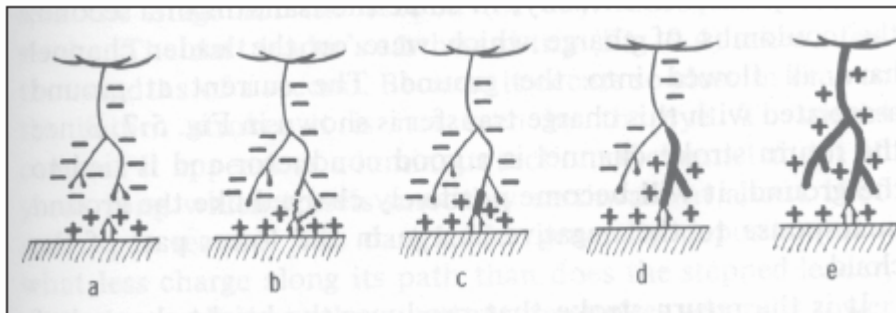


Figura 2: Etapas para estabelecimento da corrente de retorno (“return stroke”). Disponível em: <http://www.phy.cuhk.edu.hk> Acesso em 15 out. 2011

Os parâmetros que devem ser levados em consideração nas descargas nuvem-solo podem ser agrupados em três grupos (ANDERSON; ERIKSSON, 1988).

- Parâmetros de incidência – Onde se relaciona parâmetros com a probabilidade de ocorrência de descarga.
- Amplitude de pico da corrente – É o parâmetro mais importante de um raio para a engenharia.
- Forma de onda do impulso – São características dependentes do tempo.

Há basicamente três meios possíveis em que as descargas atmosféricas influenciam na rede elétrica, são elas: descarga direta, quando o raio atinge diretamente os condutores, tensões induzidas por descargas indiretas, quando o raio acontece próximo à rede elétrica e descargas em edificações, quando um raio atinge uma edificação senão houver pára-raios ou sistema de proteção contra descargas atmosféricas (SPDA) esse raio pode causar danos físicos e elétricos além de incêndio, porém mesmo com SPDA, há risco de haver danos a edificação caso o potencial elétrico do solo suba em demasia e ocorra uma descarga disruptiva da instalação elétrica da edificação para a rede elétrica. A interação da descarga atmosférica com a rede elétrica deteriora a qualidade da energia elétrica fornecida pela rede tornando a distribuição pouco confiável e trazendo prejuízos às empresas e demais consumidores além de danificar os equipamentos da própria concessionária.

As linhas de transmissão são geralmente dotadas de um ou mais cabos pára-raios (também chamado de cabo-guarda) como pode ser visto na Figura 3 e servem para a proteção dos condutores fase frente à incidência de descargas atmosféricas diretas. Embora o cabo guarda seja para proteção ainda há a possibilidade de desligamento da rede dependendo da forma de onda da descarga atmosférica e da resistência de terra devido a um efeito conhecido como “back flashover”, isto é, descarga disruptiva na cadeia de isoladores da torre para os condutores em virtude do aumento da diferença de potencial entre a torre e os condutores fase.



Figura 3: Imagem linha de transmissão protegida por cabo guarda: Disponível em: <http://www.radiosorriso.com.br>. Acesso em: 18 abr. 2011

2.1 Parâmetros de Incidência

Os parâmetros relacionados apenas a probabilidade de incidência de um raio em determinado lugar ou região são ditos parâmetros de incidência. Parâmetros de incidência não levam em consideração a intensidade da descarga atmosférica ou a sua forma de onda.

Os principais parâmetros de incidência são o índice cerâmico representado por T_d (número de dias com trovoadas por ano) e a densidade de descargas atmosféricas para o solo representado por N_g .

N_g é um parâmetro fundamental que proporciona estimar juntamente com outras informações, qual proteção é adequada para um sistema elétrico ou estrutura porque esse parâmetro estima o número de vezes que o sistema elétrico considerado será

atingido por descargas atmosféricas no período de um ano. Uma imprecisão na estimativa de N_g tem influência direta no desempenho do sistema elétrico considerado. (CHOY; DARVENIZA, 1971).

Enorme esforço tem sido feito para relacionar N_g com T_d .

A relação mais confiável segundo Rakov e Uman, (2003) é a equação (1) proposta por Anderson, et al.(1984).

$$N_g = 0,04.(T_D)^{1,25} \quad (1)$$

Onde N_g é dado em (descargas/km²/ano)

Essa relação é adotada pelo IEE, no escopo da Norma 1410-2004 e pela Associação Brasileira de Norma Técnicas (ABNT), no âmbito da Norma Brasileira (NBR) 5419/2005

A equação (1) é a relação de N_g com T_d mais confiável caso não haja uma relação estabelecida para a região de interesse. Por exemplo, a CEMIG estimou durante o período de 1985 a 1993 para Minas Gerais a equação (2)

$$N_g = 0,028.(T_D)^{1,25} \quad (2)$$

Ou seja, para a região de Minas Gerais a relação mais confiável de N_g com T_d é a equação (2) já que ela foi calculada para essa região.

2.2 Parâmetros de Descarga

Os parâmetros de descarga apresentados a seguir são calculados pelo programa e são utilizados tanto para as medições de corrente de descarga quanto para as de impulso atmosférico.

Valor de Crista Positivo (VCP):

É o maior valor de tensão atingido pela onda considerada.

Tempo de Frente (TF):

É um tempo fictício definido como o tempo de 90% de VCP menos o tempo de 30% de VCP dividido por 0,6. Ambos os tempos tomados na subida da onda como pode ser visto na Figura 4.

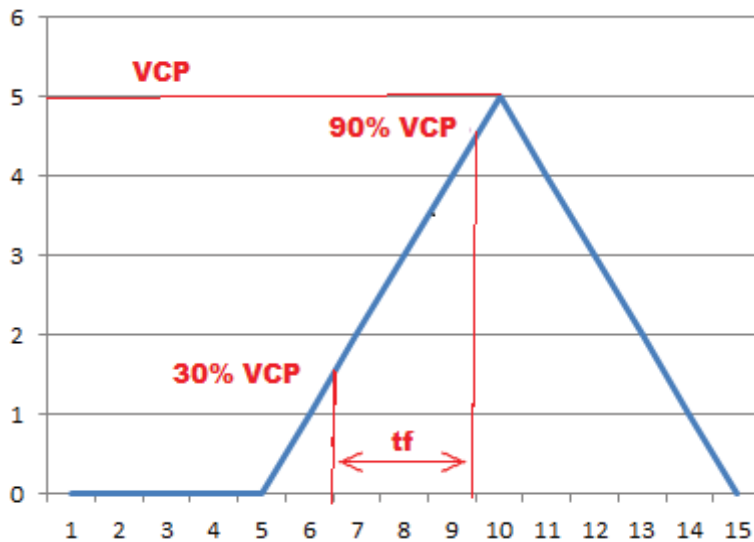


Figura 4: Tempo de frente.

Origem Virtual:

É um ponto fictício definido como o tempo correspondente a 30% de valor de crista positivo (VCP) menos 0,3 vezes o Tempo de Frente.

Valor de Crista Negativo (VCN):

É o maior valor de tensão negativo atingido pela onda considerada.

Valor de Tempo de Crista Positivo (TCP):

É o valor da abscissa tempo do ponto de origem virtual até o ponto de crista positivo como pode ser visto na Figura 5.

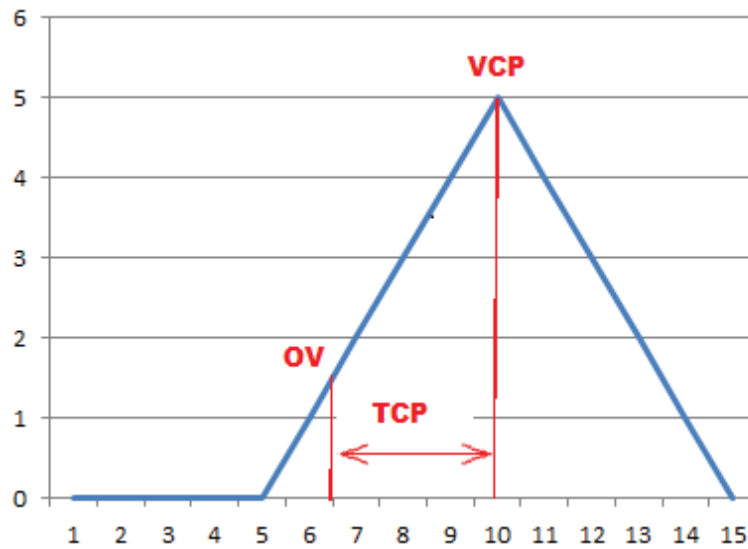


Figura 5: Tempo de crista positivo.

Valor de Tempo de Crista Negativo (TCN):

É o valor da abscissa tempo do ponto de origem virtual até o ponto de crista negativo.

Tempo de Cauda (TC):

É o tempo da origem virtual até 50% de VCP depois de atingido o VCP, como pode ser visto na Figura 6

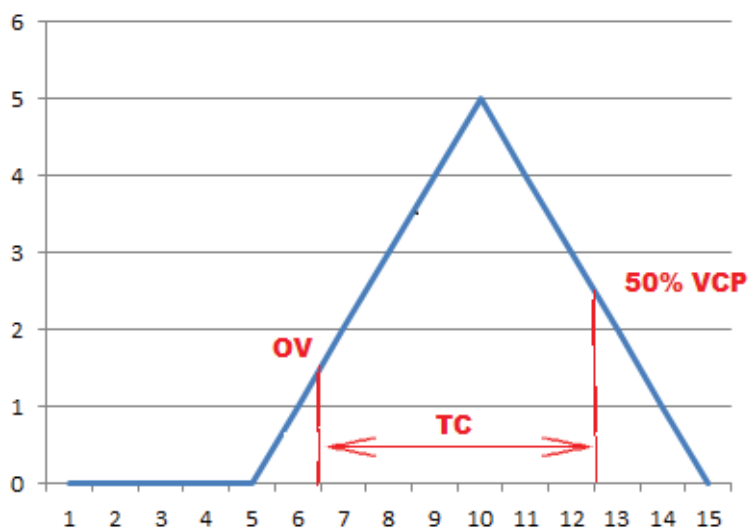


Figura 6: Tempo de cauda.

Taxa Máxima de Crescimento (TMC):

É o valor da maior derivada positiva da onda considerada.

Tempo TMC (TTMC):

É o tempo entre a origem virtual e o ponto TMC.

Taxa Máxima de Decaimento (TMD):

É o valor da maior derivada negativa da onda considerada.

Tempo TMD (TTMD):

É o tempo entre a origem virtual e o ponto TMD.

3 DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE MEDIÇÃO

O sistema possui cinco pontos de medição, sendo quatro deles medindo tensões induzidas e um medindo corrente de descarga atmosférica como pode ser visto na Figura 7.

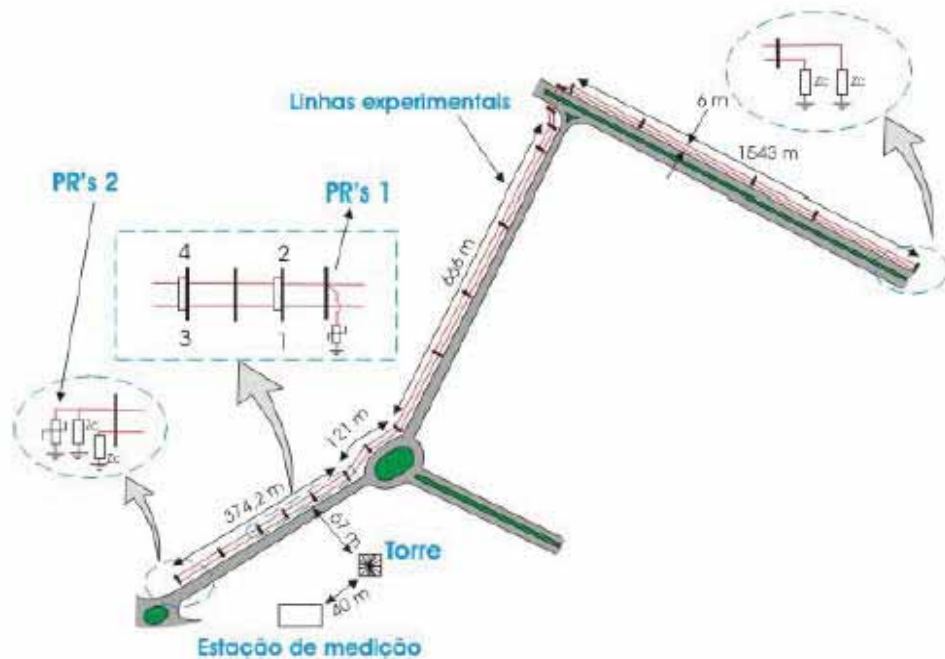


Figura 7: Traçado real das linhas experimentais com a localização dos pára-raios, torre e estação de medição. (Carvalho, et al., 2005).

Para as medições de tensão foram construídas duas linhas paralelas experimentais de distribuição uma com pára-raios outra sem na cidade universitária da USP em São Paulo e em cada linha se colocou dois pontos de medição. Para a medição de corrente foi erguida uma torre de 62,5m e utilizado um resistor “shunt” como mostra a Figura 8.

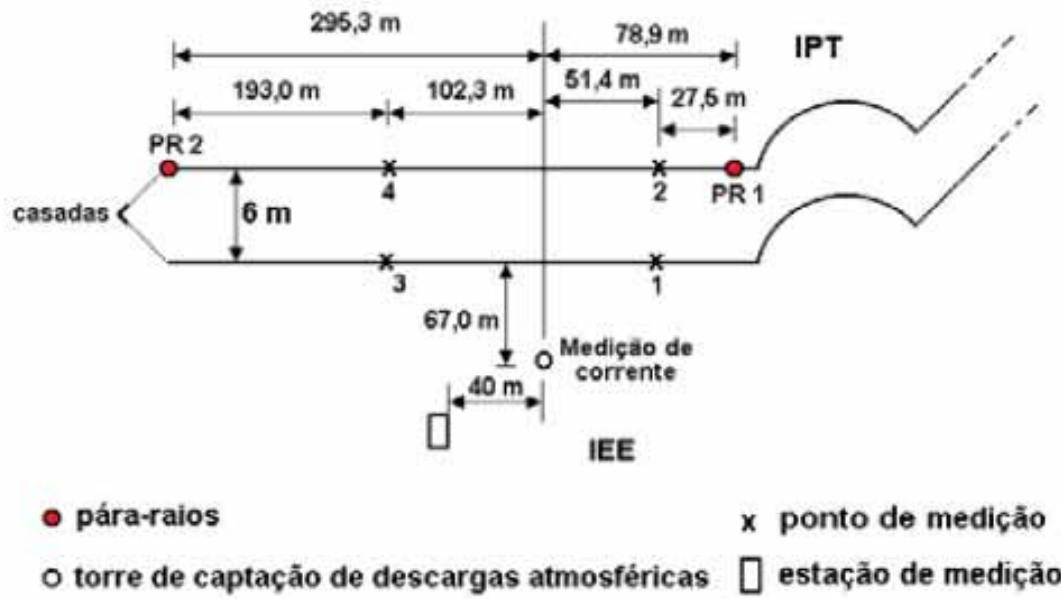


Figura 8: Localização dos pontos de medição um, dois, três e quatro. (Carvalho, Piantini, Silva Neto, Janiszewski, Altafim, & Nogueira, 2005).

Para mais detalhes ver anexo.

4 O PROGRAMA

Com o sistema de medição funcionando, é necessário o tratamento de dados do sistema que consiste em remover o ruído da onda e calcular os parâmetros apontados nesse trabalho.

Inicialmente, calculavam-se apenas os valores de pico e a frequência de distribuição cumulativa através de planilhas no Excel. Era um processo trabalhoso e repetitivo, por isso, o Msc. Acácio Silva Neto começou a desenvolver juntamente com os estagiários do CENDAT/IEE/USP, um programa para automatizar esse serviço. O presente trabalho desenvolveu a terceira versão do software ChartMaker.

4.1 Primeira versão

A primeira versão desenvolvida por Carlos Eduardo Afonso era basicamente um visualizador de gráfico, onde se abria as formas de onda gerada pelo sistema de medição e a salvava para exibição em relatório.

4.2 Segunda versão

A segunda versão desenvolvida por Fernando Clímaco representou um grande avanço em relação à primeira. Nessa versão foi acrescentado diversas novas funções entre elas pode-se destacar: o cálculo dos parâmetros de forma de onda, as funções de suavização e remover offset da forma de onda.

4.2.1 Algoritmos para cálculo de parâmetros de forma de onda

Os parâmetros calculados já foi apresentado nas páginas 20 à 22, seção 2.2 Parâmetros de Descargas. Para detalhes dos algoritmos utilizados pelo programa ver apêndice.

4.2.2 Algoritmos de filtros utilizados

No programa existem basicamente dois filtros, um para ajustar o off-set da onda e o outro para suavizar o ruído da onda.

Ajustar off-set

Utiliza média de um número determinados de pontos (no programa o valor é cem, porém pode ser alterado) e o valor encontrado é subtraído de todos os valores da forma de onda

Suavizar

Utiliza filtro de média para minimizar o ruído da onda, filtro de média calcula a média dos valores anteriores e posteriores e o valor encontrado é o novo ponto, o valor utilizado no programa é dez, ou seja, pega cinco pontos anteriores e cinco pontos posteriores para calcular a média, caso o valor escolhido fosse ímpar, pegaria também o próprio ponto.

Um exemplo desse algoritmo pode ser visto nas Figuras 9 e 10.

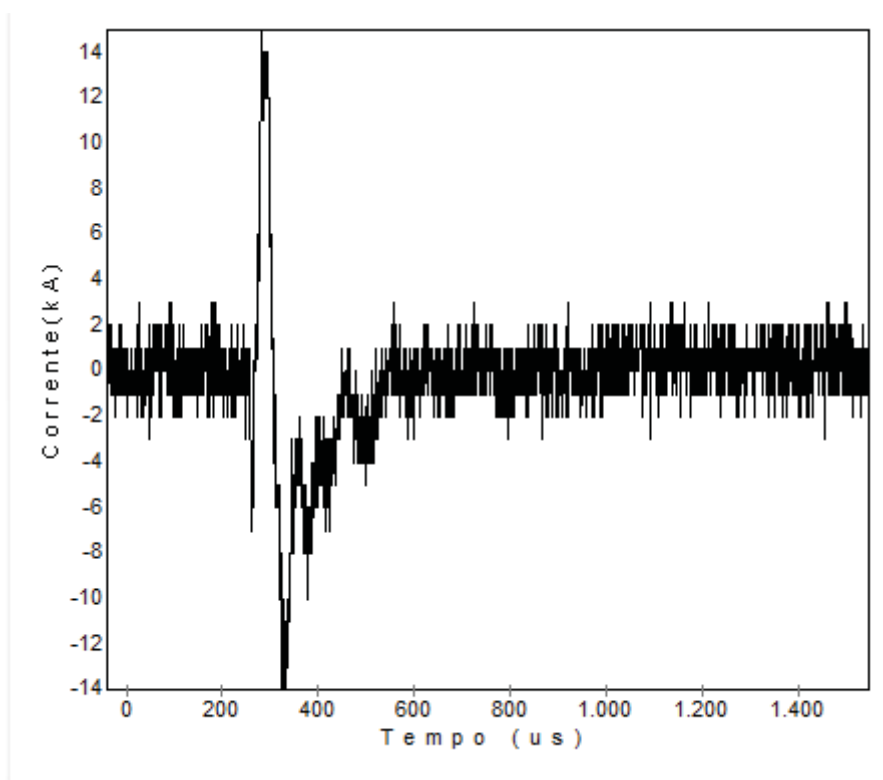


Figura 9: Imagem original sem off-set

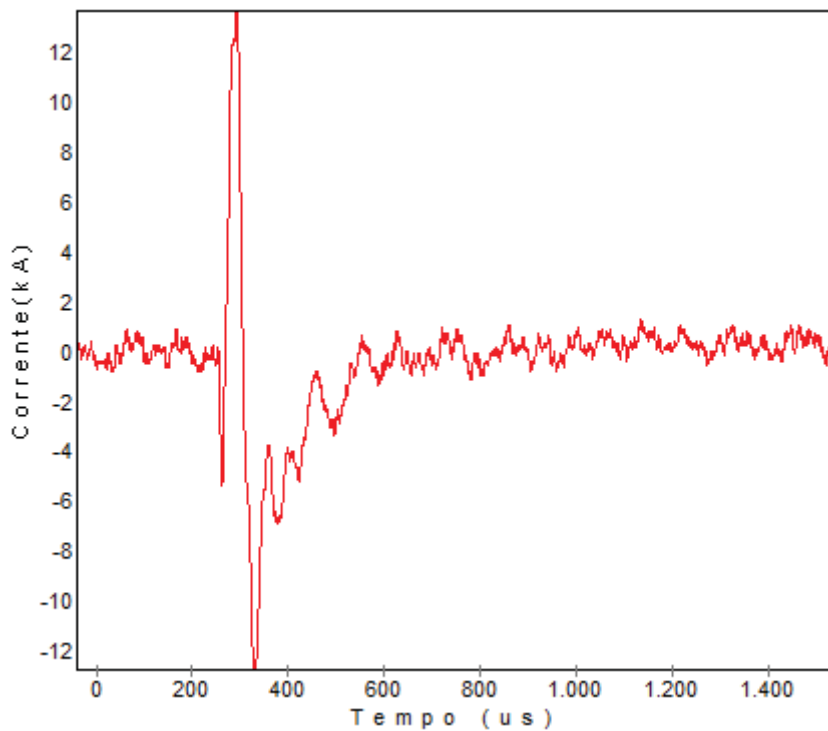


Figura 10: Imagem suavizada sem off-set (sendo $n=10$)

Para mais detalhes sobre os algoritmos utilizados ver apêndice.

4.2.3 Consideração final sobre a segunda versão

Essa segunda versão apresenta uma evolução em relação à primeira, pois agora os cálculos dos parâmetros necessários para a montagem do relatório sobre a forma de onda capturada é feita pelo programa e não mais por uma planilha de Excel. Nessa versão há dois grandes inconvenientes, a necessidade de abrir as formas de onda uma de cada vez e também não há a formação de um banco de dados que inviabiliza a análise estatística das formas de onda, que é a principal ferramenta de estudo de descargas atmosféricas.

Para resolver principalmente esses dois problemas foi desenvolvida a terceira versão.

4.3 Terceira versão

Na terceira versão foi implementada duas mudanças significativas em relação à segunda versão.

A primeira foi a possibilidade de processar todas as formas de onda rodando o programa uma única vez.

A segunda foi a criação de um banco de dados com as formas de ondas que permitem consultas e análise estatísticas.

Para realizar as melhorias descritas acima, foi adicionado um novo botão e duas novas telas de interface de usuário. Na Figura 11 tem-se a interface inicial do programa com o botão de automação marcado.

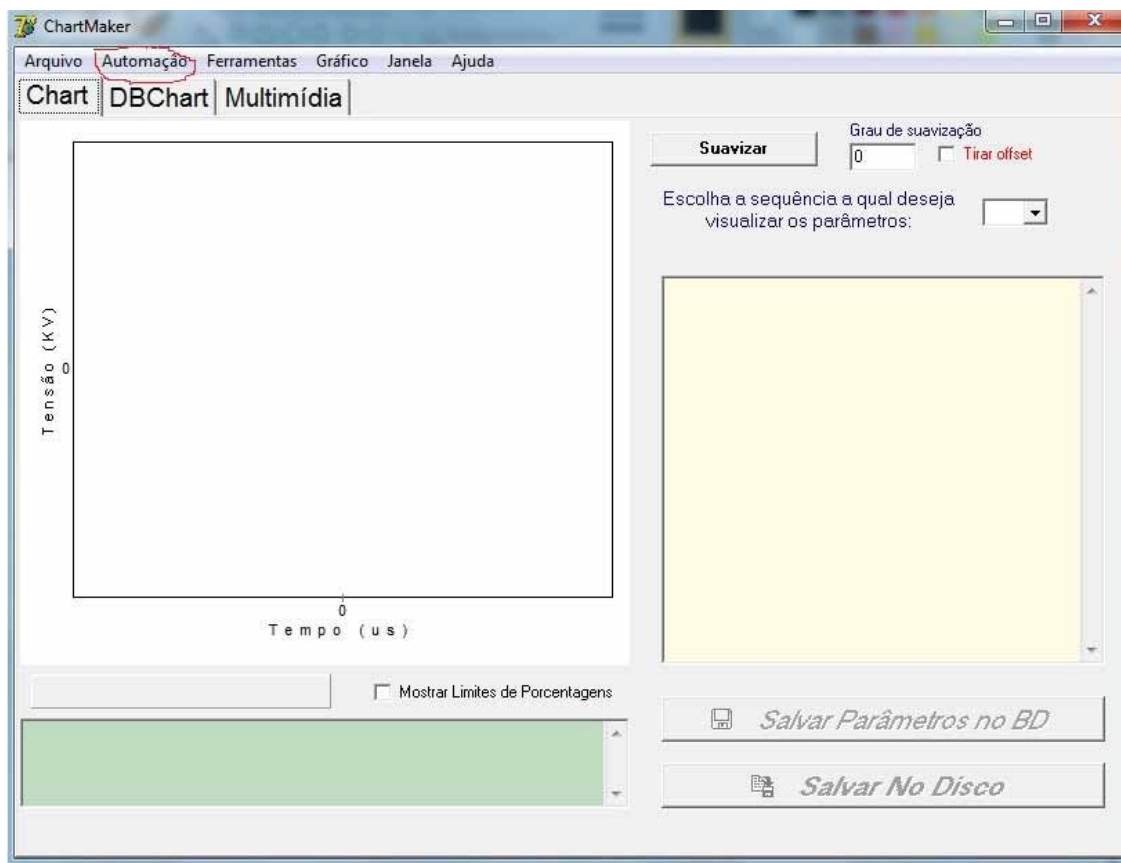


Figura 11: Interface inicial do programa ChartMaker.

A Figura 12 mostra a principal interface desenvolvida para a terceira versão e em seguida da Figura 13 à Figura 18 tem-se a explicação de seus componentes, com exceção da Figura 14 que trata de outra interface.



Figura 12: Interface de configuração de automação (Form10).



Figura 13: Selecione o osciloscópio.

Na Figura 13 tem-se o componente que permite controlar os osciloscópios do sistema de medição e a correção da respectiva relação de divisão. Ao clicar em editar ou criar abre-se uma nova janela (Figura 14).

Nome	ID	Tensao	Corrente	Shunt	TC	TRel	RShunt	TCRel
xeh2	osc2	True	False	False	False		2	
xeh1	osc1	False	True	True	False			2

Figura 14: Janela para gerenciamento de osciloscópios (Form11).

Na interface da Figura 14, pode-se criar ou editar o osciloscópio desejado.

Nome é como o usuário se refere a um determinado osciloscópio.

Trecho de ID é a qual string o programa vai atribuir esse osciloscópio das diversas formas de ondas armazenadas e lidas.

Abaixo de trecho de ID são algumas informações sobre se o osciloscópio lê tensão ou corrente e a respectiva divisão.

Em seguida podem-se visualizar todos os osciloscópios armazenados e suas respectivas informações.

A seguir tem-se o componente mostrado na Figura 15:

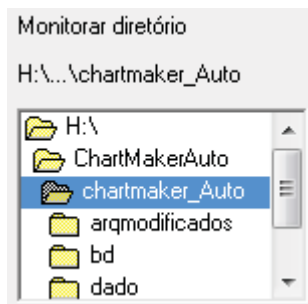


Figura 15: Monitorar diretório.

Na lista de diretórios mostrada na Figura 15, selecionamos os diretórios e os respectivos subdiretórios que serão monitorados ou lidos para encontrar as formas de ondas e processá-las.

A seguir tem-se o componente mostrado na Figura 16:

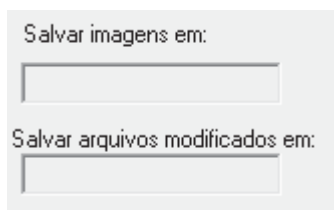


Figura 16: Salvar imagem.

Nos campos mostrados na Figura 16, colocam-se o caminho onde todas as imagens geradas pelo programa e depois os arquivos modificados pelo mesmo serão salvos.

A seguir temos o componente mostrado na Figura 17:



Figura 17: Relógio.

Determina de quanto em quanto tempo o diretório e subdiretórios selecionado para monitoração será lido.

A seguir temos o componente mostrado na Figura 18:



Figura 18: Barra de funções.

A Figura 18 apresenta três funções:

Suavizar: Realiza uma média aritmética com um determinado número de pontos (grau) para a obtenção de um novo ponto com o intuito de minimizar o ruído da onda

Tirar off-set: Retira o off-set (ou nível DC) da onda.

Processar Original: Gera dois registros no banco de dados um com off-set e sem suavizar e outro com as operações marcadas.

4.4 Fluxograma completo do sistema

As Figuras 19 a 23 mostram o fluxograma do sistema, onde cada parte possui um número para identificá-la para que se possa retornar nessa parte e explicar melhor seu funcionamento.

As partes três e quatro não pertencem ao programa, mas apenas ao sistema de medição e por isso estão marcadas com um quadrado

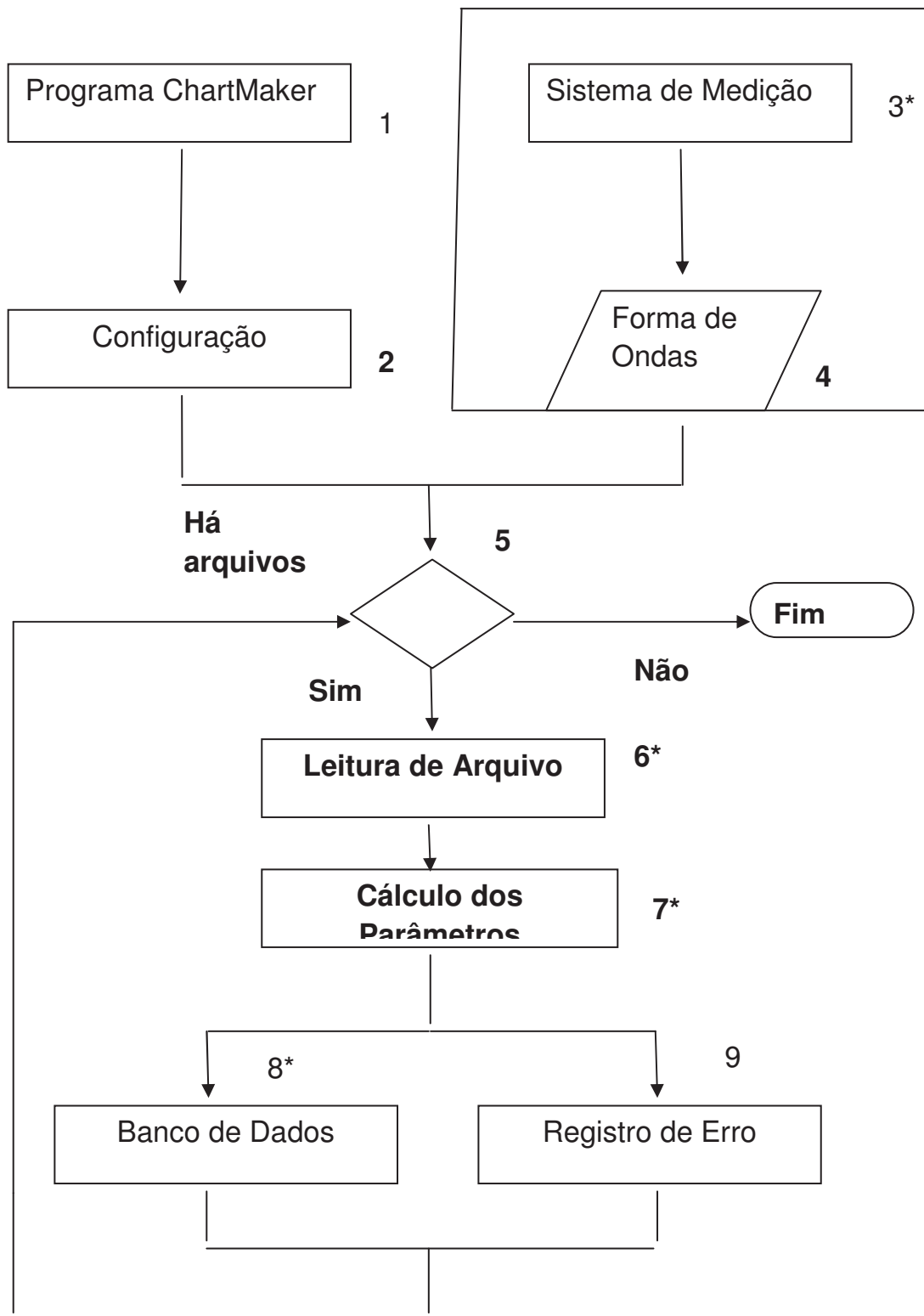


Figura 19: Fluxograma completo.

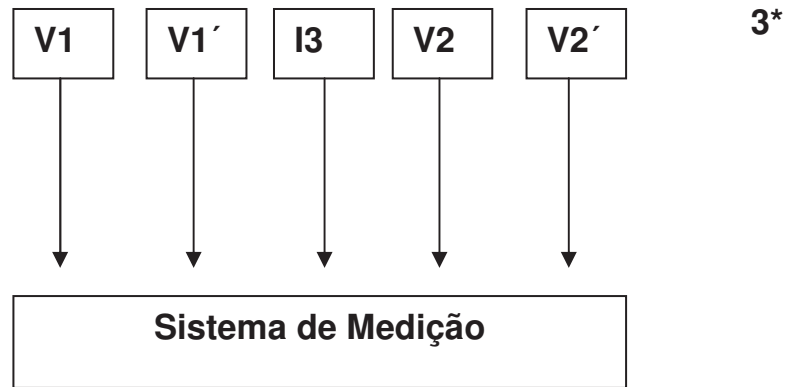


Figura 20: Elemento três.

Onde:

V1: Forma de onda da tensão induzida no ponto de medição um da linha de distribuição sem pára-raios.

V1': Forma de onda da tensão induzida no ponto de medição um da linha de distribuição com pára-raios.

V2: Forma de onda da tensão induzida no ponto de medição dois da linha de distribuição sem pára-raios.

V2': Forma de onda da tensão induzida no ponto de medição dois da linha de distribuição com pára-raios.

I3: Forma de onda da corrente da descarga capturada pela torre de medição

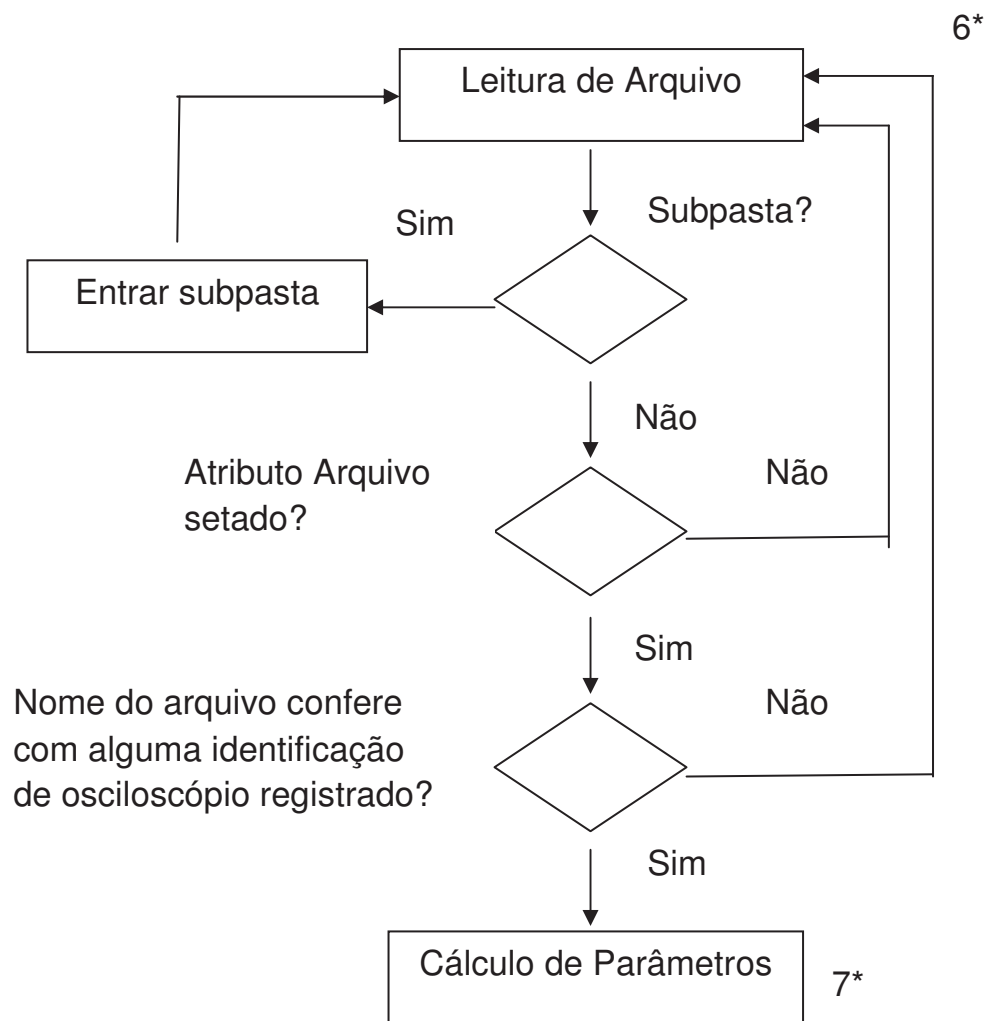


Figura 21: Elementos seis e sete.

7*

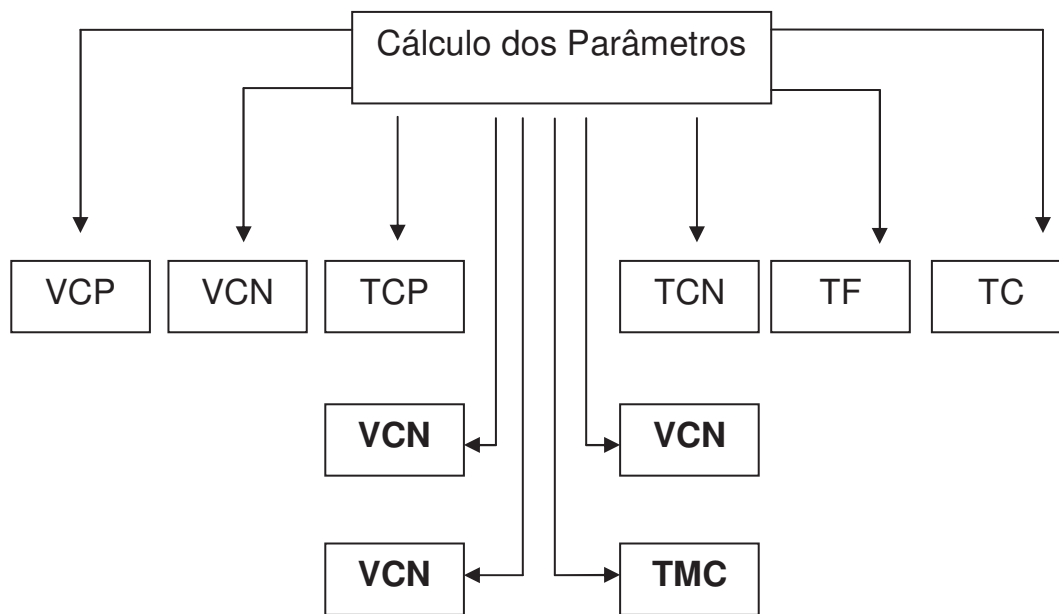
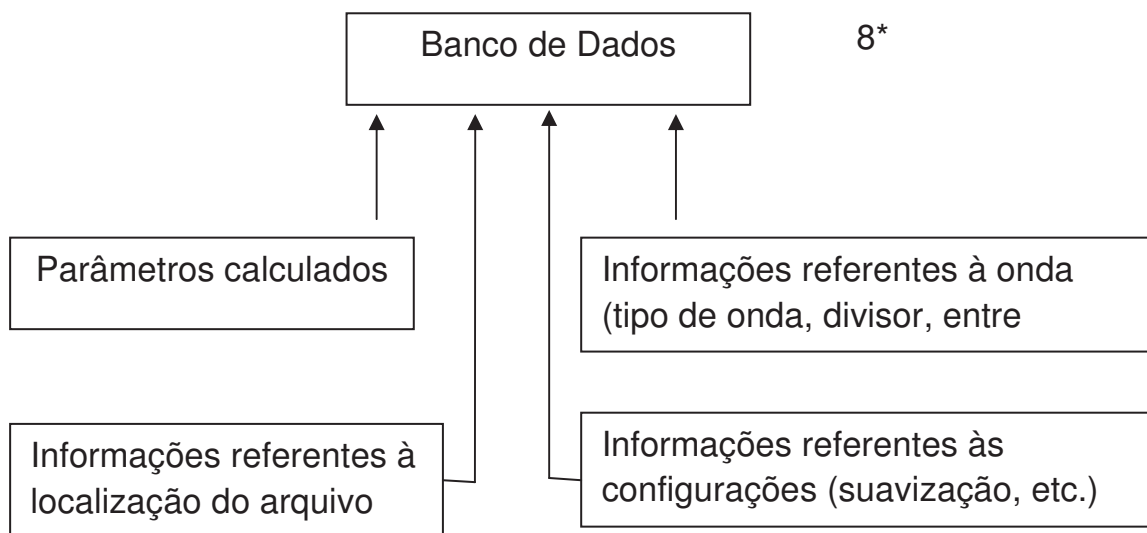


Figura 22: Elemento sete aprofundado.

Onde os significados das siglas são explicados nas páginas 20, 21 e 22 tópico 2.2 Parâmetros de Descarga



8*

Figura 23: Elemento oito.

Para a completa lista de campos contida no banco de dados ver página 38 à 42 tópico 5.1 Banco de dados.

5 RESULTADOS OBTIDOS

O programa apresenta como resultado um banco de dados com os parâmetros apresentados anteriormente, além de um arquivo texto dizendo qual erro e em qual arquivo foi encontrado.

O programa foi rodado no banco de dados de descargas atmosféricas do CENDAT e apresentou um bom resultado, apesar de terem ocorridos alguns erros matemáticos em alguns arquivos, esses erros foram descritos pelo arquivo de texto.

O resultado não pode ser publicado, mas as imagens a seguir foram dos arquivos utilizados para teste

5.1 Banco de dados

O programa gerou um banco de dados no formato .mdb e para a imagem foi utilizado um software gratuito de visualização desse tipo de arquivo o mdb viewer plus como se pode ver na Figura 24 a seguir.

Cód	Tip	Tempo de Frente	Tempo de Crista	Digito Visual	Valor de Crista Positiva	Tempo Valor de Crista Positiva	Valor de Crista Negativa	Tempo Valor de Crista Negativa	Taxa Max Decrescente	Tempo TMC	Taxa Max Decrescente	Tempo TMD	Classificação	
49	original	426,7003	402,5375	-102,2625	17,5	202,5	0	0	3,842	47,6	4,1667	309,2	exc1	Fa
50	original	426,7003	402,5375	-102,2625	17,5	202,5	0	0	3,842	47,6	4,1667	309,2	exc1	Fa
51	original	0,1270	0,1246	9,9039	53,7617	10,1	0	0	2670,995	10,00	2464,4526	10,12	exc2	Tr
52	original	0,1270	0,1246	9,9039	53,7617	10,1	0	0	2670,995	10,00	2464,4526	10,12	exc2	Tr
53	original	426,7003	402,5375	-102,2625	17,5	202,5	0	0	3,842	47,6	4,1667	309,2	exc1	Fa
54	original	426,7003	402,5375	-102,2625	17,5	202,5	0	0	3,842	47,6	4,1667	309,2	exc1	Fa
55	original	426,7003	402,5375	-102,2625	17,5	202,5	0	0	3,842	47,6	4,1667	309,2	exc1	Fa
56	original	426,7003	402,5375	-102,2625	17,5	202,5	0	0	3,842	47,6	4,1667	309,2	exc1	Fa
57	original	426,7003	402,5375	-102,2625	17,5	202,5	0	0	3,842	47,6	4,1667	309,2	exc1	Fa
58	original	426,7003	402,5375	-102,2625	17,5	202,5	0	0	3,842	47,6	4,1667	309,2	exc1	Fa
59	original	0,1270	0,1246	9,9039	53,7617	10,1	0	0	2670,995	10,00	2464,4526	10,12	exc2	Tr
60	original	426,7003	402,5375	-102,2625	17,5	202,5	0	0	3,842	47,6	4,1667	309,2	exc1	Fa
61	original	426,7003	402,5375	-102,2625	17,5	202,5	0	0	3,842	47,6	4,1667	309,2	exc1	Fa
62	original	426,7003	402,5375	-102,2625	17,5	202,5	0	0	3,842	47,6	4,1667	309,2	exc1	Fa
63	original	426,7003	402,5375	-102,2625	17,5	202,5	0	0	3,842	47,6	4,1667	309,2	exc1	Fa
64	original	426,7003	402,5375	-102,2625	17,5	202,5	0	0	3,842	47,6	4,1667	309,2	exc1	Fa
65	original	426,7003	402,5375	-102,2625	17,5	202,5	0	0	3,842	47,6	4,1667	309,2	exc1	Fa
66	original	426,7003	402,5375	-102,2625	17,5	202,5	0	0	3,842	47,6	4,1667	309,2	exc1	Fa
67	original	0,1270	0,1246	9,9039	53,7617	10,1	0	0	2670,995	10,00	2464,4526	10,12	exc2	Tr
68	original	426,7003	402,5375	-102,2625	17,5	202,5	0	0	3,842	47,6	4,1667	309,2	exc1	Fa
69	original	0,1270	0,1246	9,9039	53,7617	10,1	0	0	2670,995	10,00	2464,4526	10,12	exc2	Tr
70	original	426,7003	402,5375	-102,2625	17,5	202,5	0	0	3,842	47,6	4,1667	309,2	exc1	Fa
71	original	0,1270	0,1246	9,9039	53,7617	10,1	0	0	2670,995	10,00	2464,4526	10,12	exc2	Tr
72	original	426,7003	402,5375	-102,2625	17,5	202,5	0	0	3,842	47,6	4,1667	309,2	exc1	Fa
73	original	0,1270	0,1246	9,9039	53,7617	10,1	0	0	2670,995	10,00	2464,4526	10,12	exc2	Tr
74	original	426,7003	402,5375	-102,2625	17,5	202,5	0	0	3,842	47,6	4,1667	309,2	exc1	Fa
75	original	0,1270	0,1246	9,9039	53,7617	10,1	0	0	2670,995	10,00	2464,4526	10,12	exc2	Tr

Figura 24: Banco de dados.

Dentro do banco de dados temos duas tabelas: tabela dos arquivos originais que armazena os parâmetros calculados da forma de onda original. A onda original apenas é dividida pela relação de transformação do divisor. A tabela modificada que armazena os parâmetros calculados da forma de onda original modificada pelos filtros selecionados pelo usuário além do divisor.

Cada linha representa uma onda lida e os significados das colunas serão explicados a seguir.

Primeira coluna: *Código*. Código do arquivo gerado por numeração automático em ordem crescente, ou seja, o primeiro registro gerado é o número um, o segundo registro gerado é o número dois e assim em diante.

Segunda coluna: *Tipo*. Identifica se a forma de onda é a original, ou seja, aplicado somente a correção de escala ou se é modificado, onde se aplica os filtros selecionados para a onda.

Terceira coluna: *Tempo de Frente*. É o resultado do algoritmo Tempo de Frente apresentado no apêndice.

Quarta coluna: *Origem Virtual*. É o resultado do algoritmo Origem Virtual apresentado no apêndice.

Quinta coluna: *Valor de Crista Positivo*. É o resultado do algoritmo Valor de Crista Positivo apresentado no apêndice.

Sexta coluna: *Tempo de Valor de Crista Positivo*. É o resultado do algoritmo Tempo de Valor de Crista Positivo apresentado no apêndice.

Sétima coluna: *Valor de Crista Negativo*. É o resultado do algoritmo Valor de Crista Negativo apresentado no apêndice

Oitava coluna: *Tempo de Valor de Crista Negativo*. É o resultado do algoritmo Tempo de Valor de Crista Negativo apresentado no apêndice.

Nona coluna: *Taxa Máxima de Crescimento*. É o resultado do algoritmo Taxa Máxima de Crescimento apresentado no apêndice.

Décima coluna: *Tempo TMC*. É o resultado do algoritmo Tempo TMC apresentado no apêndice.

11º coluna: *Taxa Máxima de Decaimento*. É o resultado do algoritmo Taxa Máxima de Decaimento apresentado no apêndice.

12º coluna: *Tempo TMD*. É o resultado do algoritmo Tempo TMD apresentado no apêndice.

13º coluna: *Osciloscópio*. Indica qual osciloscópio capturou a forma de onda contida no respectivo registro.

A seguir Figura 25 mostrando a continuação da tabela original já que é necessário duas imagens para mostrar todos os campos.

Tensão Medida	Tempo TMD	Descritores	Tensão	Relação	Arquivo Original	Imagem	Observações
2464.4526	10.12	osc2	True	2	C:\Arquivos de programas\Bates\Depth\Project\chatmake_2006_nov\dados\VEH\altbauss\Chat\alt ba	(MEMO)	
4.3167	309.2	osc1	False	2	C:\Arquivos de programas\Bates\Depth\Project\chatmake_2006_nov\dados\altbauss\1.t	(MEMO)	
4.3167	309.2	osc1	False	2	C:\Arquivos de programas\Bates\Depth\Project\chatmake_2006_nov\dados\altbauss\1.t	(MEMO)	
2464.4526	10.12	osc2	True	2	C:\Arquivos de programas\Bates\Depth\Project\chatmake_2006_nov\dados\VEH\altbauss\Chat\alt ba	(MEMO)	
2464.4526	10.12	osc2	True	2	C:\Arquivos de programas\Bates\Depth\Project\chatmake_2006_nov\dados\VEH\altbauss\Chat\alt ba	(MEMO)	
4.3167	309.2	osc1	False	2	C:\Arquivos de programas\Bates\Depth\Project\chatmake_2006_nov\dados\altbauss\1.t	(MEMO)	
4.3167	309.2	osc1	False	2	C:\Arquivos de programas\Bates\Depth\Project\chatmake_2006_nov\dados\altbauss\1.t	(MEMO)	
4.3167	309.2	osc1	False	2	C:\Arquivos de programas\Bates\Depth\Project\chatmake_2006_nov\dados\altbauss\1.t	(MEMO)	
4.3167	309.2	osc1	False	2	C:\Arquivos de programas\Bates\Depth\Project\chatmake_2006_nov\dados\altbauss\1.t	(MEMO)	
2464.4526	10.12	osc2	True	2	C:\Arquivos de programas\Bates\Depth\Project\chatmake_2006_nov\dados\VEH\altbauss\Chat\alt ba	(MEMO)	
4.3167	309.2	osc1	False	2	C:\Arquivos de programas\Bates\Depth\Project\chatmake_2006_nov\dados\altbauss\1.t	(MEMO)	
4.3167	309.2	osc1	False	2	C:\Arquivos de programas\Bates\Depth\Project\chatmake_2006_nov\dados\altbauss\1.t	(MEMO)	
4.3167	309.2	osc1	False	2	C:\Arquivos de programas\Bates\Depth\Project\chatmake_2006_nov\dados\altbauss\1.t	(MEMO)	
4.3167	309.2	osc1	False	2	C:\Arquivos de programas\Bates\Depth\Project\chatmake_2006_nov\dados\altbauss\1.t	(MEMO)	
4.3167	309.2	osc1	False	2	C:\Arquivos de programas\Bates\Depth\Project\chatmake_2006_nov\dados\altbauss\1.t	(MEMO)	
4.3167	309.2	osc1	False	2	C:\Arquivos de programas\Bates\Depth\Project\chatmake_2006_nov\dados\altbauss\1.t	(MEMO)	
4.3167	309.2	osc1	False	2	C:\Arquivos de programas\Bates\Depth\Project\chatmake_2006_nov\dados\altbauss\1.t	(MEMO)	
2464.4526	10.12	osc2	True	2	C:\Arquivos de programas\Bates\Depth\Project\chatmake_2006_nov\dados\VEH\altbauss\Chat\alt ba	(MEMO)	
4.3167	309.2	osc1	False	2	C:\Arquivos de programas\Bates\Depth\Project\chatmake_2006_nov\dados\altbauss\1.t	(MEMO)	
2464.4526	10.12	osc2	True	2	C:\Arquivos de programas\Bates\Depth\Project\chatmake_2006_nov\dados\VEH\altbauss\Chat\alt ba	(MEMO)	
4.3167	309.2	osc1	False	2	C:\Arquivos de programas\Bates\Depth\Project\chatmake_2006_nov\dados\altbauss\1.t	(MEMO)	
2464.4526	10.12	osc2	True	2	C:\Arquivos de programas\Bates\Depth\Project\chatmake_2006_nov\dados\VEH\altbauss\Chat\alt ba	(MEMO)	
4.3167	309.2	osc1	False	2	C:\Arquivos de programas\Bates\Depth\Project\chatmake_2006_nov\dados\altbauss\1.t	(MEMO)	

Figura 25: Banco de dados continuação tabela original.

14^o coluna: *Tensão?*. Indica se o osciloscópio está medindo tensão ou corrente. True = tensão, False = Corrente.

15^o coluna: *Relação*. É a relação de transformação do divisor de tensão ou do shunt. Sendo que essa relação está dividindo o arquivo.

A partir da 15^o coluna as duas tabelas diferem. A mostrada na Figura 21 refere-se à tabela original e será explicada primeiro, em seguida a modificada Figura 22.

16^o coluna: *Arquivo Original*. É o caminho do arquivo no computador quando a forma de onda foi lida.

17^o coluna: *Imagem*. É o caminho para a imagem da forma de onda processada em formato de hiperlink para facilitar a visualização da imagem gerada.

18^o coluna: *Observações*. Comentários que se queira deixar registrado sobre a forma de onda.

Continuando a 16^o coluna da tabela modificada mostrada na Figura 26.

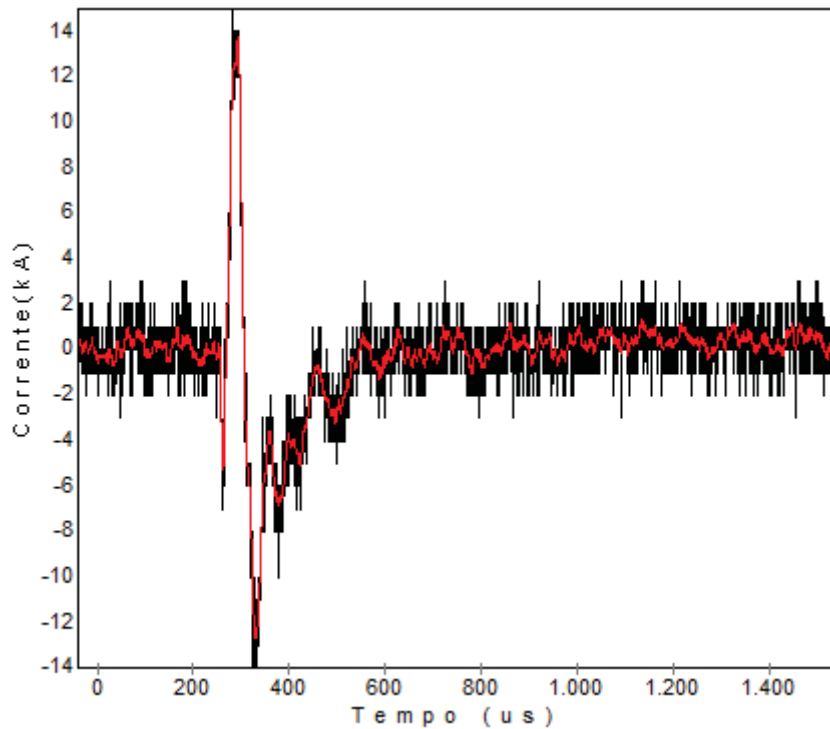


Figura 27: Imagem original e modificada sobreposta.

20º coluna: *Offset*. É o valor o qual à tensão média estava acima ou abaixo de 0V quando o sistema não capturava nenhuma forma de onda.

21º coluna: *Suavização*. É o valor de suavização selecionado para a função de suavização.

22º coluna: *Arquivo Original*. Caminho do arquivo original gerado pelo sistema de medição no computador.

23º coluna: *Observações*. Comentários que se queira deixar registrado sobre a forma de onda.

5.2 Registro de erro

Caso haja algum erro no arquivo que estão sendo lido, o programa salva o caminho e o nome do arquivo e o motivo do erro em um bloco de notas (formato .txt)

Os erros que podem ser gerados são dois:

Cálculo inadequado de parâmetros

Esse erro é gerado quando ocorre um erro matemático durante o cálculo dos parâmetros.

Arquivo inválido

Esse erro ocorre quando algum arquivo que não está em formato .txt é inserido ou um arquivo no formato .txt mas que contenha dentro dele algum outro caractere que não seja número ou ponto separando a parte inteira da decimal é lido.

A imagem a seguir, Figura 28, mostra um reporte de erro gerado.

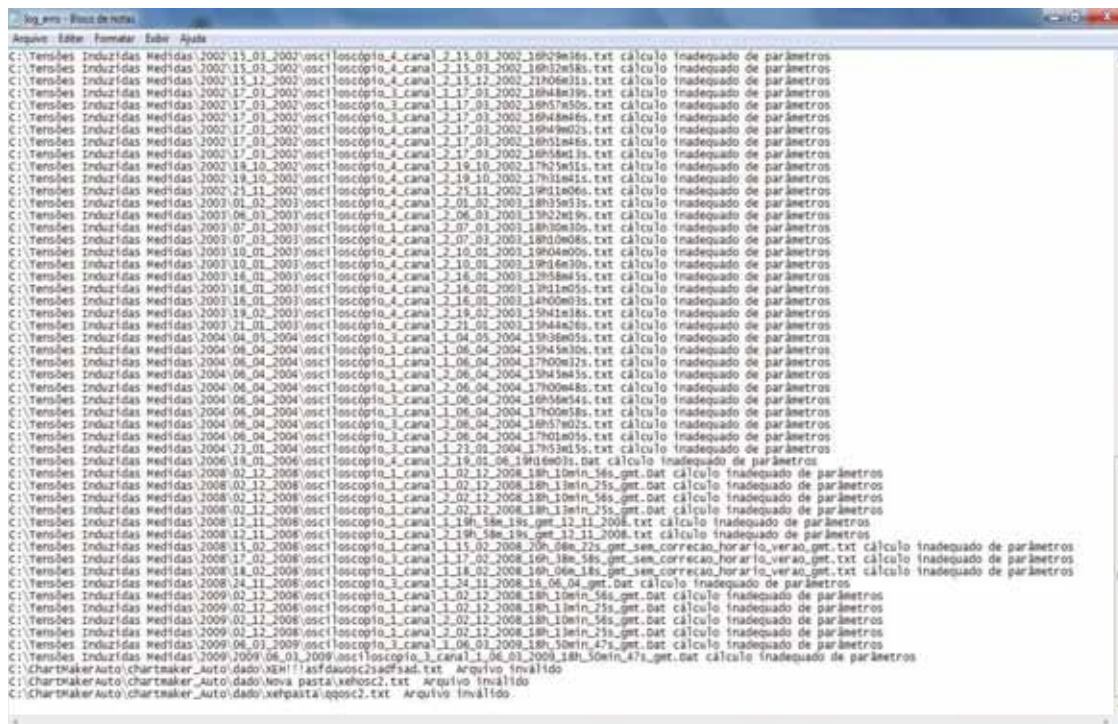


Figura 28: Imagem do reporte de erro gerado.

6 CONCLUSÃO

O programa foi capaz de processar os dados como foi proposto e montar um banco de dados para análise de dados.

Este trabalho está possibilitando uma economia de tempo para os pesquisadores do CENDAT.

Todas as formas de ondas capturadas pelo sistema de medição desde 2002, ano que entrou em operação o sistema, foi analisada em aproximadamente 10 minutos, tempo que se levava para analisar e catalogar uma única forma de onda.

As maiores dificuldades para a realização desse programa foi o desconhecimento do ambiente de programação IDE Borland Delphi 7, que utiliza linguagem de programação Delphi, da programação de banco de dados e da programação não muito clara da versão anterior o que ocorreu com a última versão também. Também se ressalta que há necessidade da realização de mais testes no programa para verificar a existências de erros que possa comprometer o bom funcionamento do programa.

As sugestões para trabalhos futuros seriam:

Melhorar a seletividade dos filtros que podem ser selecionados.

Melhorar os algoritmos de cálculo de parâmetros para que não ocorra mais cálculo inadequado de parâmetros.

Introduzir um novo algoritmo que reconheça e remova as formas de ondas com algum “defeito” como medição fora da escala do equipamento utilizado ou qualquer outro acontecimento que distorça a forma de onda.

Produção automática de relatórios com os dados necessários e imagens da forma de onda, caso se tenha interesse de publicar alguma onda capturada no sistema de medição.

REFERÊNCIAS

Anderson, R. B., & Eriksson, A. J. (1988). Lightning Parameters for Engineering Application. *Electra* , 65-101.

Carvalho, T. O., Piantini, A., Silva Neto, A., Janiszewski, J. M., Altafim, R. A., & Nogueira, A. L. (s.d.). Desenvolvimento de sistema para estudo de tensões induzidas em linhas de média tensão por descargas atmosféricas. *VI SBQEE* .

Choy, L. A, Darveniza, M. (1971). A sensitivity analysis of lightning performance calculations for transmission lines. *IEE Trans. PAS* , 1443-1451.

Erksson, A. J. (1984). Reply to discussion on paper "Lightning and tall structures". *Trans. S. African Inst. of ELec. Engs, Vol 70 no 5* .

Pinto, J. R., Pinto, I. R. (2000). *Tempestades e Relâmpagos no Brasil*. São José dos Campos: Instituto de Pesquisas Espaciais.

Rakov, V. A., Uman, M. A, (2003). *Lightning: physics and effects*. Cambridge University Press, 687p.

APÊNDICE

Algoritmos do Programa

No Quadro 1 são mostrados as variáveis utilizadas e uma breve descrição.

Quadro 1 - variáveis utilizadas e descrição.

Variável	Descrição
Npontos	Armazena a quantidade de pontos do arquivo original.
Tempo	Vetor que indica o tempo da onda
Onda	Vetor que indica a tensão da onda
aux, aux1, aux2	Auxiliar para cálculos
V9	Valor da onda no eixo das ordenadas a 90% de VCP
V3	Valor da onda no eixo das ordenadas a 30% de VCP
T9	Valor da onda no eixo das abscissas a 90% de VCP
T3	Valor da onda no eixo das abscissas a 30% de VCP

Algoritmo 1: Valor de Crista Positivo (VCP):

Início

VCP = onda[0]

Para i = 0 até i = npontos - 1:

Começo

se VCP < onda[i+1]

VCP = onda[i+1]

VCPi = i+1

fim.

Fim.

Algoritmo 2: Valor de Crista Negativo (VCN):

Início

VCN = onda[0]

Para i = 0 até i = npontos - 1:

 Começo

 Se VCN > onda[i+1]

 VCN = onda[i+1]

 VCNi = i+1

 fim.

Fim.

Algoritmo 3: Tempo de Frente (TF):

Início

V9 = 0.9 * VCP (ponto de 90% de VCP)

Para i = 0 até i = VCPi

Início

 Se onda[i] < V9

 Início

 V9a = onda[i]

T9a = tempo[i]

V9b = onda[i+1]

T9b = tempo[i+1]

aux2 = i

Fim

Fim

V3 = 0.3 * VCP (ponto de 30% de VCP)

Para i = 0 até aux2

Início

Se onda[i] < V3

Início

V3a = onda[i]

T3a = tempo[i]

V3b = onda[i+1]

T3b = tempo[i+1]

Fim

Fim

M9 = (v9d-v9a) / (t9d-t9a) // inclinação da reta tangente ao ponto de 90% de VCP antes de VCP

M3 = (v3d-v3a) / (t3d-t3a) // inclinação da reta tangente ao ponto de 30% de VCP antes de VCP

aux2 = v9d - (m9*t9d)

t9 = (v9-aux2) / m9 // interpolação linear para tempo de 90% de VCP

$$\text{aux2} = v3d - (m3 * t3d)$$

$$t3 = (v3 - \text{aux2}) / m3 \text{ // interpolação linear para tempo de 30\% de VCP}$$

$$\text{TF} = (t9 - t3) / (0.9 - 0.3)$$

Algoritmo 4: Origem Virtual (OV)

$$\text{OV} = t3 - 0.3 * \text{TF}$$

Algoritmo 5: Tempo de Cauda (TC):

Início

$$V5 = 0.5 * \text{VCP} \text{ (ponto de 50\% de VCP)}$$

Para $i = \text{VCP}_i$ até $i = \text{npontos}$

Início

Se $\text{onda}[i] > V5$

Início

$$V5a = \text{onda}[i]$$

$$T5a = \text{tempo}[i]$$

$$V5b = \text{onda}[i+1]$$

$$T5b = \text{tempo}[i+1]$$

$$\text{aux} = i$$

Fim

Fim

$M5 = (v5d - v5a) / (t5d - t5a)$ // inclinação da reta tangente ao ponto de 50% de VCP após VCP

$aux2 = v5d - (m5 * t5d)$

$TC = (v5 - aux2) / m5 - OV$

Algoritmo 6: Taxa Máxima de Crescimento (TMC):

Início

TMC = 0

aux = 2

Enquanto aux < VCPi

Faça

$TMC1 = (onda[aux+1] - onda[aux-1]) / (tempo[i+1] - tempo[i-1])$

Se TMC < TMC1

Início

TMC = TMC1

TMCi = tempo[aux]

fim

aux = aux+1

fim

fim

Algoritmo 7: Taxa Máxima de Decaimento (TMD):

Início

TMD = 0

aux = VCPi

Enquanto aux < npontos

Faça

$TMC1 = (onda[aux-1] - onda[aux+1]) / (tempo[i-1] - tempo[i+1])$

Se TMC < TMC1

Início

TMC = TMC1

TMCi = tempo[aux]

fim

fim

fim

Algoritmo 8: Tirar off-set

Início

med = 0;

f = Arredondamento(npontos * 0.1);

Se f < 1 então

Fim do aplicativo;

Senão

Para aux = 1 até f

Início

med = med + tensão[aux]

fim

med = med/f

Para aux = 1 até npontos

Início

onda[aux] = onda[aux] – med;

fim;

fim

Algoritmo 9: Suavização.

Início

s = 10 // grau de suavização

m = 0 // média

Para aux = 10 até npontos

Início

Para aux2 = (aux – s) até (aux + s)

Início

m = tensão[aux2] + m

fim

tensão[aux] = m/s;

fim

ANEXO

Carvalho, T. O., Piantini, A., Silva Neto, A., Janiszewski, J. M., Altafim, R. A., & Nogueira, A. L. (s.d.). Desenvolvimento de sistema para estudo de tensões induzidas em linhas de média tensão por descargas atmosféricas. VI SBQEE, páginas 3-4 .

A torre na qual podem incidir as descargas é metálica, com estais isolantes e altura de 62,5 m. Para a medição das correntes das descargas, na base da torre foi instalado um resistor “shunt” por onde toda corrente flui até atingir o sistema de aterramento. O resistor “shunt” foi projetado para que o seu valor fosse baixo ($3,28 \text{ m}\Omega$), possibilitando a medição direta das correntes das descargas pelo osciloscópio. A base da torre é isolada da terra por isoladores de porcelana tipo suporte cilíndrico. O sistema de medição de corrente é composto pelo resistor “shunt”, osciloscópio, “mini modem”, bateria, carregador de bateria e protetor contra surtos.

Em relação à linha de distribuição foi utilizado cruzetas de tamanho superior ao convencional permitiu a instalação de duas linhas no mesmo poste em uma das quais foi instalado pára-raios e a outra desprovida de qualquer proteção, as informações referente ao sistema de transmissão são mostrados abaixo na Figura 29 e Figura 30.

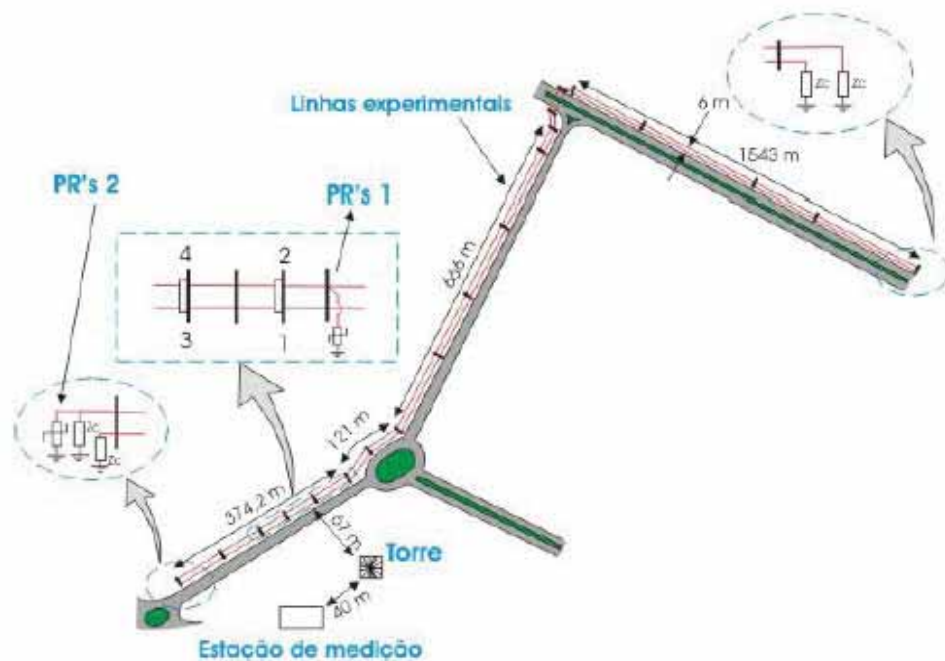


Figura 29: Traçado real das linhas experimentais com a localização dos pára-raios, torre e estação de medição. (Carvalho, Piantini, Silva Neto, Janiszewski, Altafim, & Nogueira, 2005).

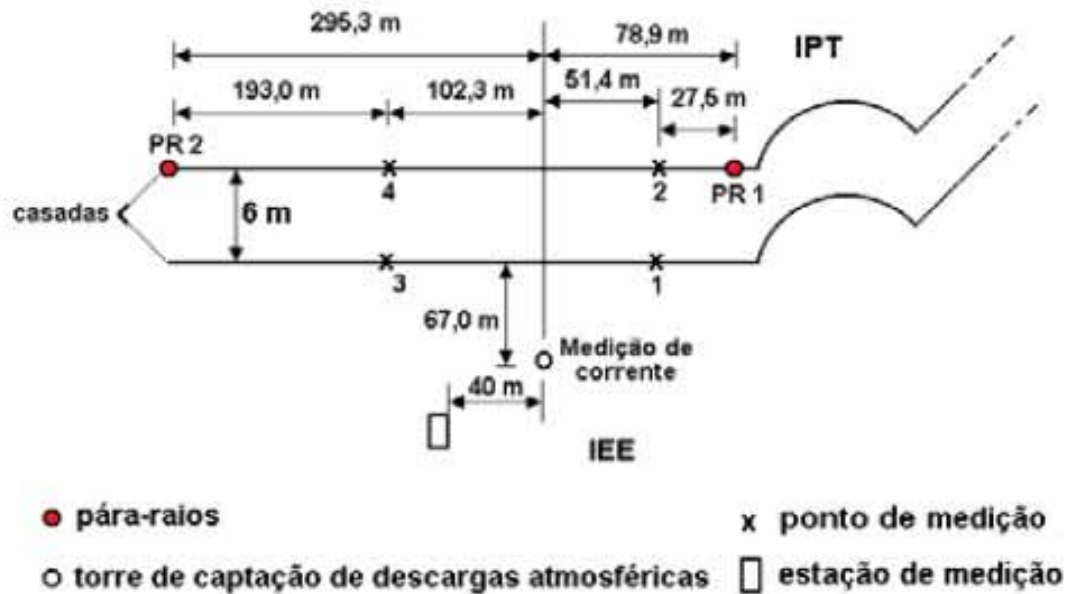


Figura 30: Localização dos pontos de medição um, dois, três e quatro. (Carvalho, Piantini, Silva Neto, Janiszewski, Altafim, & Nogueira, 2005).

A Figura 29 apresenta o esquema das linhas experimentais que são monofásicas, têm aproximadamente 2,7 km de comprimento e não estão energizadas. Na linha mais afastada da torre foi instalada proteção (pára-raios). Essas duas linhas são sustentadas pelos mesmos postes e instaladas nos dois extremos de cruzetas especiais, com aproximadamente 6 m de comprimento. Essa separação das linhas é suficiente para que não haja influência mútua significativa. Ambas as linhas experimentais possuem resistores com valor de resistência igual ao da impedância característica das linhas. Instalados em suas extremidades, para minimizar a ocorrência de reflexões das ondas de tensão. Além do resistor, a linha protegida tem pára-raios em uma das extremidades, como mostrado na Figura 30. Um dos pontos de medição está situado a apenas 30 m do pára-raios para facilitar a verificação do seu efeito na diminuição das tensões induzidas. Por sua vez, o outro ponto de medição está mais afastado do pára-raios. Logo, a influência da distância entre pára-raios nas tensões induzidas pode ser avaliada.

Os equipamentos destinados à medição das tensões induzidas estão contidos dentro de caixas metálicas instaladas nos postes da linha de distribuição. Para a medição das tensões induzidas pelas descargas atmosféricas são utilizados divisores de tensão resistivos localizados em dois pontos de cada linha experimental. Cada divisor de tensão foi instalado em uma caixa blindada, ficando em seu interior o braço de baixa tensão do divisor, um osciloscópio e suas pontas de prova e um “mini modem” de comunicação via fibra óptica.

O sistema de medição de tensões induzidas é composto por quatro divisores de tensão, quatro osciloscópios, duas baterias, dois carregadores de bateria, dois contadores, dois "mini modems" e dois protetores contra surtos. O acionamento do sistema pode ser realizado de duas maneiras através do programa de controle e aquisição de dados: a primeira é quando o sistema funciona durante o período previamente agendado. A

segunda é através do monitoramento de um dos osciloscópios que está sempre ligado, ou seja, quando ocorre uma indução nas linhas, a forma de onda de tensão é armazenada pelo osciloscópio e isso faz com que o programa envie um comando para ligar os demais osciloscópios.