



Ministério da
Ciência e Tecnologia



INPE-16705-MAN/55

SOFTWARE PARA VISUALIZAÇÃO DE CENTROS DE ATIVIDADE CONVECTIVAS (CAC)

Varlei Everton Menconi

Dr. Odin Mendes Junior

Dra. Margarete Oliveira Domingues

Mirian Caetano

Dr. Stephan Stephany

Software gerador de campo de densidade de ocorrência de descargas elétricas atmosféricas nuvem-solo em latitudes tropicais e sub-tropicais para visualização de centros de atividade elétrica associados a atividade convectiva.

Registro do documento original:

<<http://urlib.net/sid.inpe.br/mtc-m19@80/2010/04.22.14.36>>

INPE
São José dos Campos
2010

PUBLICADO POR:

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE

Gabinete do Diretor (GB)

Serviço de Informação e Documentação (SID)

Caixa Postal 515 - CEP 12.245-970

São José dos Campos - SP - Brasil

Tel.:(012) 3208-6923/6921

Fax: (012) 3208-6919

E-mail: pubtc@sid.inpe.br

CONSELHO DE EDITORAÇÃO:

Presidente:

Dr. Gerald Jean Francis Banon - Coordenação Observação da Terra (OBT)

Membros:

Dr^a Inez Staciarini Batista - Coordenação Ciências Espaciais e Atmosféricas (CEA)

Dr^a Maria do Carmo de Andrade Nono - Conselho de Pós-Graduação

Dr^a Regina Célia dos Santos Alvalá - Centro de Ciência do Sistema Terrestre (CST)

Marciana Leite Ribeiro - Serviço de Informação e Documentação (SID)

Dr. Ralf Gielow - Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPT)

Dr. Wilson Yamaguti - Coordenação Engenharia e Tecnologia Espacial (ETE)

Dr. Horácio Hideki Yanasse - Centro de Tecnologias Especiais (CTE)

BIBLIOTECA DIGITAL:

Dr. Gerald Jean Francis Banon - Coordenação de Observação da Terra (OBT)

Marciana Leite Ribeiro - Serviço de Informação e Documentação (SID)

Deicy Farabello - Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPT)

REVISÃO E NORMALIZAÇÃO DOCUMENTÁRIA:

Marciana Leite Ribeiro - Serviço de Informação e Documentação (SID)

Yolanda Ribeiro da Silva Souza - Serviço de Informação e Documentação (SID)

EDITORAÇÃO ELETRÔNICA:

Vivéca Sant'Ana Lemos - Serviço de Informação e Documentação (SID)



Ministério da
Ciência e Tecnologia



INPE-16705-MAN/55

SOFTWARE PARA VISUALIZAÇÃO DE CENTROS DE ATIVIDADE CONVECTIVAS (CAC)

Varlei Everton Menconi

Dr. Odin Mendes Junior

Dra. Margarete Oliveira Domingues

Mirian Caetano

Dr. Stephan Stephany

Software gerador de campo de densidade de ocorrência de descargas elétricas atmosféricas nuvem-solo em latitudes tropicais e sub-tropicais para visualização de centros de atividade elétrica associados a atividade convectiva.

Registro do documento original:

<<http://urlib.net/sid.inpe.br/mtc-m19@80/2010/04.22.14.36>>

INPE
São José dos Campos
2010

AGRADECIMENTOS

O software **CAC** foi desenvolvido com participação, recursos e auxílio dos órgãos institucionais abaixo relacionados. A esses, os autores agradecem imensamente a colaboração e parceria, que efetivamente, possibilitaram a realização deste trabalho.

CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico)

- Análise de Magnetogramas para estudos do acoplamento eletrodinâmico do vento solar-magnetosfera-ionosfera durante tempestades geomagnéticas (Processo 486185/2006-0);
- Mineração de dados associados a Sistemas Convectivos (Cb-Mining) (Processo 479510/2006-7);
- Adaptabilidade temporal e espacial de Equações Diferenciais Parciais no contexto wavelet (Processo 308680/2007-3);
- Caracterização das tempestades geomagnéticas e dos processos do acoplamento eletrodinâmico Sol-Terra (Processo 309017/2007-6).

FAPESP (Fundação de Apoio a Pesquisa do Estado de São Paulo)

- Estruturação de um ambiente computacional científico para análise de eventos complexos do acoplamento eletrodinâmico Sol-Terra (Processo 2008/09736-1).

FINEP (Financiadora de Estudos e Projetos)

- Tempestades: Desenvolvimento de um sistema dinamicamente adaptativo para produção de alertas para a região Sul/Sudeste (ADAPT) (mais especificamente na Meta 2: *Mineração de dados para identificação de condições favoráveis à gênese e evolução de tempestades.*)

RESUMO

O software para visualização de **CENTROS DE ATIVIDADE CONVECTIVAS (CAC)** gera campos de densidade de ocorrências de descargas elétricas atmosféricas do tipo nuvem-solo em latitudes tropicais e sub-tropicais, permitindo associar regiões mais intensas desses campos como sendo centros de atividade convectiva eletricamente ativa. O usuário especifica a região de interesse e o intervalo de tempo em que encontra-se o conjunto de descargas ocorridas e o software então calcula o campo de densidade correspondente. Tal campo é calculado por uma técnica de estimação de densidade conhecida como **kernel estimation** (estimação de núcleo). Dessa maneira é possível gerar campos suaves de densidade de ocorrências que permitem delimitar mais claramente a partir das descargas, as supostas regiões de atividade convectiva eletricamente ativa as quais são muito esparsas no espaço e no tempo.

LISTA DE FIGURAS

	<u>Pág.</u>
3.1 Gráfico de densidade estimada gerado pelo programa CAC.	21
3.2 Gráfico de densidade com foco na área de maior concentração de descar- gas.	22
3.3 Gráfico de densidade gerado com raio de influência de Silverman.	23
3.4 Gráfico de densidade com foco na área de maior concentração de descar- gas com raio de influência de Silverman.	24
4.1 Densidade estimada gerado na execução do programa CAC.	32
4.2 Densidade estimada regeado pelo programa CAC_REMAKEMAPS alterando-se área de visualização.	32

LISTA DE TABELAS

	<u>Pág.</u>
2.1 Conjunto de arquivos que compõem o pacote CAC	3
2.2 Argumentos de compilação do Gnu/Gcc usados no CAC	5
3.1 Descrição dos campos no formato UALF	10
3.2 Lista parcial de registros de dados em formato UALF	13
3.3 Descrição dos campos de dados gerados em formato .STORM	15
3.4 Lista parcial de registros de dados em formato .STORM	16
3.5 Descrição dos parâmetros de configuração do programa CAC	17
3.6 Nomenclatura dos arquivos auxiliares gerados pelo programa.	25
3.7 Conteúdo dos arquivos auxiliares criados pelo CAC	25
3.8 Campos contidos no arquivo auxiliar .dat após execução do CAC	27
4.1 Descrição dos argumentos do programa cac_remakemaps	31

SUMÁRIO

	<u>Pág.</u>
1 Introdução	1
2 Distribuição e Instalação do software CAC	3
2.1 Arquivos-fontes que compõem o pacote.	3
2.2 Compilação dos fontes	4
2.3 Pacotes auxiliares necessários à execução do CAC	7
2.3.1 <i>GNU/Gnuplot</i>	7
2.3.2 <i>GNU/Kview</i>	8
3 Execução do Programa CAC	9
3.1 Tipos de arquivos de dados processados pelo CAC.	10
3.1.1 <i>Arquivo de dados em formato UALF</i>	10
3.1.2 <i>Arquivos de dados gerados pelo detector StormTracker.</i>	14
3.2 Parâmetros de configuração do CAC	16
3.3 Exemplos de execução, mapas e resultados gerados pelo CAC	21
3.4 Arquivos de saída auxiliares gerados pelo programa	25
3.4.1 <i>Arquivo .dat com os resultados dos dados processados.</i>	27
3.4.2 <i>Arquivo cac_remakemaps_dataarea.dat</i>	30
3.4.3 <i>Arquivo cac_remakemaps_viewarea.dat</i>	30
4 O programa CAC_REMAKEMAPS	31
4.1 Execução do cac_remakemaps	31
4.2 Execução do CAC em conjunto com CAC_REMAKEMAPS	31
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	34

1 Introdução

O software para visualização de **CENTROS DE ATIVIDADE CONVECTIVAS (CAC)** estima campos de densidade de ocorrências de descargas elétricas atmosféricas do tipo nuvem-solo em latitudes tropicais e sub-tropicais a partir de dados de ocorrências de descargas, que contém sua localização e instante de ocorrência. Maiores informações sobre descargas elétricas atmosféricas e suas relações com as atividades convectivas podem ser encontradas em (MACGORMAN, D. R.; RUST, W. D., 1998).

O usuário especifica a região de interesse e o intervalo de tempo em que se encontram o conjunto de descargas ocorridas, a partir do que o software calcula o correspondente campo de densidade de ocorrência de descargas. Tal campo é calculado por uma técnica de estimação de densidade conhecida como **kernel estimation** (estimação de núcleo), descrita em (SILVERMAN, B. W., 1990) e (SCOTT, D. W., 1992). Dessa maneira é possível gerar campos suaves de densidade de ocorrências que permitem delimitar mais claramente a partir das descargas, as supostas regiões de atividade convectiva eletricamente ativa as quais são muito esparsas no espaço e no tempo.

A aplicação dessa técnica foi proposta originalmente por Politi nos trabalhos de (POLITI, J., 2005) e (POLITI, J. et al.,) com o intuito de rastrear a atividade convectiva eletricamente ativa por meio das descargas nuvem-solo, tendo sido originalmente implementada no ambiente MatLab. Esse tipo de trabalho constitui etapa de desenvolvimento dentro de análise de eletrodinâmica espacial, como explicitado por (MENDES, O. JR.; DOMINGUES, M. O., 2000).

Este software, bem como a teoria relativa à aplicação do método para geração dos campos de densidade de descargas, está descrito em (MENCONI, V. E. et al., 2010). Ao longo deste documento, por conveniência, o valor do campo de densidade de ocorrências de descargas calculado por este programa será referido simplesmente como *kernel*.

Mais recentemente, usando esta ferramenta (CAETANO, M. et al., 2009) desenvolveram um estudo de correlação desses campos com as atividades convectivas.

Este software possibilita processar dados no formato **UNIVERSAL ASCII LIGHTNING FORMAT (UALF)**, que é o formato adotado atualmente pela rede **REDE INTEGRADA NACIONAL DE DETECÇÃO DE DESCARGAS**

ATMOSFÉRICAS (RINDAT) (<http://www.rindat.com.br>). Este formato de arquivo é composto por 25 (vinte e cinco) colunas de dados e entre eles, encontram-se essencialmente a localização e o instante de ocorrência, além de outros dados que permitem, por exemplo, estimar a carga elétrica de cada descarga. Maiores informações e a descrição de cada campo deste formato estão contidas no Capítulo 3, Sessão 3.1.1, pág. 10.

Outro formato de dados que este software permite processar é o formato **STORM**. Neste, os dados são gerados a partir de um método integração de dados com base no formato do detector StormTracker. Maiores informações sobre este formato consultar o Capítulo 3, Sessão 3.1.2, pág.14.

O software **CAC** foi escrito em linguagem C++, originalmente compilado com o pacote GNU C Compiler (**GNU/Gcc**), em ambiente GNU/Linux (amd64), distribuição Debian, versão 5.02. Gera arquivos de saída referentes à densidade de descargas, dentre outros dados, em formato ASCII. O software faz também a visualização dos campos gerados por meio do pacote GNU/Gnuplot (disponível atualmente em <http://www.gnuplot.info/>).

Na sequência deste manual, o Capítulo 2 discutirá a Instalação do Software **CAC**. Nesta parte encontram-se informações sobre o pacote **CAC**, arquivos-fontes; compilação e detalhes de instalação do programa; e ainda referências aos programas externos auxiliares necessários para processar o **CAC**.

O Capítulo 3 trata da Execução do programa **CAC**. Neste tópico encontram-se as descrições dos arquivos de dados utilizados como entrada para o programa; configuração dos parâmetros de execução; exemplos de chamadas de execução do programa; arquivos auxiliares criados; mapas e resultados produzidos após o processamento do **CAC**.

No Capítulo 4 é apresentada uma descrição do programa **CAC_REMAKEMAPS**, um programa integrante do pacote **CAC**, que pode ser alternativo em relação ao executável **CAC** em determinadas situações.

O índice deste manual traz a descrição completa de cada tópico discutido nos capítulos citados.

2 Distribuição e Instalação do software CAC

2.1 Arquivos-fontes que compõem o pacote.

O programa **CAC** foi desenvolvido em linguagem C++ e atualmente é composto por cinco (5) arquivos descritos na Tabela 2.1.

Tabela 2.1 - Conjunto de arquivos que compõem o pacote **CAC**

<i>Arquivo</i>	<i>Descrição</i>
cac.cpp	Arquivo com o código fonte principal do programa CAC e que contém a função <code>main()</code> .
cac_functions.cpp	Arquivo-fonte auxiliar que contém os códigos das funções e estruturas de dados utilizados no programa.
cac_remakemaps.cpp	<p>Arquivo-fonte do programa <code>cac_remakemaps</code>. Este é um programa independente e complementar ao executável CAC. CAC_REMAKEMAPS tem o objetivo de regerar os mapas do CAC sem a necessidade de reprocessamento ou recálculo dos dados, quando for alterado apenas a área de visualização (parâmetros 11 a 14) setadas no arquivo <code>cac.cfg</code>.</p> <p>Para isso, é necessário que os parâmetros de filtro (parâmetros de 1 a 10) sejam mantidos (vide Capítulo 3, Sessão 3.2, página 16).</p> <p>Maiores informações sobre o programa cac_remake-maps, consulte o Capítulo 4, página 31.</p>
cac.cfg	<p>Arquivo de configuração dos parâmetros de processamento do programa. Deve ser gerado pelo usuário (em formato ASCII) e gravado no mesmo diretório do executável CAC.</p> <p>Os valores para cada parâmetro devem ser inseridos neste arquivo respeitando a ordem pré definida pelo programa (vide Capítulo 3, Sessão 3.2, pág. 16.).</p>

(continua...)

Tabela 2.1 (conclusão)

<i>Arquivo</i>	<i>Descrição</i>
	Note que este arquivo não é realmente necessário uma vez que os parâmetros de processamento podem ser inseridos diretamente via linha de comando, na execução do CAC . Neste caso, o programa ignora a leitura do arquivo <code>cac.cfg</code> .
<code>cac_south_america_map.dat</code>	Arquivo de dados contendo coordenadas geográficas de toda a América do Sul, necessário para plotagem dos mapas finais processados pelo programa CAC .

2.2 Compilação dos fontes

O Compilador GNU C Compiler (GNU/Gcc)

O **CAC** pode ser gerado a partir da compilação dos dois arquivos fontes `cac.cpp` e `cac_functions.cpp` que compõem o pacote.

O ambiente computacional utilizado no desenvolvimento deste programa foi o GNU/Linux, distribuição Debian, versão 5.02, arquitetura amd64. O GNU/Linux é um sistema operacional distribuído sobre licença **GNU/GENERAL PUBLIC LICENSE (GNU/GPL)** e tem versões específicas para várias arquiteturas de computadores. A grande maioria das distribuições GNU/Linux já traz nativamente implementada um compilador de linguagem **C** e **C++** que é o pacote GNU C Compiler (**GNU/Gcc**) distribuído também sobre licença GNU/GPL.

O compilador C++ fornecido neste ambiente fornece uma ampla gama de parâmetros por meio dos quais torna-se possível a compilação de qualquer programa fonte ser direcionado para uma arquitetura específica de computador, como por exemplo, o parâmetro ***-march*** listado na Tabela 2.2, página 5.

Estes parâmetros, diretivas, controles e recursos do compilador GNU C Compiler (**GNU/Gcc**) permitem que os códigos compilados possam ter maior performance e desempenho quando executados.

Tabela 2.2 - Argumentos de compilação do Gnu/Gcc usados no **CAC** .

<i>Argumento</i>	<i>Descrição dos argumentos</i>
-o	Este parâmetro atribui o argumento indicado na linha de comando ao nome do arquivo executável após o processo de compilação.
-static	Este parâmetro faz o compilador linkar estaticamente os objetos das bibliotecas referenciadas no código-fonte inserindo e incorporando-os no arquivo executável. Isto faz com que o executável não dependa de chamadas à bibliotecas externas e compartilhadas (shared) comuns no ambiente GNU/Linux.
-march	<p>Este parâmetro especifica a arquitetura do processador para que o compilador possa gerar o código executável direcionado e otimizado especialmente para esta arquitetura, melhorando sua performance e desempenho quando executado. O compilador GNU/Gcc tem diretivas específicas para várias arquiteturas. Dentre elas tem-se:</p> <p><i>generic</i> - Argumento default do compilador. Gera otimizações genéricas voltadas para a maioria dos processadores IA32, AMD64 (AMD) e EM64T (INTEL).</p> <p><i>native</i> - Este argumento faz o compilador tentar reconhecer o processador do computador e gerar otimizações específicas para a arquitetura identificada.</p> <p><i>core2</i> - Argumento para arquitetura de processadores Intel Core 2 linha x64 bits.</p> <p><i>itanium</i> - Argumento para arquitetura de processadores Intel Itanium linha 64 bits.</p> <p><i>athlon64</i> - Para computadores equipados com processadores AMD Athlon linha x64 bits.</p> <p><i>opteron</i> - Para computadores equipados com processadores AMD Opteron linha 64 bits.</p> <p>Há ainda diretivas para diversas outras arquiteturas, inclusive RISC (processadores Sparc, PowerPC, AS400, IBM). Consulte a documentação do pacote GNU/Gcc para maiores informações.</p>

(continua...)

Tabela 2.2 (conclusão)

<i>Argumento</i>	<i>Descrição dos argumentos</i>
-O level	<p>O argumento -O habilita flags de otimizações conforme o nível setado. O compilador tenta otimizar o código do programa para que fique mais eficiente na sua execução. A lista completa de flags ativadas em função do nível setado no parâmetro pode ser encontrada na documentação do compilador GNU/Gcc inclusa no pacote. São quatro (4) níveis indicados por:</p> <p>O - Nível 0 desabilita estes algoritmos de otimizações do compilador e é a opção default. A otimização neste caso fica regida apenas pelo algoritmo e desenvolvimento do código-fonte.</p> <p>1 - Nível 1 é o mais básico. O compilador ativa apenas as flags básicas de otimização.</p> <p>2 - Nível 2 incorpora flags setadas no nível 1 e ativa novas flags de otimização.</p> <p>3 - Nível 3 é nível o máximo de otimização e performance. Este nível ativa todas as flags de otimização disponíveis no compilador para arquitetura do computador.</p>

Outro fator importante é que há no ambiente Gnu/Linux uma enorme gama de materiais técnicos, softwares, ferramentas, compiladores e bibliotecas desenvolvidas por terceiros para linguagem C++ (como MpiCh, Qt4, Gtk, Boost, Blitz++, OpenGL, wxWidgets, Bibliotecas Gráficas diversas) distribuídos sobre licença GNU/GPL e open-sources. A partir da versão 4.3.x a implementação nativa do GNU/Gcc traz bibliotecas para processamento SMP (pacote OpenSMP). Estes recursos fazem com que, em especial, o Gnu/Linux seja um ambiente de desenvolvimento com maior flexibilidade e competência para desenvolvimento de projetos em C++ se comparado com outras plataformas.

O programa **CAC** foi compilado via compilador GNU/Gcc (versão 4.3.2 2006115). A sintaxe de compilação básica é:

```
c++ -o [nome do arquivo executável] -static -march=[arquitetura do processador] -O[nível de otimização] [Código-fonte]
```

Exemplo: `c++ -o cac -static -march=atlhon64 -O3 cac.cpp`

2.3 Pacotes auxiliares necessários à execução do CAC

O software **CAC** faz chamadas a dois aplicativos externos para geração dos resultados apresentados. São os aplicativos **GNU/Gnuplot** e **GNU/Kview** descritos mais detalhadamente nas sessões 2.3.1 e 2.3.2. Assim, antes da execução deve-se instalar também estes softwares externos no ambiente operacional para que o programa CAC execute corretamente.

2.3.1 GNU/Gnuplot

O GNU/Gnuplot (<http://www.gnuplot.info>) é um aplicativo com recursos para geração de imagens e arquivos gráficos, capaz de processar dados e trabalhar com um amplo número de recursos, padrões e formatos. É distribuído sob licença GNU/GPL e open-source.

Uma de suas vantagens é que o GNU/Gnuplot permite trabalhar com scripts. Insere-se comandos do programa em um arquivo de scripts e depois executa-se o GNU/Gnuplot passando o nome deste arquivo de script como parâmetro. Este arquivo deve possuir obrigatoriamente extensão *.gp*. O programa então processa os comandos contidos no arquivo e gera os resultados processados. Assim, uma linha de sintaxe básica para execução do GNU/Gnuplot neste modo de operação é:

./gnuplot filename-script.gp

O programa CAC usa internamente este recurso do GNU/Gnuplot para gerar os mapas de densidade, criando um arquivo temporário (*.gp) contendo o script. Depois faz uma chamada a este aplicativo, (vide Capítulo 3, item 3.4, Tabela 3.7, pág. 25) e como resultado, o GNU/Gnuplot grava os arquivos gráficos em formato .png.

Outra forma de uso do aplicativo GNU/Gnuplot é sua forma interativa. Executa-se o aplicativo e o programa interage com o usuário através de um prompt de comandos, onde deve-se inserir as instruções para que o programa execute e retorne os resultados processados. Para isso basta executar a linha abaixo.

./gnuplot

2.3.2 *GNU/Kview*

Outro aplicativo externo usado pelo programa CAC é o GNU/Kview, responsável por mostrar as figuras dos arquivos gráficos (de extensão .png) em tela de vídeo.

É um aplicativo bastante simples usados apenas para apresentação de imagens. É um dos pacotes integrantes na interface gráfica KDE, mas pode ser executado em qualquer outra interface gráfica.

Para executar o GNU/Kview, basta passar o nome do arquivo gráfico como parâmetro, como por exemplo, na linha abaixo:

```
./kview filename-graphics.png
```

3 Execução do Programa CAC

O programa **CAC** é executado via linha de comando, sob duas formas distintas abaixo descritas.

./cac [data-filename]

Nesta forma, o programa lê o arquivo `cac.cfg` responsável por conter os parâmetros de configuração que irão regir o processamento dos dados. Este arquivo não pode ter seu nome e extensão alterados e deve estar obrigatoriamente no mesmo diretório do arquivo executável CAC. Exemplo desta forma de execução descrito na Sessão 3.3, pág. 21.

ou então,

./cac [data-filename] [arguments-list]

Nesta forma, o programa lê todos os 23 parâmetros direto da linha de comando, dispensando a necessidade do arquivo `cac.cfg`. É importante seguir a ordem pré-definida de entrada dos parâmetros na linha comando, pois qualquer inversão de parâmetros pode gerar erro nos resultados processados pelo programa. Exemplo de execução citada na Sessão 3.3, pág. 23 nesse capítulo.

em que:

[data-Filename]

Nome do arquivo de dados que o programa irá processar. O arquivo de dados deve estar em formato UALF (vide descrição deste formato e campos na Sessão 3.1.1, Tabela 3.1, página 10) ou em formato StormTracker (vide informações deste formato na Sessão 3.1.2, Tabela 3.3, página 15). Exemplo desta forma de execução pode ser encontrado na Sessão 3.3, página 21.

[arguments-list]

Lista sequencial da entrada de parâmetros para processamento dos dados. São 23 argumentos com ordem pré-definida no arquivo `cac.cfg` e são descritos com maiores detalhes na Sessão 3.2, Tabela 3.5, página 17 deste manual. Exemplo desta forma de execução pode ser encontrado na Sessão 3.3, página 23.

3.1 Tipos de arquivos de dados processados pelo CAC.

Os dados a serem tratados no CAC podem ser provenientes de arquivos em padrão UALF (vide referências na Sessão 3.1.1, pág. 10 deste capítulo) ou, ainda, podem ser dados provenientes de um sistema experimental de pesquisa baseado no detector StormTracker que gera arquivos em formato .storm (referências Sessão 3.1.2, pág. 14). As sessões a seguir descrevem mais detalhadamente estes dois formatos.

3.1.1 Arquivo de dados em formato UALF

O arquivo de dados em formato **UNIVERSAL ASCII LIGHTNING FORMAT (UALF)** é o padrão de dados usado pela **REDE INTEGRADA NACIONAL DE DETECÇÃO DE DESCARGAS ATMOSFÉRICAS (RINDAT)** (<http://www.rindat.com.br>), em uso no Brasil. O formato UALF é composto por 25 colunas de dados e gera arquivos com extensão **.ualf**. A descrição de cada uma destas colunas está contida na Tabela 3.1, página 10. É importante ressaltar a ordem destes campos no arquivo, em função do CAC usar apenas as vinte e duas primeiras colunas. Qualquer alteração na ordem sequencial desse layout pode ocasionar erro na geração dos resultados finais processados pelo programa.

O programa CAC usa, dentre outros dados, as informações de localização (latitude e longitude) de ocorrência das descargas elétricas detectadas pelo sistema. No RINDAT, a forma de cálculo destas localizações é feito por meio da técnica de *tempo de chegada do sinal eletromagnético* e por meio da técnica *magnético-direcional* (MACGORMAN, D. R.; RUST, W. D., 1998).

Tabela 3.1 - Descrição dos campos no formato UALF

<i>Coluna</i>	<i>Descrição do Campo</i>	<i>Tipo</i>
1	Número da versão do formato UALF.	inteiro positivo
2	Ano. (todos campos de data e hora estão em horário UTC - Universal Time Coordinated.)	inteiro positivo
3	Mês. (Janeiro representado por 1 e Dezembro por 12.)	inteiro positivo
4	Dia do mês.	inteiro positivo
5	Hora. (válido de 0:00 a 23:00).	inteiro positivo
6	Minuto. (válido de 0 a 59).	inteiro positivo
7	Segundos. (válido de 0 a 59.)	inteiro positivo

(continua...)

Tabela 3.1 (continuação)

<i>Coluna</i>	<i>Descrição do Campo</i>	<i>Tipo</i>
8	Nanosegundos. (válido de 0 a 999999999.)	inteiro positivo
9	Latitude em graus decimais. (válido de -90.00 a 90.00.)	real, 1 decimal
10	Longitude em graus decimais. (válido de -180.00 a 180.00.)	real, 1 decimal
11	Pico estimado de corrente em kiloamperes. (válido de 0.0 a 9999.0.)	real, 1 decimal
12	Multiplicidade dos flashes. (válido de 1 a 99 ou 0 para strokes.)	inteiro positivo
13	Número de sensores participando da solução. (válido de 2 a 99.)	inteiro positivo
14	Graus de liberdade quando otimizando a localização. (válido de 0 a 99.)	inteiro positivo
15	Ângulo da elipse, em sentido horário, partindo de 0 grau Norte. (válido de 0.0 a 180.0.)	real, 1 decimal
16	Comprimento do semi-eixo maior da elipse em km. (válido de 0.0 a 50.0 km.)	real, 1 decimal
17	Comprimento do semi-eixo menor da elipse em km. (válido de 0.0 a 50.0 km.)	real, 1 decimal
18	Valor de chi-quadrado da otimização da localização. (válido de 0.0 a 999.9.)	real, 1 decimal
19	Tempo de subida da forma de onda em micro-segundos (risetime). (válido de 0 a 999.9.)	real, 1 decimal
20	Tempo de pico da forma de onda a 0 (zero), em micro-segundos (peak-to-zero). (válido de 0.0 a 999.9.)	real, 1 decimal
21	Tempo de subida máxima da forma de onda em kilo-Amperes por microsegundos (rate-of-rise). (válido de 0.0 a 999.9.)	real, 1 decimal
22	Dígito indicador de tipo de descarga. (válido 0 para descargas nuvem-solo e 1 para nuvem-nuvem.)	inteiro positivo
23	Dígito indicador de ângulo. (válido 1 se a informação de ângulo do sensor foi computada no cálculo da posição da descarga e 0 para caso contrário.)	inteiro positivo

(continua...)

Tabela 3.1 (conclusão)

<i>Coluna</i>	<i>Descrição do Campo</i>	<i>Tipo</i>
24	Dígito indicador de sinal. (válido 1 se a informação de sinal do sensor foi computada no cálculo da posição da descarga e 0 para caso contrário.)	inteiro positivo
25	Dígito indicador de tempo. (válido 1 se a informação de tempo do sensor foi computada no cálculo da posição da descarga e 0 para caso contrário.)	inteiro positivo

A Tabela 3.2, página 13 traz uma lista parcial de um arquivo de dados UALF, para exemplificar os registros.

Tabela 3.2 - Lista parcial de registros de dados em formato UALF

0	2008	10	1	2	39	32	56388026	-29.6	-56.5	-37	0	7	5	71.0	5.4	0.8	14.9	3.4	25.0	0.0	0	1	0	1
0	2008	10	1	2	39	51	954868000	-13.3	-52.3	-66	0	9	8	128.1	0.4	0.3	4.0	9.0	51.2	-11.2	0	1	0	1
0	2008	10	1	2	40	7	289209800	-13.6	-52.3	39	0	4	1	89.8	1.5	0.4	0.1	1.8	51.2	0.0	0	0	0	1
0	2008	10	1	2	40	21	45998668	-33.6	-68.0	78	0	4	5	55.7	13.7	0.9	1.4	7.6	8.8	0.0	0	1	0	1
0	2008	10	1	2	40	24	772499859	-29.8	-58.0	-40	0	5	4	74.0	22.9	1.1	2.0	4.2	9.8	0.0	0	1	0	1
0	2008	10	1	2	40	38	224024515	-35.1	-68.2	-297	0	13	15	54.6	12.7	0.9	10.1	11.0	5.0	0.0	0	1	0	1
0	2008	10	1	2	40	43	135123300	-13.6	-52.3	44	0	4	1	89.8	1.5	0.4	0.1	2.0	51.2	0.0	0	0	0	1
0	2008	10	1	2	41	6	702182000	-13.5	-52.5	74	0	5	2	141.8	24.4	1.6	2.0	1.0	51.2	0.0	0	0	0	1
0	2008	10	1	2	41	16	928940926	-34.9	-68.7	-230	0	10	11	51.8	14.0	1.0	5.7	11.0	4.8	0.0	0	1	0	1
0	2008	10	1	2	41	23	837311673	-34.5	-68.3	121	0	7	8	51.8	11.5	1.0	0.8	5.8	14.6	0.0	0	1	0	1
0	2008	10	1	2	41	26	239058888	-36.7	-66.9	94	0	5	5	47.7	41.0	1.7	0.9	3.8	11.4	0.0	0	1	0	1
0	2008	10	1	2	41	27	72559139	-36.7	-67.0	248	0	14	15	51.1	14.9	1.2	1.7	7.4	10.0	0.0	0	1	0	1
0	2008	10	1	2	41	49	84117929	-34.4	-66.6	-168	0	11	10	60.9	30.4	1.9	3.8	12.6	11.4	0.0	0	1	0	1
0	2008	10	1	2	42	36	206361300	-14.9	-46.6	68	0	14	14	70.2	0.4	0.2	6.0	9.2	17.4	12.3	0	1	0	1
0	2008	10	1	2	42	55	225437216	-34.2	-67.1	-85	0	6	6	49.8	12.7	1.0	0.5	5.6	4.0	0.0	0	1	0	1

3.1.2 *Arquivos de dados gerados pelo detector StormTracker.*

Os arquivos de dados em formato **Storm** (de extensão .str) são gerados a partir de computadores equipados com o sistema de detecção de relâmpagos **StormTracker**. Esta solução foi desenvolvida pela empresa americana Boltek Corporation, sediada em Buffalo, NY. (maiores informações do produto no site <http://boltek.com/stormtracker.html>). Este sistema baseia-se também em técnicas *magnético-direcional*. Consiste em uma antena (externa) receptora de sinais magnéticos, conectada por um cabo, a uma placa (de barramento PCI ou ISA) instalada nos slots de expansão de uma motherboard. A placa StormTracker analisa e processa os sinais captados pela antena e gera os arquivos de dados das descargas nuvem-solo ocorridas na área de abrangência do sistema. Nos referenciaremos a estes computadores aqui neste manual como **"Estações de Coleta de Dados" ou "ECD"s**.

Os dados em cada registro no arquivo são gerados a partir da posição geográfica da *ECD* com relação e referência a posição geográfica de ocorrência da descarga. Assim, o campo distância por exemplo, refere-se a distância entre o ponto da *ECD* e o local de ocorrência da descarga. O mesmo ocorre com as outras informações deste formato (tempo, ângulo de percepção da descarga, ruído, entre outros).

Várias *ECD's* podem formar uma rede de detecção de relâmpagos com o objetivo de ampliar a área geográfica de cobertura e observação. Para que a rede funcione, as *ECD's* devem estar sincronizadas por um sistema de GPS.

Contudo, para cada *ECD*, ainda não há uma integração entre os dados destas estações. Assim uma mesma ocorrência de descarga elétrica pode ser detectada por duas (ou mais) *ECD's* da rede, gerando um registro em cada base de dados de cada estação detectora. Note que o evento é o mesmo, porém é descrito com referenciais diferentes em cada um dos arquivos de dados, sempre com foco relativo a posição da *ECD*. Assim por exemplo, uma descarga detectada a uma distância de 129.30 km da *ECD* 1, a um ângulo de 128.650 graus, na *ECD* 2 este mesmo evento será descrito com outros valores (distância 32.7 km, ângulo 43.908 graus por exemplo).

A única forma de identificar o mesmo evento entre as várias bases de registros das *ECD's* da rede seria pelo campo tempo (campo chave), uma vez que haja entre elas sincronização via um sistema GPS externo. A tendência deste campo é de ser igual (ou ter uma variação muito mínima) em todos os registros das *ECD's* que

compõem a rede.

Neste sentido, foi desenvolvido então no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais na cidade de São José dos Campos (INPE), SP, junto a Divisão de Geofísica Espacial, grupo MAGHEL, o programa **TriangleStorms**. Este programa aplica métodos matemáticos de triangulação e integração de dados entre as bases de dados destas *ECD*'s da rede. Ele lê todos os registros das *ECD*'s; determina quais registros pertencem a uma mesma ocorrência de descarga elétrica; triangula e integra estes dados para gerar um único registro, contendo dados desta integração. Para finalizar, **TriangleStorms** gera uma nova base de dados formada apenas por estes registros integrados. É esta base integrada é que é processada pelo **CAC**. Este arquivo de dados integrados é formado por 8 colunas e tem a extensão de formato **.storm**. A descrição de cada coluna está contida na Tabela 3.3, página 15.

Tabela 3.3 - Descrição dos campos de dados gerados em formato .STORM

<i>Coluna</i>	<i>Descrição do campo</i>	<i>Tipo</i>
1	Referência de Data e Hora (média), padrão UTC - Universal Time Coordinate, em formato de milissegundos.	real, 6 decimais
2	Latitude (média) de ocorrência da descarga elétrica.	real, 4 decimais
3	Longitude (média) de ocorrência da descarga elétrica.	real, 4 decimais
4	Data de ocorrência da descarga (referência UTC), convertido para formato europeu (dd/mm/yyyy).	data/time, 10 posições
5	Hora de ocorrência da descarga (referência UTC), convertido para formato europeu (hh:mm:ss.xxxxxx).	data/time, 6 decimais
6	SumId. Valor que define as estações de coleta de dados que entraram na integração deste registro.	inteiro positivo
7	Quantidade de ocorrências integradas no registro.	inteiro positivo
8	Range de Tempo para integração. Valor usado pelo programa TriangleStorms para integrar os registros de dados das <i>ECD</i> 's .	real, 3 decimais

A Tabela 3.4, página 16 traz uma lista parcial de registros integrados, contidos em um arquivo de dados .storm, para exemplificar.

Tabela 3.4 - Lista parcial de registros de dados em formato .STORM

1218701845.241409	-23.2036	-45.0139	14/08/2008	08:17:25.241417	3	1	0.500
1218702214.721413	-23.2601	-44.8884	14/08/2008	08:23:34.721408	3	2	0.500
1218702472.201408	-54.7947	118.1521	14/08/2008	08:27:52.201404	3	1	0.500
1218703211.621412	-21.9796	-48.0102	14/08/2008	08:40:11.621413	3	1	0.500
1218703252.951412	-23.3120	-45.0006	14/08/2008	08:40:52.951424	3	1	0.500
1218703380.011406	-23.5949	-44.8650	14/08/2008	08:43:00.011407	3	1	0.500
1218703542.811409	-23.3153	-44.9718	14/08/2008	08:45:42.811409	3	1	0.500
1218704055.631418	-23.5525	-43.9807	14/08/2008	08:54:15.631399	3	1	0.500
1218704306.621410	-23.3470	-45.0296	14/08/2008	08:58:26.621428	3	1	0.500
1218704918.108489	-23.2929	-44.9237	14/08/2008	09:08:38.108475	3	1	0.500
1218705086.298489	-22.8013	-47.4793	14/08/2008	09:11:26.298470	3	1	0.500
1218705343.998491	-23.3007	-44.9610	14/08/2008	09:15:43.998501	3	1	0.500
1218706068.258617	-23.5620	-44.9550	14/08/2008	09:27:48.258624	3	1	0.500
1218712098.784678	-32.0142	-45.1208	14/08/2008	11:08:18.784675	3	1	0.500
1218716337.646999	-18.7070	-46.5976	14/08/2008	12:18:57.647018	3	1	0.500
1218716947.236997	-19.2772	-45.9149	14/08/2008	12:29:07.236992	3	1	0.500
1218718212.152007	-18.8618	-45.9207	14/08/2008	12:50:12.151998	3	1	0.500
1218720176.078701	-23.1708	-44.9015	14/08/2008	13:22:56.078703	3	1	0.500
1218721592.028703	-23.4755	-44.8798	14/08/2008	13:46:32.028697	3	1	0.500
1218722259.083702	-25.3537	-45.1967	14/08/2008	13:57:39.083699	3	1	0.500

3.2 Parâmetros de configuração do CAC

Os parâmetros para configuração do programa **CAC** ficam armazenados no arquivo *cac.cfg*. Este arquivo é lido pelo programa durante sua execução e deve estar obrigatoriamente gravado no mesmo diretório do arquivo executável. Estes parâmetros regem a forma de processamento dos dados pelo programa. Eles configuram, por exemplo, a forma de cálculo do programa, área de visualização dos mapas, resolução da malha de grid, métodos de cálculo do kernel, raio de influência a ser utilizado, entre outros parâmetros.

São vinte e três (23) parâmetros seqüenciais, separados por tabulações ou espaços em branco e dispostos em uma única linha no arquivo. É importante ressaltar a ordem obrigatória destes parâmetros para que o **CAC** não gere erros durante sua execução e/ou nos resultados processados.

Exemplo de linha de parâmetros no arquivo *cac.cfg*:

```
./UALF 01/10/2008 20:00:00 01/10/2008 21:15:00 -20.00 -45.00 -30.00 -57.0 A -  
20.00 -45.00 -30.00 -57.00 11120.00 G 0 22240.00 1 A 0 0.5 spa
```

A Tabela 3.5, pág. 3.5 traz uma descrição de cada um destes parâmetros de configuração.

Tabela 3.5 - Descrição dos parâmetros de configuração do programa **CAC**

<i>Parâmetro</i>	<i>Descrição</i>	<i>Exemplo</i>
<i>Parâmetros de configuração da Área de Análise de registros</i>		
Estes parâmetros são responsáveis por filtrar/selecionar do arquivo de dados, os registros que sofrerão processamento do programa. Os resultados produzidos serão reflexos parciais dos critérios setados nestes parâmetros.		
1	Formato do arquivo de dados a ser processado pelo programa. Válido apenas strings “UALF” ou “STORM”.	UALF.
2 & 3	Data e horário iniciais para filtragem dos registros na base de dados, expresso em formato dd/mm/yyyy hh:mm:ss. Devem ser sempre anteriores aos parâmetros 4 & 5.	01/10/2008 20:00:00
4 & 5	Data e horário finais para filtragem dos registros na base de dados, expresso em formato dd/mm/yyyy hh:mm:ss. Devem ser sempre posteriores aos parâmetros 2 & 3.	01/10/2008 21:15:00
6 & 7	Coordenadas de latitude e longitude iniciais para filtragem de registros, expressas em graus (considera-se como iniciais, as coordenadas de latitude mais próximas a linha do Equador e coordenadas de longitude mais próximas ao meridiano de Greenwich).	-20.00 -45.00
8 & 9	Coordenadas de latitude e longitude finais para filtragem de registros, expressas em graus (considera-se como finais, as coordenadas de latitude mais distantes a linha do Equador e coordenadas de longitude mais distantes do meridiano de Greenwich).	-30.00 -57.00
10	Polaridade da descarga elétrica para filtragem de registros. Indicações válidas: P para descargas de polaridade positiva; N para descargas de polaridade negativa e A para análise de todas as descargas, independentemente de sua polaridade elétrica.	A

(continua...)

Tabela 3.5 (continuação)

<i>Parâmetro</i>	<i>Descrição</i>	<i>Exemplo</i>
<i>Parâmetros para configuração da Área de Visualização dos mapas</i>		
A área de visualização é a área de plotagem dos mapas. Esta área deve obrigatoriamente estar contida no intervalo da Área de Análise setada nos parâmetros de 6 a 9 acima.		
11 & 12	Coordenada geográfica de latitude e longitude iniciais expressas em graus. (considera-se como iniciais, as coordenadas de latitude mais próximas a linha do Equador e coordenadas de longitude mais próximas ao meridiano de Greenwich).	-21.370 -45.00
13 & 14	Coordenada geográfica de latitude e longitude finais expressas em graus. (considera-se como finais, as coordenadas de latitude mais distantes a linha do Equador e coordenadas de longitude mais distantes do meridiano de Greenwich).	-30.00 -57.00
<i>Parâmetros de configuração dos Métodos de Integração</i>		
Estes parâmetros são responsáveis por definir a função de integração, resolução da malha de grid e o tipo do raio de influência.		
15	Resolução da malha de grid, expresso em metros. A range de latitude (setada nos parâmetros 6 e 8) e de longitude (parâmetros 7 e 9) da área de Análise serão fracionadas (divisão) por este parâmetro definindo a resolução dos pontos de grid para os mapas e resultados processados.	11120.00
16	Função de análise para cálculo do Kernel Estimator. Chave válidas: B para método Biweight (K-2D) E para método de Epanechnikov G para método Gaussiano (opção default do programa CAC) T para método Triangular (K-3D)	G

(continua...)

Tabela 3.5 (continuação)

<i>Parâmetro</i>	<i>Descrição</i>	<i>Exemplo</i>
17	<p>Tipo de Raio de influência. Chaves válidas:</p> <p>0 para que o valor do raio de influência a ser utilizado no cálculo seja definido pelo usuário via o parâmetro 18. Este mesmo valor será aplicado para cada ponto de grid da malha.</p> <p>1 para que o valor do raio de influência seja calculado e otimizado automaticamente pelo método de Silverman. Desta forma, cada ponto de grid da malha terá um valor de raio diferente. Se setado, o raio automático de Silverman ignora o parâmetro 18.</p>	0
18	<p>Valor do Raio de influência, expresso em metros.</p> <p>Raio de integração e influência que determinará a área de eventos de descargas elétricas ocorridas ao redor a cada ponto de grid e associadas a ele.</p> <p>Este parâmetro só será considerado pelo programa quando o parâmetro 17 = 0 (definido pelo usuário) for setado. Caso contrário (parâmetro 17 = 1, Silverman) o programa ignora a leitura desse parâmetro.</p>	22240.00

Parâmetros de configuração dos Arquivos de Saída

Estes parâmetros configuram os mapas gráficos processados e os arquivos de saída gerados pelo programa.

19	<p>Tipo de saída gráfica. Plotar as imagens por:</p> <p>1 - Número de ocorrências de descargas elétricas por ponto de grid.</p> <p>2 - Somatória do valor das cargas elétricas de cada descarga por ponto de grid. (<i>q</i>)</p> <p>3 - Somatória do valor das cargas elétricas em módulo de cada descarga por ponto de grid. (<i> q </i>)</p> <p>4 - Somatório do logaritmo (base 10) do valor das cargas elétricas em módulo de cada descarga por ponto de grid. (<i>log(q)</i>).</p>	1
----	---	---

(continua...)

Tabela 3.5 (conclusão)

<i>Parâmetro</i>	<i>Descrição</i>	<i>Exemplo</i>
	<p>5 - Somatório do quadrado valor das cargas elétricas de cada descarga por ponto de grid (q^2).</p> <p>6 - Somatório do logaritmo (base 10) do quadrado do valor das cargas elétricas de cada descarga por ponto de grid. ($\log(q^2)$).</p> <p>7 - Valor do cálculo de raio automático de Silverman calculado para cada ponto de grid.</p>	
20	<p>Tipo de escala numérica de cores no gráfico no eixo Z (eixo de resultados). Valores válidos:</p> <p>A - Automático. O próprio programa determina as escalas numéricas mínima e máxima na barra cores do gráfico em função dos valores processados. Neste modo, o programa anula os valores setados nos parâmetros 21 e 22.</p> <p>D - Definido pelo usuário. O usuário deve fornecer os valores das escalas numéricas mínima e máxima via os parâmetros 21 e 22 para que o programa CAC gere os mapas.</p>	A
21	Valor de escala numérica mínima. Válido apenas quando parâmetro 20 for setado como definido pelo usuário (D).	0
22	Valor de escala numérica máxima. Válido apenas quando parâmetro 20 for setado como definido pelo usuário (D).	0.5
23	String inicial para gerar arquivos de saída auxiliares necessários para o processamento do programa. Estes arquivos, listados na Sessão 3.4, Tabela 3.6, página 25, serão gerados (por default) no diretório corrente, a partir de onde o programa CAC for executado. Para alterar o diretório de gravação default, basta concatenar o path de diretório destino a este argumento, como por exemplo, /tmp/spa.	spa

3.3 Exemplos de execução, mapas e resultados gerados pelo CAC

Descreve-se neste tópico, alguns exemplos de execução do programa **CAC** com os resultados gerados com base nos parâmetros fornecidos ao programa (listados no quadro abaixo). Neste primeiro exemplo, é definida uma região geográfica aleatória (de -18.00, -40.00 a -32.00, -60.00). Resolução de grid setado em 11.120 kms e raio de influência definido em 22.40 kms. Estimativa Gaussiana.

Exemplo 1

linha de execução:	./cac ualf20080110.dat
linha de parâmetros no arquivo cac.cfg	UALF 01/10/2008 19:00:00 01/10/2008 21:00:00 -18.00 -40.00 -32.00 -60.0 A -18.00 -40.00 -32.00 -60.00 11120.00 G 0 22240.00 1 D 0 0.2 exemplo1

Gráfico de densidade estimada, com grid de 11,2 km e raio de 22,4 km (user defined).

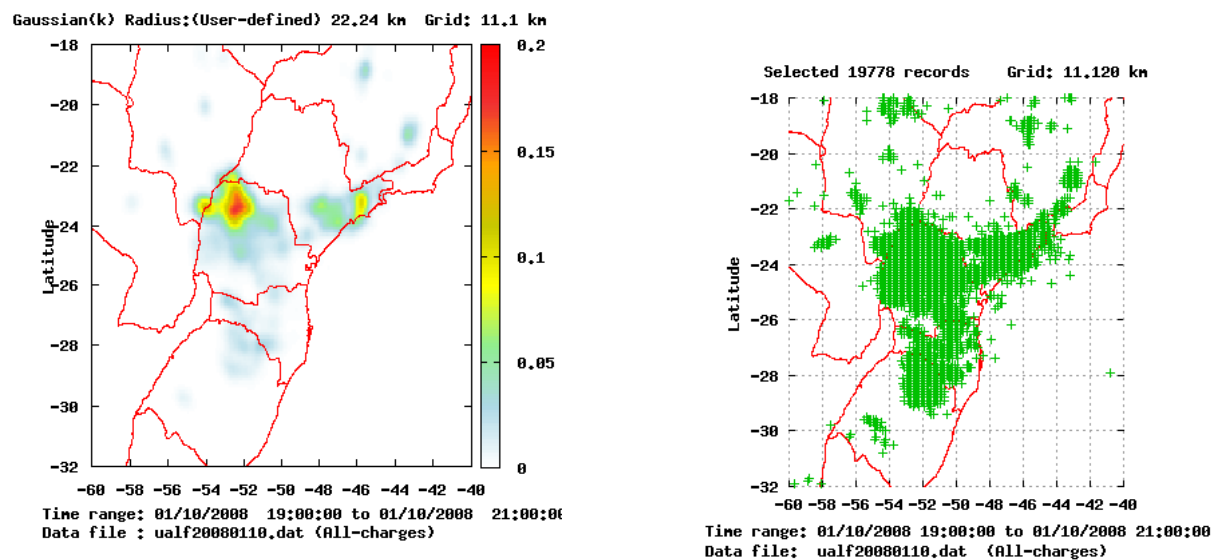


Figura 3.1 - Gráfico de densidade estimada gerado pelo programa CAC. Plot das descargas na área de concentração por localização da Figura 3.1.

Exemplo 2

Neste exemplo, deseja-se um maior destaque sobre uma das regiões de maior concentração de descargas elétricas que aparece no mapa gerado no Exemplo 1 (Figura 3.1, pág. 21). Para isso, altera-se apenas os parâmetros da área de visualização (parâmetros 11 a 14) no arquivo cac.cfg, mantendo-se os outros parâmetros de filtragem.

linha de execução:	<code>./cac ualf20080110.dat</code>
linha de parâmetros no arquivo cac.cfg	<code>UALF 01/10/2008 19:00:00 01/10/2008 21:00:00 -18.00 -40.00 -32.00 -60.0 A <u>-22.5 -50.00 -26.00 -56.00</u> 11120.00 G 0 22240.00 1 D 0 0.2 exemplo2</code>

Gráfico com foco em uma das áreas de maior concentração de descargas elétricas, grid de 11.120 km e raio de influência de 22.240 km.

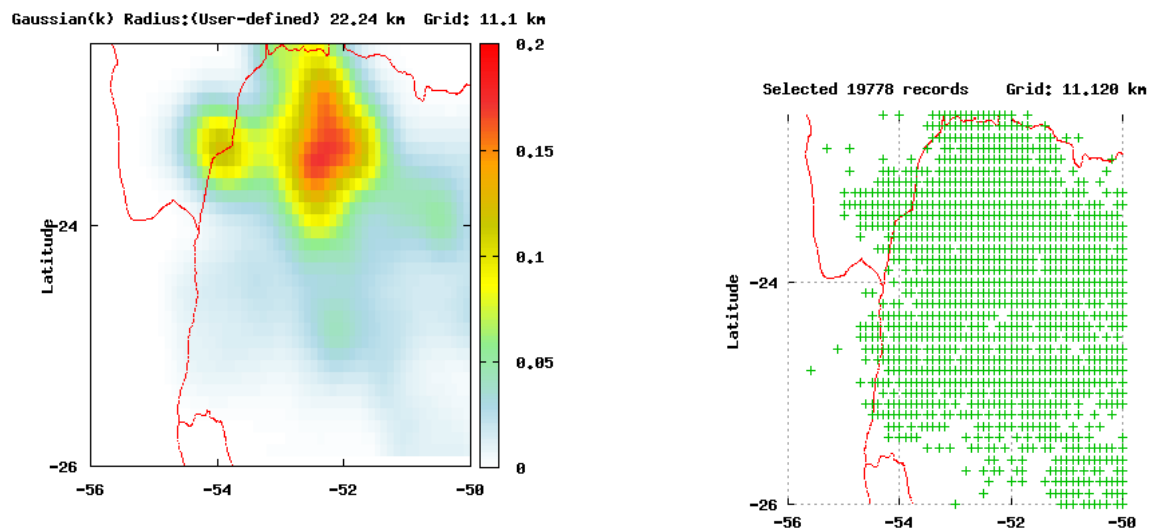


Figura 3.2 - Gráfico de densidade com foco na área de maior concentração de descargas.

Plot das descargas na área de maior concentração por localização da Figura 3.2.

Exemplo 3

Deseja-se o mesmo gráfico criado no Exemplo 1 (Figura 3.1, pág. 21), porém otimizando o raio de influência para cada ponto de grid, usando o cálculo pelo método de Silverman. Para isso, altera-se apenas o parâmetro 17 para o flag 1, mantendo todos os outros parâmetros setados. Testar-se-á também uma outra forma de executar o programa CAC, onde passa-se todos parâmetros necessários para rodá-lo via uma única linha de comando. Os parâmetros são colocados sequencialmente, após o nome do arquivo de dados. Nesta forma, o programa CAC ignora a leitura do arquivo cac.cfg.

linha de execução: **cac** ualf20080110.dat UALF 01/10/2008 19:00:00 01/10/2008 21:00:00 -18.00 -40.00 -32.00 -60.0 A -18.00 -40.00 -32.00 -60.00 11120.00 G 1 22240.00 1 D 0 0.2 exemplo3

Densidade estimada gerada com raio de influência otimizado pelo método de Silverman e resolução de grid de 11.120 kms.

Comparar resultados com gráfico do Exemplo 1 (Figura 3.1, pág. 21)

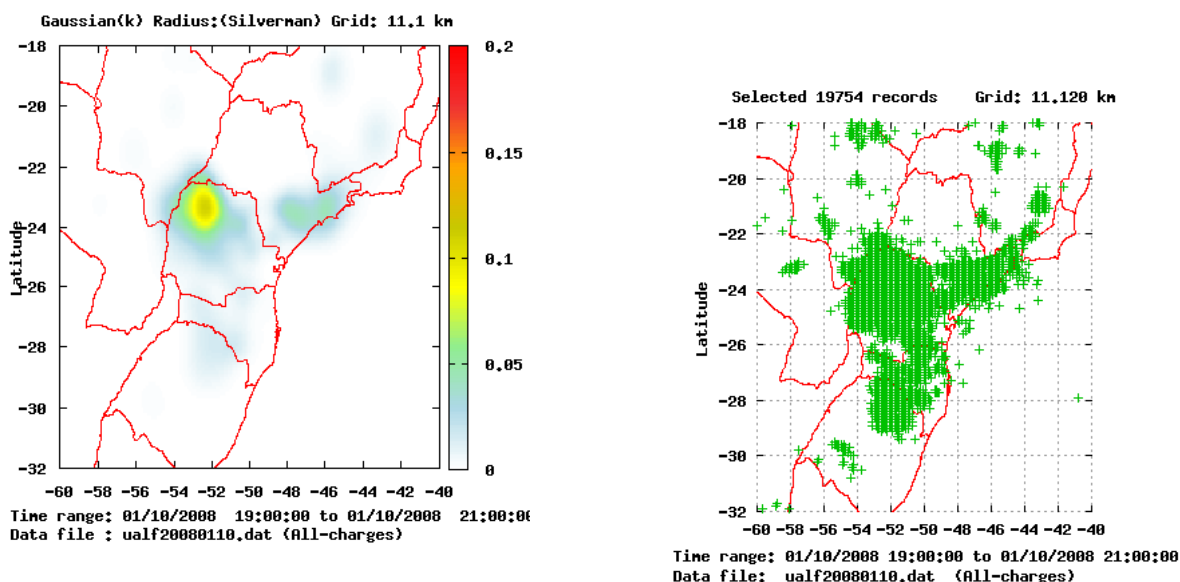


Figura 3.3 - Gráfico de densidade gerado com raio de influência de Silverman.

Plot das descargas analisadas por localização na Figura 3.3.

Exemplo 4

Neste exemplo, deseja-se um maior destaque sobre uma das regiões de maior concentração de descargas elétricas do mapa gerado no Exemplo 3 (Figura 3.3, pág. 23), ainda com o raio de influência otimizado pelo método de Silverman para cada ponto de grid. Para isso, altera-se apenas os parâmetros da área de visualização (parâmetros 11 a 14) do arquivo cac.cfg, mantendo-se os parâmetros de filtragem.

linha de execução:	cac ualf20080110.dat
linha de parâmetros no arquivo cac.cfg	UALF 01/10/2008 19:00:00 01/10/2008 21:00:00 -18.00 -40.00 -32.00 -60.0 A <u>-22.5</u> <u>-50.00</u> <u>-26.00</u> <u>-56.00</u> 11120.00 G A 22240.00 1 D 0 0.2 exemplo4

Gráfico com foco em uma das áreas de maior concentração de descargas elétricas, grid de 11.120 km e raio de influência otimizado com Silverman.

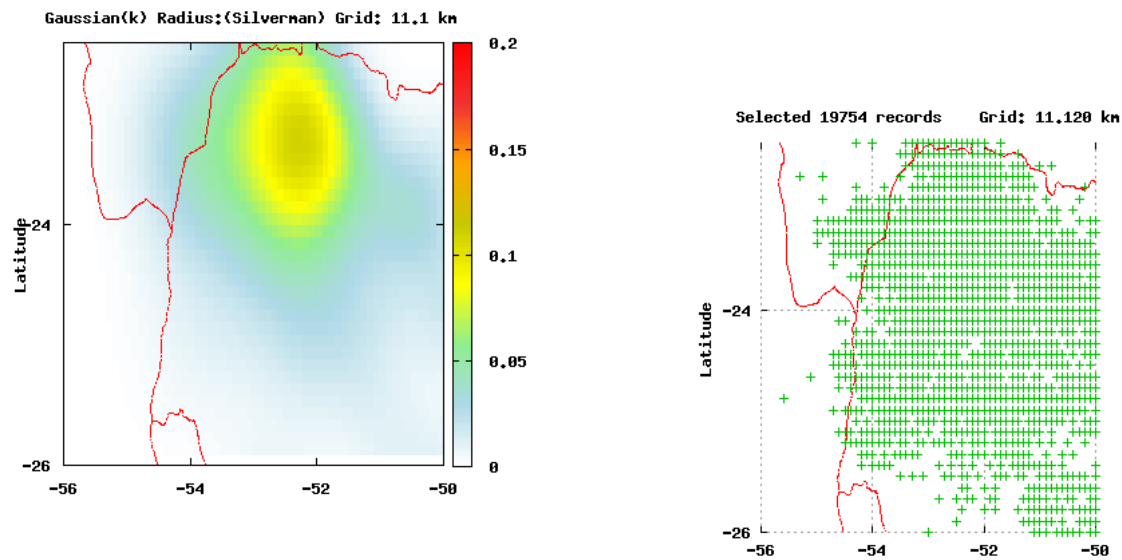


Figura 3.4 - Gráfico de densidade com foco na área de maior concentração de descargas com raio de influência de Silverman. Plot das descargas na área de concentração por localização da Figura 3.4.

3.4 Arquivos de saída auxiliares gerados pelo programa

O programa **CAC** pode criar até 6 arquivos auxiliares que serão gerados (por default) no diretório corrente, a partir de onde o programa for executado. Para alterar o diretório default, basta colocar o path de destino concatenado e precedendo a string inicial de nome dos arquivos no parâmetro 23 do arquivo *cac.cfg*, com por exemplo, */tmp/d16*. A nomenclatura destes arquivos é definida na estrutura apresentada na Tabela 3.6, página 25.

Tabela 3.6 - Nomenclatura dos arquivos auxiliares gerados pelo programa.

<i>Ordem</i>	<i>Descrição</i>	<i>Resultado</i>
Prefix	Parâmetro 23 no arquivo <i>cac.cfg</i> .	d16
-	caracter de underscore.	d16_
Program Name	Nome do programa.	d16_cac
-	caracter de underscore	d16_cac_
kernel method	Método de calculo do kernel. Parâmetro 16 em <i>cac.cfg</i> .	d16_cac_G
-	caracter de underscore.	d16_cac_G_
Output Graphics	Tipo de saída do gráfico. Parâmetro 19 em <i>cac.cfg</i> .	d16_cac_G_K
Extension	Uma das extensões para arquivos de saída definidas pelo programa e descritos na Tabela 3.7, pág. 25.	d16_cac_G_K.dat

A Tabela 3.7, página 25, traz uma descrição do conteúdo de cada um destes arquivos auxiliares, em função de sua extensão.

Tabela 3.7 - Conteúdo dos arquivos auxiliares criados pelo CAC

<i>Extensão</i>	<i>Descrição</i>	<i>Exemplo</i>
.dat	Arquivo contendo resultados dos cálculos dos dados processados pelo programa.	d16_cac_G_K.dat

continua...

Tabela 3.7 (continuação)

<i>Extensão</i>	<i>Descrição</i>	<i>Exemplo</i>
.png	Arquivo gráfico contendo o mapa de densidade estimada e dos centros convectivos, gerados com base nos parâmetros 1 a 11 (parâmetros de análise) no arquivo cac.cfg. Este é o resultado final gerado pelo programa para análise do usuário. O programa faz uma chamada interna ao aplicativo kview para exibir os gráficos na tela do monitor de vídeo.	d16_cac_G_K.png
SelectArea.png	Arquivo gráfico contendo as descargas elétricas plotadas apenas pelas coordenadas geográficas (locais) de ocorrência. Este mapa tem o objetivo de confrontar os eventos com o mapa de densidade estimada (arquivo .png) gerado pelo programa.	d16_cac_G_K_SelectArea.png
.gp	Arquivo que contém o script de comandos do aplicativo GNU/Gnuplot , responsável por gerar as figuras dos mapas. O programa CAC faz uma chamada interna a este aplicativo para gerar os mapas e portanto já deve estar instalado no computador (referências em cap. 2, item 2.3, pág. 7).	d16_cac_G_K.gp
.info	Arquivo texto contendo os parâmetros de configuração setados na execução e no processamento dos resultados gerados pelo programa (log de parâmetros).	d16_cac_G_K.info

continua...

Tabela 3.7 (conclusão)

<i>Extensão</i>	<i>Descrição</i>	<i>Exemplo</i>
.mtxSilverman	Arquivo gerado apenas quando o processamento do programa for setado para raio de Silverman (parâmetro 17 do arquivo cac.cfg). Este arquivo esta no formato da dimensão da matriz de grid (linhas x colunas) e contem os resultados dos cálculos de kernel para cada um dos pontos da matriz. A dimensão da matriz é determinada pela diferença entre a latitude final (parâmetro 8) e latitude inicial (parâmetro 6) dividido pela resolução de grid (parâmetro 15). A mesma idéia é usada para a dimensão de longitude. ((longitude Final - longitude Inicial) / resolução de grid)).	d16_cac_G_K.mtxSilverman

3.4.1 Arquivo .dat com os resultados dos dados processados.

Ao ser executado, o programa CAC gera alguns arquivos de saída auxiliares descritos na Tabela 3.7, pág. 25. Um destes arquivos tem a extensão “.dat” que armazena os dados e os resultados dos cálculos processados em cada ponto de grid referentes a toda a malha de resolução.

São dezoito campos de dados, com descrição contida na Tabela 3.8, pág. 27.

Tabela 3.8 - Campos contidos no arquivo auxiliar .dat após execução do CAC

<i>Coluna</i>	<i>Campo</i>	<i>Descrição</i>	<i>Exemplos</i>
Dados calculados pelo programa CAC			
Resultados calculados pelo programa para cada ponto de grid da malha de resolução.			
Estes campos podem servir como base para qualquer outro tipo de análise.			
1	Lgtg	Coordenada de Longitude deste ponto de grid da malha.	-40.0000

continua...

Tabela 3.8 (continuação)

<i>Coluna</i>	<i>Campo</i>	<i>Descrição</i>	<i>Exemplos</i>
2	Ltdg	Coordenada de Latitude deste ponto de grid da malha.	-18.0000
3	N	Número total de registros/eventos selecionados pelos parâmetros de filtros de dados no arquivo de entrada. São o total de registros filtrados com que o programa irá trabalhar.	19778
4	Dstm	Distância média das descargas ocorridas no raio de influência deste ponto grid, em relação à sua posição geográfica.	12.22590
5	Dstd	Valor de desvio padrão das distâncias das descargas ao ponto de grade ocorridas dentro do raio de influência do mesmo.	2.995182
6	Lambda(k)	Valor da função de kernel para este ponto de grid.	3.8974e-07
7	Q	Total das cargas elétricas (expresso em kiloamperes) de todas as descargas ocorridas dentro do raio de influência do ponto de grade.	2.1097
8	Radius	Se o raio de influência for selecionado para cálculo automático pela regra de Silverman (parâmetro 17 com valor 1), terá um valor diferente para cada ponto de grade.	0.20004
9	nd	Total de registros/eventos ocorridos internamente à célula da malha do grid que fica abaixo e à esquerda (ou seja, a Oeste e ao Sul) do ponto de grade considerado.	3

Campos x gerados apenas para impressão dos mapas via Gnu/Gnuplot.

Os campos iniciados por **x** *contém dados fictícios* e não reais. Os campos descritos acima cuja o valor do resultado no ponto de grid seja zero (0), terá o seu valor alterado nos campos **x** para -100.00, como recurso de impressão em Gnu/Gnuplot. Campos **x** *não devem ser utilizados para nenhum tipo análise.*

continua...

Tabela 3.8 (continuação)

<i>Coluna</i>	<i>Campo</i>	<i>Descrição</i>	<i>Exemplos</i>
10	x_kernel	Valor de kernel válido apenas para impressão da saída gráfica. Para valores de função k (coluna 6) iguais a zero, esta coluna apresenta -100.00. Para valores diferentes de zero, esta coluna repete o valor do cálculo de k.	3.8974e-07
11	x_n	Total de registros válidos apenas para impressão gráfica. Se N (coluna 3) igual a 0, esta coluna apresenta -100. Se valores diferentes de zero, repete valor de N.	19778
12	x_q	Valor de Carga elétrica válidos apenas para impressão de saída gráfica. Valores iguais a zero, esta coluna traz -100.00, caso contrário, repete valor de carga (coluna 7).	2.1097
13	x_modQ	Cálculo do Módulo de carga. Se resultado do cálculo igual a zero, esta coluna traz -100.00; caso contrário, assume o valor do módulo de carga.	1.944000
14	x_logmodQ	Cálculo do Logaritmo (base 10) do Módulo de Carga. Se cálculo igual a zero, esta coluna traz -100.00; caso contrário, assume o valor do cálculo.	0.2886963
15	x_powq	Cálculo da soma dos quadrados das cargas. Se cálculo igual a zero, esta coluna traz -100.00, caso contrário, o valor do cálculo.	3.779136
16	x_logpowq	Cálculo do Logaritmo (base 10) do quadrado da carga. Se valor de cálculo igual a zero, esta coluna traz -100.00, caso contrário, o valor calculado.	0.5773925
17	x_radius	Valor do raio de influência para este ponto de grid. Se raio de influência igual a zero, esta coluna traz -100.00. Caso contrário, a coluna traz o valor do Raio (em graus) usado neste ponto de grid.	0.2000405

continua...

Tabela 3.8 (conclusão)

<i>Coluna</i>	<i>Campo</i>	<i>Descrição</i>	<i>Exemplos</i>
18	x_nd	Número total de descargas ocorridas dentro de cada célula da malha de grid (sem considerar o raio de influência).	11

3.4.2 Arquivo *cac_remakemaps_dataarea.dat*

O arquivo */tmp/cac_remakemaps_dataarea.dat* define a **área de análise de dados** configurada no arquivo *cac.cfg* e é lido pelos programas CAC e CAC_REMAKEMAPS durante a execução destes.

3.4.3 Arquivo *cac_remakemaps_viewarea.dat*

Já o arquivo */tmp/cac_remakemaps_viewarea.dat* define a **área de visualização** dos mapas indicada no arquivo *cac.cfg*. Contém ainda comandos que fazem parte do script gnuplot responsável por gerar as figuras gráficas do CAC. Este arquivo também é lido pelos programas CAC e CAC_REMAKEMAPS durante a execução destes.

4 O programa CAC_REMAKEMAPS

O **cac_remakemaps** é um programa integrante do pacote **CAC** ; mas trabalha independente do programa principal (CAC). Tem como objetivo regerar os mapas de densidade estimada do software CAC sem a necessidade de reprocessamento ou recálculo dos dados processados, quando for alterado *somente* a área de visualização (parâmetros de 11 a 14 no arquivo cac.cfg) nos novos mapas. Para isso, **cac_remakemaps** abre o último arquivo de dados processados (arquivo .dat); lê novamente estes registros e com base nestes, regeira os mapas de densidade com a nova área de visualização.

Assim, ao rodar **cac_remakemaps**, todos os outros parâmetros serão setados com os valores da última execução do programa **CAC**.

4.1 Execução do cac_remakemaps

O programa **cac_remakemaps** necessita como parâmetros na linha de comando apenas as coordenadas geográficas da nova área de visualização, na ordem de <latmax> <lgmax> <latmin> <lgmin>. A tabela 4.1, traz a descrição destes parâmetros.

Tabela 4.1 - Descrição dos argumentos do programa **cac_remakemaps**

<i>Argumento</i>	<i>Descrição</i>	<i>Exemplo</i>
<latmax> <lgmax>	Coordenada geográfica de latitude e longitude iniciais expressas em graus. (considera-se como iniciais, os pontos de latitude mais próxima a linha do Equador e de coordenada de longitude mais próxima ao meridiano de Greenwich).	-20.00 -45.00
<latmin> <lgmin>	Coordenada geográfica de latitude e longitude finais expressas em graus. (considera-se como finais, os pontos de latitude mais distante a linha do Equador e de coordenada de longitude mais distante ao meridiano de Greenwich).	-30.00 -57.00

Exemplo de chamada de execução:

```
./cac_remakemaps -20.00 -45.00 -30.00 -57.00
```

4.2 Execução do CAC em conjunto com CAC_REMAKEMAPS

Para que o **cac_remakemaps** possa ser executado é necessário que tenha sido executado anteriormente o programa **CAC** para que este tenha gerado o arquivo de dados proces-

sados (arquivo **.dat**). Assim, uma simulação seria:

```
./cac UALF 01/10/2008 19:00:00 01/10/2008 21:00:00 -18.00 -40.00 -32.00 -60.00 A -20.0 -41.00 -30.0 -58.00
11120.00 G 0 22240.00 1 D 0 0.2 teste2
```

Considere agora que se deseje mudar apenas a área de visualização do mapa para algum outro tipo de estudo ou análise qualquer. Neste caso, como os parâmetros de filtro e processamento são os mesmos, o arquivo de dados já está processado. Pode-se então usar o **cac_remakemaps** evitando tempo de recálculo e reproprocessamento, como por exemplo:

```
./cac_remakemaps -20.00 -44.00 -28.00 -56.00
```

As Figuras 4.1 e 4.2 apresentadas na página 32 ilustram os resultados produzidos pela execução dos dois programas.

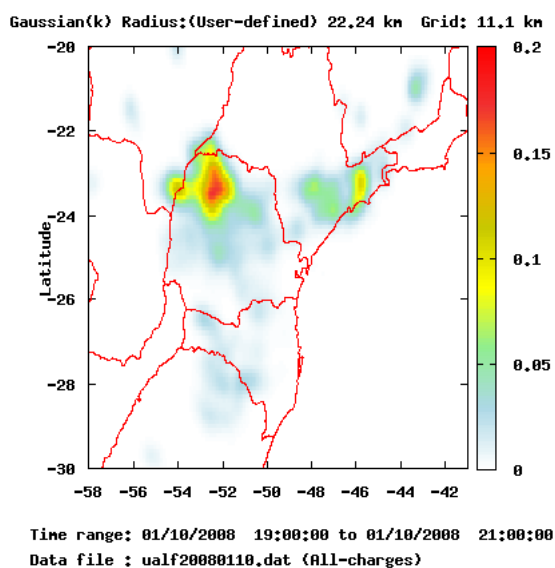


Figura 4.1 - Densidade estimada gerado na execução do programa CAC.

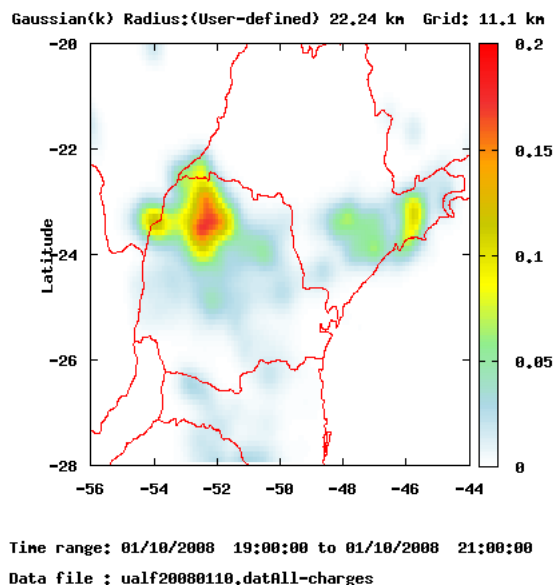


Figura 4.2 - Densidade estimada regerado pelo programa CAC_REMAKEMAPS alterando-se área de visualização.

Durante a sua execução, **cac_remakemaps** faz chamadas aos arquivos */tmp/cac_remake-maps_dataarea.dat* e */tmp/cac_remakemaps_viewarea.dat* que são criados pela execução do programa **cac**.

Após gerar os novos gráficos, **cac_remakemaps** substitui a área de visualização setadas no arquivo /tmp/cac_remakemaps_viewarea.dat com os parâmetros recebidos via linha de comando.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CAETANO, M.; ESCOBAR, G. C. J.; STEPHANY, S.; MENCONI, V. E.; FERREIRA, N. J.; DOMINGUES, M. O.; MENDES, O. JR. Visualização de campo de densidade de ocorrências de descargas elétricas atmosféricas como ferramenta auxiliar no nowcasting. In: PROCEEDINGS OF CLIMET XIII AND CONGREMET X. **XIII LATIN AMERICAN AND IBERIAN CONGRESS ON METEOROLOGY (CLIMET XIII) AND X ARGENTINE CONGRESS ON METEOROLOGY (CONGREMET X)**. Buenos Aires, Argentina, 2009. p. 1–9. Disponível em: http://www.smdigital.com.ar/congrement_x/eng/>. Acesso em: 16 jun 2010. 1
- MACGORMAN, D. R.; RUST, W. D. **The electrical nature of storms**. New York: Oxford University Press, 1998. 169 p. 1, 10
- MENCONI, V. E.; CAETANO, M.; STEPHANY, S.; FERREIRA, N. J.; DOMINGUES, M. O.; MENDES, O. JR. A tool for the monitoring of electrically active convective activity. **Weather & Forecasting (em submissão)**, 2010. 1
- MENDES, O. JR.; DOMINGUES, M. O. Programa para análises de relâmpagos: Thor-sla. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 2000, Rio de Janeiro, Brasil. Anais... 2000. **Congresso Brasileiro de Meteorologia**. Rio de Janeiro, Brasil, 2000. Microserv, p. 2077–2081. Disponível em: <http://urlib.net/cptec.inpe.br/walmeida/2004/05.26.13.24>>. 1
- POLITI, J. **Implementação de um ambiente para mineração de dados aplicada ao estudo de núcleos convectivos**. 146 p. INPE-14165-TDI/1082. Dissertação (Mestrado em Computação Aplicada) — Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, Brasil, 2005. 1
- POLITI, J.; STEPHANY, S.; DOMINGUES, M. O.; MENDES, O. JR. Data mining of meteorological data associated to convective activity using atmospheric electric discharge data. 1
- SCOTT, D. W. **Multivariate density estimation: theory, practice and visualization**. New York: Wiley BlackWell, 1992. 376 p. 1
- SILVERMAN, B. W. **Density estimation for statistics and data analysis: (monographs on statistics and applied probability 26)**. New York: Chapman and Hall, 1990. 176 p. 1