



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

ESTUDO DOS RAIOS ATRAVÉS DE CÂMERAS DE VÍDEO E SENSORES DE CAMPO ELÉTRICO

RELATÓRIO FINAL DE PROJETO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA
(PIBIC/INPE/CNPq)

Felipe de Lima Mantovani (Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho,
Bolsista PIBIC/CNPq)

E-mail: felipe.mantovani@unesp.br

Marcelo Magalhães Fares Saba (INPE/CCST, Orientador)

E-mail: marcelo.saba@inpe.br

Paola Beatriz Lauria (INPE/CCST, Coorientadora)

E-mail: paola.lauria@inpe.br



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

ESTUDO DOS RAIOS ATRAVÉS DE CÂMERAS DE VÍDEO E SENSORES DE CAMPO ELÉTRICO

Felipe de Lima Mantovani

Relatório de Iniciação Científica do
programa PIBIC, orientada pelo Dr.
Marcelo Magalhães Fares Saba e
Coorientado pela Mestranda Paola
Beatriz Lauria.

INPE
São José dos Campos
2020

RESUMO

Os raios são fenômenos atmosféricos relativamente raros. No início dos estudos desse fenômeno o homem não abrangia equipamentos para estudos minuciosos dessa descarga atmosférica, assim, com a criação de equipamentos capazes de executar uma captura de muitos frames por segundo possibilitou observar suas características visuais. Através do uso de câmeras de alta velocidade que adquirem imagens a uma taxa superior a 30.000 imagens por segundo. Além de características visuais destas descargas, aspectos físicos dos raios são adquiridos através de sensores como de corrente elétrica, campo elétrico e raios-x. Este trabalho tem como objetivo identificar e classificar os raios registrados durante o verão de 2019 / 2020, fazendo uso de câmeras instaladas nas imediações do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. Além das câmeras, diversos sensores foram instalados ao redor do INPE para aquisição de dados referente aos processos físicos do raio. Durante o período de aquisição dos dados, foram utilizadas câmeras fotográficas, câmeras de vídeo, câmeras de alta velocidade, entre outras. Inicialmente foi necessário o conhecimento do método de operação e localização de cada câmera e algumas propriedades dos raios. Identificar características das descargas intranuvem e descendentes são essenciais para registro de suas ocorrências; além disso, entender a posição das câmeras e sua resolução auxilia na identificação dos raios e na estimativa da distância de ocorrência. Portanto, através de programas adequados para a visualização das imagens adquiridas, é possível identificar o momento exato no qual o a descarga tocou o solo e tabelar sua aparição através de uma captura da tela. Em outras câmeras, a aquisição dessas descargas é feita automaticamente a partir da variação na luminosidade do ambiente. O sensor de campo elétrico consiste em uma antena rápida – tipo prato – que opera sob uma frequência que o capacita à captar a intensidade de campo elétrico de uma descarga atmosférica, sendo possível aumentar a precisão do tempo registrado em que o raio ocorre, além de dados sobre as variação na amplitude do campo elétrico durante a ocorrência do fenômeno atmosférico, também, torna possível averiguar a sua distância perante o sensor. Assim, as descargas elétricas são fenômenos extremamente curtos. Quanto maior a taxa de aquisição de uma câmera, mais imagens da propagação da descarga podem ser analisadas e relacionadas a outros parâmetros do raio como: campo elétrico e corrente elétrica.

Palavras-Chave: Raios. Câmera rápida. Campo elétrico.

LISTA DE FIGURAS

	<u>Pág.</u>
Figura 2.2 - Raio intranuvem.....	4
Figura 2.3 - Raio descendente negativo.	5
Figura 3.3 – Raio descendente registrado pela câmera padrão.	10
Figura 3.6 – Ponto de referência caixa d’água INPE.	12
Figura 3.7 – Sinal de campo elétrico adquirido pela antena instalada.	13
Figura 3.8 – Ruído identificado no sinal de campo elétrico.	13
Figurra 4.2 – Raio descendente negativo e dados do Campo Elétrico.	15

LISTA DE TABELAS

	<u>Pág.</u>
Tabela 4.1 – Fragmento da tabela de registro de Descargas Eléctricas	14

SUMÁRIO

	<u>Pág.</u>
1 INTRODUÇÃO	1
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	2
2.1 Cumulonimbus.....	2
2.2 O raio.....	3
2.2.1 Raios intranuvem.....	3
2.2.2 Raios descendentes	4
2.2.2.1 Negativos	4
2.2.2.2 Positivos.....	6
2.2.3 Raios ascendentes	7
3 MATERIAIS E MÉTODOS	8
3.1 Câmeras convencionais e de alta velocidade.....	9
3.2 Campo Elétrico	11
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	14
5 CONCLUSÃO	16
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	17

1 INTRODUÇÃO

Estudos relacionados à eletricidade atmosférica datam de várias representações pré-históricas onde os raios apareciam como machadinhas de pedra lançadas do céu. Os antigos gregos, romanos e babilônios representavam seus deuses lançando raios, para simbolizar força e poder. Para os vikings o poder de uma tempestade indicava a presença de Thor que produzia as descargas ao lançar seu martelo em direção à Terra.

O pioneiro nos estudos relacionados à eletricidade atmosférica foi Benjamin Franklin, que em 1750 propôs um experimento para entender a natureza dos raios, realizado em maio de 1752 por Thomas François Dalibard, na França. Somente em junho de 1752 Benjamin Franklin realizou o famoso experimento com a pipa. Somente no início do século XX, os estudos sistemáticos para mensurar parâmetros das descargas atmosféricas foram iniciados através do uso de câmeras e sensores de corrente.

Atualmente essa área da ciência busca investigar e compreender as propriedades físicas de formação, propagação e conexão dos raios a estruturas no solo, bem como o desenvolvimento e aperfeiçoamento de sistemas de proteção, tornando-os mais eficientes e minimizando o número de vítimas e prejuízos causados por raios.

Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de identificar aspectos físicos de descargas atmosféricas naturais tais como corrente contínua (por intermédio de câmeras de alta velocidade) e variações de campo elétrico (a partir de sensores). Compreender as características físicas que distinguem os diferentes tipos de raios (descendentes, ascendentes e intranuvem) são essenciais para a análise dos registros de suas ocorrências.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste tópico serão descritas as condições necessárias para que uma nuvem de tempestade inicie em seu interior uma descarga elétrica, e os tipos de raios capazes de se formarem e propagarem a partir dessas nuvens. Foram adotados os seguintes significados para os termos: Relâmpago - manifestação luminosa que acompanha as descargas elétricas naturais; Raio - descarga elétrica visível na nuvem, entre a nuvem e o solo, entre o solo e a nuvem produzida em resposta à intensificação da atividade elétrica; e por fim, Trovão - som emitido pela abrupta expansão do ar devido a altas temperaturas de uma descarga atmosférica (INMET, 2019).

2.1 Cumulonimbus

Distinguem-se das outras formas de nuvem por vários aspectos, como por exemplo pelo seu tamanho, pela sua grande extensão vertical e por apresentarem fortes correntes verticais de ar. O processo de formação dessas nuvens depende basicamente de três fatores: a umidade do ar, a instabilidade atmosférica - o qual relaciona-se à variação de temperatura com a altura - e a existência de forçantes dinâmicos que “empurram” o ar para cima.

As *cumulonimbus* (Cb) (Figura 2.1) têm sua formação a partir das *cumulus* - nuvens baixas que iniciam sua formação em aproximadamente 1000 m de altura. Uma das características dessas nuvens é ter a base plana, devido à dois fatores principais: presença de turbulência na camada limite planetária, que inibe a formação de nuvens da superfície até em torno de 1000 m de altura; e diferença de temperatura nos diferentes níveis de altitude da atmosfera, condensando o vapor d'água ao alcançar uma altura com temperaturas mais baixas.

A razão para o topo da Cb ser plano é devido a sua extensão vertical que pode alcançar o topo da troposfera, também conhecida como tropopausa. A essa altura, que em média é em torno de 10 km, a temperatura se torna constante inibindo a convecção, fazendo com que a nuvem não cresça mais verticalmente, se estendendo apenas horizontalmente. A altura máxima de uma Cb é ultrapassada quando os movimentos verticais dentro dela são intensos devido à instabilidade, fazendo com que os hidrometeoros ultrapassem a altura máxima da nuvem.

Figura 2.1 – Nuvem da espécie cumulonimbus.



Fonte: Imagem cedida por Paola B. Lauria.

2.2 O raio

O Raio é uma descarga atmosférica muito intensa.

No interior das nuvens de tempestades, existem três principais centros de cargas (LIMA, 2005). Entre esses centros de cargas, o campo elétrico intensifica-se excedendo a capacidade isolante do ar (aproximadamente 3×10^6 V/m). Essa intensificação promove a separação de cargas, dando origem a uma descarga líder chamada líder bidirecional. Segundo a Teoria do Líder Bidirecional os raios iniciam-se entre dois centros de cargas presentes na nuvem devido a intensidade do campo elétrico neste local, ou a partir da intensificação do campo elétrico no topo de torres ou estruturas altas. Os raios têm polaridade positiva e negativa, podendo ser intranuvem, descendentes (nuvem-solo) ou ascendentes (solo-nuvem).

2.2.1 Raios intranuvem

A porcentagem de raios Intranuvem é de 80 a 90%, enquanto que os que atingem o solo variam de 10 a 20%, essa diferença se dá devido a “facilidade” de uma descarga se propagar em meio aos centros de cargas localizados no interior da nuvem, percorrendo distâncias curtas e de “fácil acesso”. Ao se propagar no interior da nuvem, a tarefa do

líder de quebrar a rigidez dielétrica do ar é “facilitada”, assim não é necessário que a descarga vença cerca de 2 a 3 km de coluna de ar para tocar o solo.

Figura 2.2 - Raio intranuvem.



Fonte: Arquivos do grupo de eletricidade atmosférica.

2.2.2 Raios descendentes

2.2.2.1 Negativos

Ocorrem geralmente no início da tempestade, transportando cargas negativas para o solo. Em geral, se comparado aos de polaridade positiva, os raios negativos são mais ramificados, produzem mais terminações que tocam o solo, além de possuírem maior número de descargas de retorno. Seu pico de corrente é inferior ao do raio positivo.

O líder escalonado, ao se propagar, quebra a rigidez dielétrica do ar ionizando a porção de ar a sua frente que por sua vez intensifica o campo elétrico dando origem ao Space Stem que ao ser atraído pela polaridade negativa, neutraliza as cargas na ponta do líder e alonga o canal. Nesse momento é gerado um pulso muito forte de corrente, resultando na propagação do líder negativo através de passos escalonados. Em geral emite muita radiação eletromagnética.

Ao se propagar em direção ao solo, o líder escalonado tem velocidade próxima a 100 km/s. Embora tenha mais dificuldade de propagação, essa polaridade do líder tem maior

velocidade média e maior número de ramificações, com isso maior coleta de cargas elétricas. A grande quantidade de ramificações dos raios negativos é devido ao número de tentativas feitas para encontrar o melhor caminho para chegar ao solo. Cerca de 80% dos raios negativos possuem múltiplas descargas de retorno, e apenas 20% apresentam uma única descarga de retorno (DR). Um raio descendente negativo produz, em média, 1,7 terminações ao tocar o solo e cerca de 4,6 descargas de retorno subsequentes. Dessa maneira, haverá em média cerca de 2,7 descargas de retorno por terminação (SABA et al., 2006).

O motivo da ocorrência dessas descargas subsequentes deve-se à instabilidade do canal principal. Um raio negativo geralmente possui uma baixa corrente fluindo através do canal que conecta a nuvem ao solo. Essa baixa corrente é consequência da deficiência na alimentação do canal que é feita pela propagação do líder positivo no interior da nuvem de tempestade. Portanto, o canal de um raio negativo é facilmente desfeito, podendo dar origem ao Líder Contínuo que gera uma Descarga de Retorno Subsequente (DRS). Este se propaga pelo canal inicialmente ionizado cerca de dez vezes mais rápido que o Líder Escalonado, podendo alcançar velocidades da ordem de 1.000 km/s.

Caso a ionização do canal diminua consideravelmente, um líder contínuo pode iniciar uma nova trajetória ao solo. Cerca de 50% dos raios negativos usam o mesmo canal traçado anteriormente para a propagação das descargas de retorno subsequentes, enquanto cerca de 50% destes, são bifurcados.

Figura 2.3 - Raio descendente negativo.



Fonte: Arquivos do grupo de eletricidade atmosférica (2020)

2.2.2.2 Positivos

Transferem carga positiva ao solo. Ocorrem geralmente no final da tempestade, e em geral constituem a minoria dos Raios Descendentes (em torno de 10% do total). Em aproximadamente 80% dos casos, produzem apenas uma DR e, conseqüentemente, uma única terminação no solo. A corrente da DR do raio positivo é mais intensa e o seu pico pode chegar a centenas de quilo ampères. A DR geralmente é seguida por uma corrente contínua (CC) baixa, mas de longa duração. (SABA et al., 2006).

Em geral o raio positivo tem CC longa (centenas de milissegundos) devido à propagação do seu líder bidirecional. Como já visto, enquanto o líder positivo caminha em direção ao solo, um líder de polaridade negativa se propaga no interior da nuvem, coletando cargas positivas que alimentam o canal principal. Estes líderes negativos são mais ramificados e propagam-se com velocidade média alta, sendo capazes de manter o canal do raio estável por mais tempo. Assim a CC longa está presente em cerca de 70% dos raios positivos, enquanto nos negativos está presente em apenas 30% dos casos (SABA et al., 2010).

Figura 2.5 – Raio descendente positivo.



Fonte: Imagem cedida por Tom A. Warner.

2.2.3 Raios ascendentes

Os Raios Ascendentes ocorrem em sua maioria no final da tempestade em resposta à perturbação na nuvem causada geralmente por líderes negativos ou em resposta a um raio descendente positivo (SABA et al., 2016). No topo de torres ou estruturas muito altas a intensificação do campo elétrico ioniza o ar iniciando o líder ascendente. Assim, um líder negativo na nuvem pode dar origem a um líder ascendente positivo na torre. A denominação da polaridade do raio ascendente se dará, no entanto, pela transferência de carga ao solo e não pela polaridade do líder ascendente. Assim, um líder ascendente positivo ao transferir carga negativa ao solo dá origem a um Raio Ascendente negativo.

Figura 2.3 – Raio ascendente negativo.



Fonte: Arquivos do grupo de eletricidade atmosférica.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Os dados utilizados neste trabalho foram adquiridos nas imediações do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE durante o verão de 2019 / 2020. Duas torres (Figura 3.1) foram monitoradas durante este período para registrar possíveis conexões de raios. Para o registro de aspectos visuais de propagação das descargas foram utilizados três tipos de câmeras: a) Câmeras de alta velocidade da fabricante *Phantom*, modelos V711, V9, V2012; b) Câmeras Padrões: MV-CA013-20UM; c) Câmeras Fotográficas: D200, D300 e D800. Além das características visuais das descargas, aspectos físicos foram monitorados durante este período, tais como campo elétrico e corrente elétrica produzidos por líderes descendentes. Tais equipamentos foram instalados ao redor destas torres e eram ativados no início da tempestade.

Figura 3.1 – Visão das duas torres localizadas no INPE



Fonte: Paola Beatriz Lauria

Portanto, a seguir são descritos os materiais utilizados durante o período de aquisição dos dados, como as câmeras para registro visual, ponto de referência da coleta de dados e o Sensor utilizado para captação de campo elétrico.

3.1 Câmeras convencionais e de alta velocidade

As câmeras utilizadas durante o período de aquisição dos dados foram da fabricante *Phantom Research*. Os modelos utilizados são apresentados na Figura 3.2. Essas câmeras operam a uma taxa superior a 30.000 imagens por segundo (*frames per second – fps*) - V9 30.000 fps, V711 – 80.000 fps e, V2012 – 120.000 fps. Tais Câmeras eram direcionadas para as torres apresentadas na Figura 3.1, afim de registrar as conexões de descargas descendentes. O arquivo da gravação dessas câmeras contém o horário de ocorrência dos raios, com precisão de microssegundos obtido através de uma antena GPS. Após a aquisição das imagens dos raios, o aplicativo da fabricante “Phantom Camera Control Application” é utilizado para a análise das imagens.

Figura 3.2 – Câmeras de alta velocidade Phantom.



Onde, (a) camera de alta velocidade modelo v711 e (b) camera de alta velocidade modelo V2012.
Fonte: Phantom Ametek.

As câmeras convencionais, instaladas ao redor do INPE, têm a função de adquirir imagens complementares dos raios para uma futura projeção 3D. O registro de descargas elétricas capturadas por uma câmera padrão e por uma câmera Phantom, nas quais apresentam menor resolução em relação à outra, respectivamente. Como pode ser observado na Figura 3.3 uma descarga elétrica captura por uma câmera convencional, e na Figura 3.4 uma descarga capturada por uma câmera de alta velocidade *Phantom*.

Figura 3.3 – Raio descendente registrado pela câmera padrão.



Fonte: Arquivos do grupo de eletricidade atmosférica.

Figura 3.4 – Raio descendente registrado pela câmera rápida V711.



Fonte: Arquivos do grupo de eletricidade atmosférica.

Por intermédio dessas câmeras, diversos vídeos foram gravados durante a propagação das descargas atmosféricas. Por meio de observação da mídia, pode-se classificar as características existentes dos raios como a presença de corrente contínua, componente M, classificação da polaridade etc.

As câmeras fotográficas utilizadas, registravam o momento das descargas por intermédio da variação de luminosidade do ambiente. Sendo assim, operavam automaticamente, sem a necessidade de disparo do observador. A Figura 3.5 apresenta os modelos das câmeras Nikon D300 (a) e D800 (b), utilizando uma lente de amplificação.

Figura 3.5 – Câmeras fotográficas Nikon.



Onde, (a) Câmera Nikon d300 e (b) Câmera Nikon D800 com lente de aumento acoplada. Fonte: Nikon.

3.2 Campo Elétrico

A variação de campo elétrico é registrada por um sensor de campo elétrico instalado próximo ao local de observação, Figura 3.6. Trata-se de uma antena rápida, tipo prato, que opera na frequência entre 306 Hz a 1,5 MHz, adquirindo cerca de 5×10^6 amostras por segundo e um tempo de decaimento de 0,5 ms. O intervalo entre as amostragens é de 200 nanosegundos. Essa taxa de aquisição entre amostragens permite a aquisição de medidas mais confiáveis das variações na amplitude do campo elétrico durante a ocorrência dos processos físicos do raio. (FERRO, 2012). Dependendo da distância e do Sensor sendo utilizado, a captação pode ser nula ou abranger alta concentração de “ruídos”, nos quais dificultam a identificação dos Raios. (SILVA, 2009).

Figura 3.6 – Ponto de referência caixa d'água INPE.

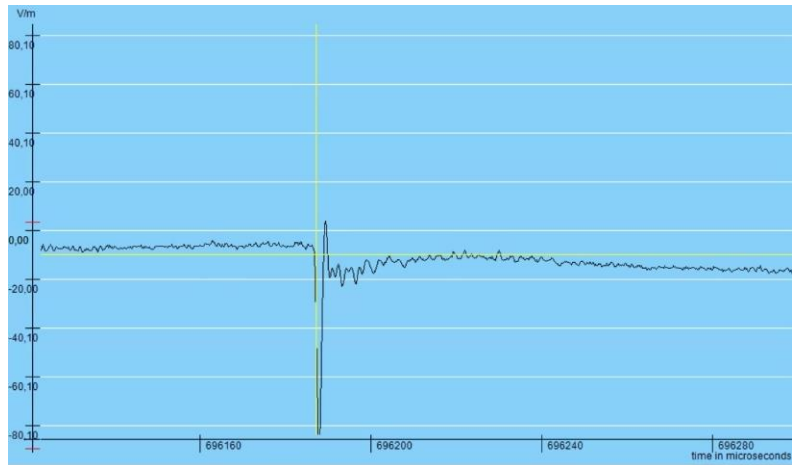


Fonte: Próprio Autor

Dados de campo elétrico adquiridos durante os eventos foram utilizados para análise da polaridade da descarga, distância de ocorrência e complemento aos dados das câmeras rápidas.

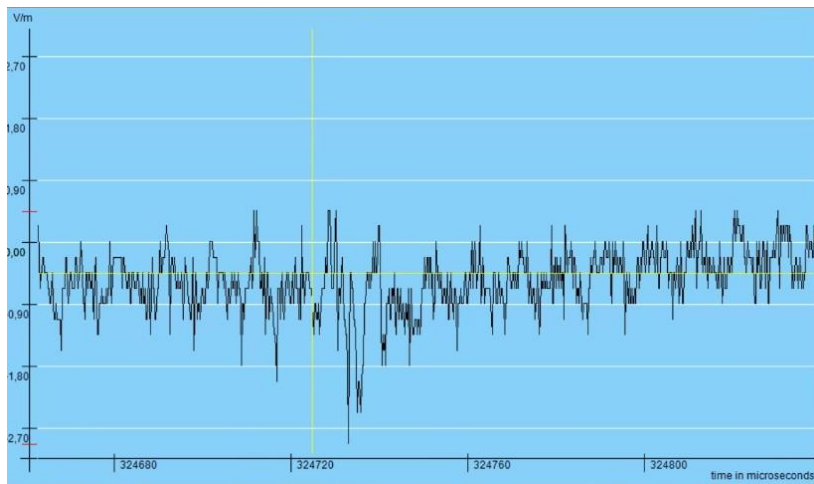
Todos os raios produzem variações no campo elétrico, os dados adquiridos oscilam, podendo apresentar alta precisão, “muitos ruídos” e poucos dados devido à grande distância entre o fenômeno e o sensor. Como pode ser observado na Figura 3.7, demonstrando a presença de um Campo Elétrico causado por um raio negativo, no qual provoca uma descida na linha, e na Figura 3.8 ruídos causados pela alta intensidade devido à alta proximidade com o fenômeno e a intensidade dele.

Figura 3.7 – Sinal de campo elétrico adquirido pela antena instalada.



Fonte: Arquivos do grupo de eletricidade atmosférica.

Figura 3.8 – Ruído identificado no sinal de campo elétrico.



Fonte: Arquivos do grupo de eletricidade atmosférica.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir da análise dos vídeos adquiridos pelas câmeras durante as tempestades, foram observados diversos aspectos visuais dos raios. Os dados referentes a cada descarga foram adicionados a Tabela 4.1. Devido a infinidade de informações sobre as descargas, optou-se por apresentar apenas uma parte da tabela.

Tabela 4.1 – Fragmento da tabela de registro de Descargas Elétricas

Ralo		Data		Hora					Câmeras V					Câmeras China		Câmeras Fotográficas			
bolt	year	month	day	hh	mm	ss	ms	interval	V711	V9 S26	V2012	V9 LIT	V9 CEA	V2512	Xing	Ling	D300	D600	D800
15/11/2019																			
1	2019	11	15	0	27	47	430,000		nd	nd	nd	nd	nd	nd	V	nd	nd	nd	nd
2	2019	11	15	0	30	26	267,000		nd	nd	nd	nd	nd	nd	D	nd	nd	nd	nd
22/11/2019																			
3	2019	11	22	21	39	53	200,056		nd	nd	nd	V	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	2019	11	22	21	39	53	435,369	235,313	nd	nd	nd	D	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
4	2019	11	22	21	51	12	569,899	17,500	nd	nd	nd	D	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	2019	11	22	21	51	12	637,045	67,146	nd	nd	nd	nd	F	nd	nd	nd	nd	nd	nd
5	2019	11	22	21	53	35	604,000	133,496	nd	nd	nd	nd	F	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	2019	11	22	21	53	35	665,000	61,000	nd	nd	nd	nd	nd	nd	V	nd	nd	nd	nd
6	2019	11	22	21	55	38	163,000	184,000	nd	nd	nd	nd	nd	nd	V	nd	nd	nd	nd
	2019	11	22	21	55	38	284,000	123,000	nd	nd	nd	nd	nd	nd	V	nd	nd	nd	nd
04/12/2019																			
7	2019	12	4	19	49	18	724,000		nd	nd	nd	nd	nd	nd	V	nd	nd	nd	nd
	2019	12	4	19	49	18	748,000	24,000	nd	nd	nd	nd	nd	nd	V	nd	nd	nd	nd
8	2019	12	4	19	49	18	786,000	38,000	nd	nd	nd	nd	nd	nd	V	nd	nd	nd	nd
	2019	12	4	19	49	18	822,000	36,000	nd	nd	nd	nd	nd	nd	V	nd	nd	nd	nd
05/12/2019																			
	2019	12	5	19	52	12	80,931		nd	nd	nd	V	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	2019	12	5	19	52	12	133,490	54,559	nd	nd	nd	D	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd

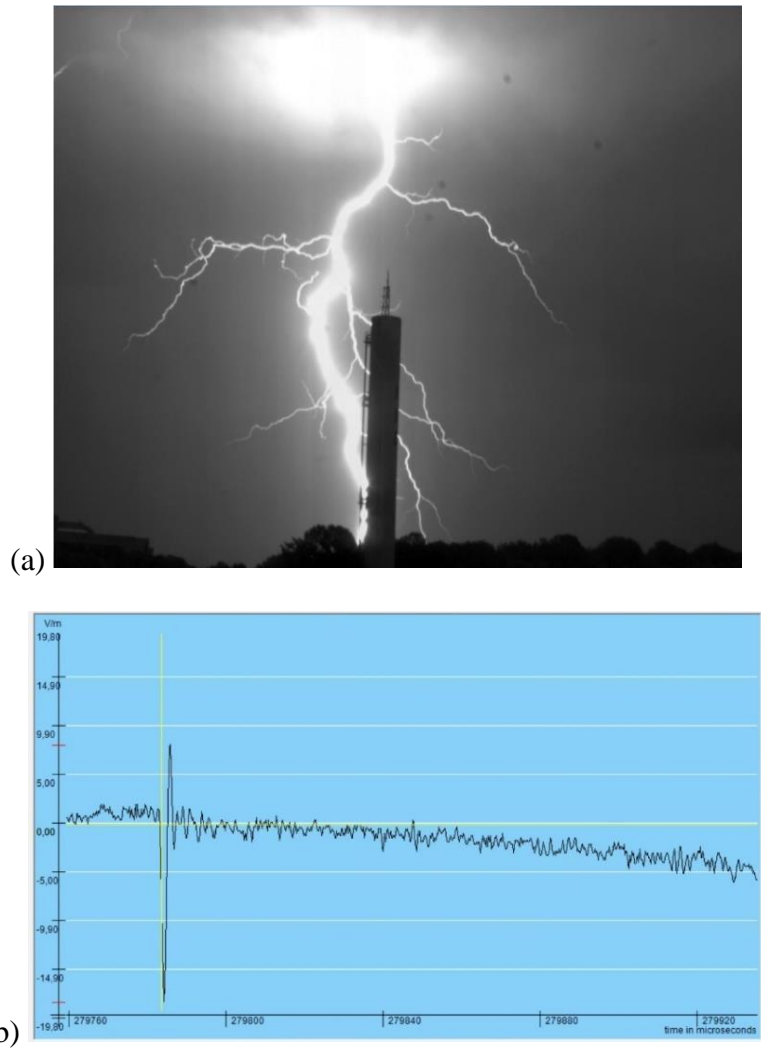
Onde, “nd” representa “No data”, quando não houve identificação de descarga no relatório no conteúdo de mídia captado pela câmera.

Fonte: Produção do autor.

Após a aquisição e análise dos dados, foi criado um documento contendo as informações visuais do evento que reúne as descargas elétricas ocorridas. Através da observação de cada vídeo, executou-se edição nos vídeos muito longos com intuito de demonstrar apenas os intervalos que foram identificados descargas elétricas; fato que possibilitou a disponibilidade de mais espaço no armazenamento interno.

A Figura 4.2 apresenta o registro de uma descarga de retorno associada ao campo elétrico produzido por ela. Dados como estes foram analisados durante o período de iniciação científica.

Figura 4.2 – Raio descendente negativo e dados do Campo Elétrico.



Onde, (a) Imagem obtida pela câmera V9 de um raio negativo e (b) registro do Campo Elétrico do raio citado em (a).

Fonte: Arquivos do grupo de eletricidade atmosférica.

5 CONCLUSÃO

Portanto após a finalização do trabalho, é plausível concluir que as câmeras convencionais funcionam de modo esperado, filmando as descargas elétricas sem a necessidade de um operador. As câmeras filmaram todas as descargas para as quais estavam apontadas, porém algumas filmagens não possuíam descargas, pois havia passado algo à frente da câmera, assim ativando o trigger, ocorrendo alguns erros de filmagens. Também se verifica que algumas câmeras apresentam melhores resoluções para captura, contudo o fenômeno de descargas elétricas não se pode ser previsto como e onde ocorrerá, então faz-se necessário o uso de diversas câmeras de forma a abranger uma maior margem visual. Não obstante, fazendo uso de sensores de Campo Elétrico proporciona maior coleta de dados sobre a descarga e auxilia na acurácia de informações, pois é possível verificar através do Sensor de Campo Elétrico a distância, ocorrência e intensidade do fenômeno.

Ademais, usando softwares nos quais iniciam a gravação das câmeras automaticamente ao detectarem mudança ou movimento na imagem, por muitas vezes captam “flashes” no céu, citados comumente como clarões que geralmente são raios nos quais não se pode ver o canal, impossibilitando a averiguação de sua origem e seu fim. Fazendo-se importante a reavaliação dos conteúdos obtidos por um operador, excluindo os quais não possuem nenhuma captura do fenômeno e reunindo as informações adquiridas de forma a facilitar a busca por outros pesquisadores de forma mais rápida e ilustrativa.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DA SILVA FERRO, Marco Antonio; SABA, Marcelo Magalhães Fares; PINTO JR, Osmar. Time-intervals between negative lightning strokes and the creation of new ground terminations. **Atmospheric research**, v. 116, p. 130-133, 2012.

INMET. **Glossário.** Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=glossario#R>>. Acesso em: 22 maio 2019.

LIMA, Kellen Carla. **Descargas elétricas atmosféricas em sistemas convectivos de mesoescala no sul da América do Sul.** 2005. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pelotas.

SABA, M. M. F.; BALLAROTTI, M. G.; PINTO, J. Negative cloud-to-ground lightning properties from high-speed video observations. **Journal of Geophysical Research Atmospheres**, v. 111, n. 3, 2006.

SABA, M. M. F.; SCHUMANN, C.; WARNER, T. A.; FERRO, M. A. S.; PAIVA, A. R.; HELSDON, J.H.; ORVILLE, R. E., Upward lightning flashes characteristics from high-speed videos. **Journal of Geophysical Research: Atmospheres**, v. 1, p. 1, 2016.

SABA, M. M. F.; SCHULZ, W.; WARNER, T. A.; CAMPOS, L. Z. S.; SCHUMANN, C.; KRIDER, E. P.; CUMMINS, K. L.; ORVILLE, R. E., **High-speed video observations of positive lightning flashes to ground.** J. Geophys. Res., 115, doi:10.1029/2010JD014330, 2010.

SILVA, Valeria Cristiane. **Sensor para medição do campo elétrico.** 2009. 102 p. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação, Campinas, SP. Disponível em: <<http://www.repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/259374>>. Acesso em: 13 ago. 2018.