



Grupo de Estudo de Linhas de Transmissão-GLT

Sistema de vigilância de incêndios e de focos de calor (VFogo): Plataforma de tomada de decisão para monitoramento ambiental e operação de LTs

EDUARDO ALVIM LEITE(1); FLAVIO DEPPE(1); GABRIEL HENRIQUE DE ALMEIDA PEREIRA(1); GIOVANI FRONZA(1); CLOVIS CECHIM(1); SIMEPAR(1);

RESUMO

Incêndios são fenômenos ambientais que preocupam o setor elétrico brasileiro. As queimadas e presença de fogo sob as LTs constituem uma das principais causas ambientais de desligamentos em LTs, ao lado de descargas atmosféricas, vento e chuva fortes, vegetação e quedas de torre. Dentre algumas ferramentas que podem auxiliar no monitoramento de queimadas, a utilização de tecnologias de Sensoriamento Remoto tem especial importância. Dentro deste contexto, o objetivo do trabalho é apresentar o Sistema de Vigilância de Incêndios e Focos de Calor denominado VFogo. Este Sistema possui dois componentes: (i) Plataforma web desenvolvida para monitoramento e análise de incêndios através de Sensoriamento Remoto em áreas de influência das LTs; (ii) Monitoramento assistido por profissionais (escala 24/7/365) da plataforma web e emissão de alertas do nível de risco das LTs monitoradas devido a presença de incêndios.

PALAVRAS-CHAVE

Sensoriamento Remoto, Queimadas, Desligamento, WebGeo

1.0 - INTRODUÇÃO

Incêndios são fenômenos ambientais que preocupam o setor elétrico brasileiro. Os incêndios podem causar impactos diretos nas linhas de transmissão, torres e transformadores, causando perturbações transitórias ou de maior duração na transmissão de energia elétrica devido, principalmente, às altas temperaturas e ao calor excessivo, que podem gerar danos termais a isoladores, cabos e estruturas, bem como a presença de fumaça e de material particulado, que podem ionizar o ar no entorno dos circuitos.

As queimadas e presença de fogo sob as LTs constituem uma das principais causas ambientais de desligamentos em LTs, ao lado de descargas atmosféricas, vento e chuva fortes, vegetação e quedas de torre, conforme dados levantados pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS). Sua recorrência apresenta grande diversidade entre as regiões e LTs específicas, sendo maior nas regiões Norte e Centro Oeste. Por exemplo, de 2004 a 2013, a LT Serra da Mesa –Tucuruí apresenta registros apontando as queimadas como responsáveis por 17% das causas de desligamentos (onde 40% foram apontadas como indeterminada).

Dentre algumas ferramentas que podem auxiliar no monitoramento de queimadas, a utilização de tecnologias de Sensoriamento Remoto tem especial importância. A utilização de imagens de satélites permite realizar o monitoramento de grandes extensões territoriais, em especial das regiões onde estão as linhas de transmissão, acompanhar mudanças no uso e cobertura do solo, monitoramento das faixas de servidão, relevo e vegetação do entorno. A rapidez e eficiência na detecção e monitoramento dos incêndios florestais são fundamentais para a

viabilização do controle do fogo, redução dos custos nas operações de combate, atenuação dos danos e dimensionamento dos efeitos produzidos pelo fogo sobre o ambiente (Batista, 2004).

Dentro deste contexto, o objetivo do trabalho é apresentar o Sistema de Vigilância de Incêndios e Focos de Calor denominado VFogo. Este Sistema possui dois componentes: (i) Plataforma web desenvolvida para monitoramento e análise de incêndios através de Sensoriamento Remoto em áreas de influência das LTs; (ii) Monitoramento assistido por profissionais (escala 24/7/365) da plataforma web e emissão de alertas do nível de risco das LTs monitoradas devido a presença de incêndios.

2.0 - DESENVOLVIMENTO

2.1 Área de Estudo e Recursos

A serviço do ONS e em escala piloto, o sistema VFogo está sendo utilizado para o monitoramento de incêndios sob linhas de transmissão de energia nas regiões Norte e Nordeste do país. Atualmente, o sistema é empregado para monitorar 13 trechos de LTs, com mais de 2.500 km de extensão, presentes em 6 estados brasileiros. Ver Figura 1.

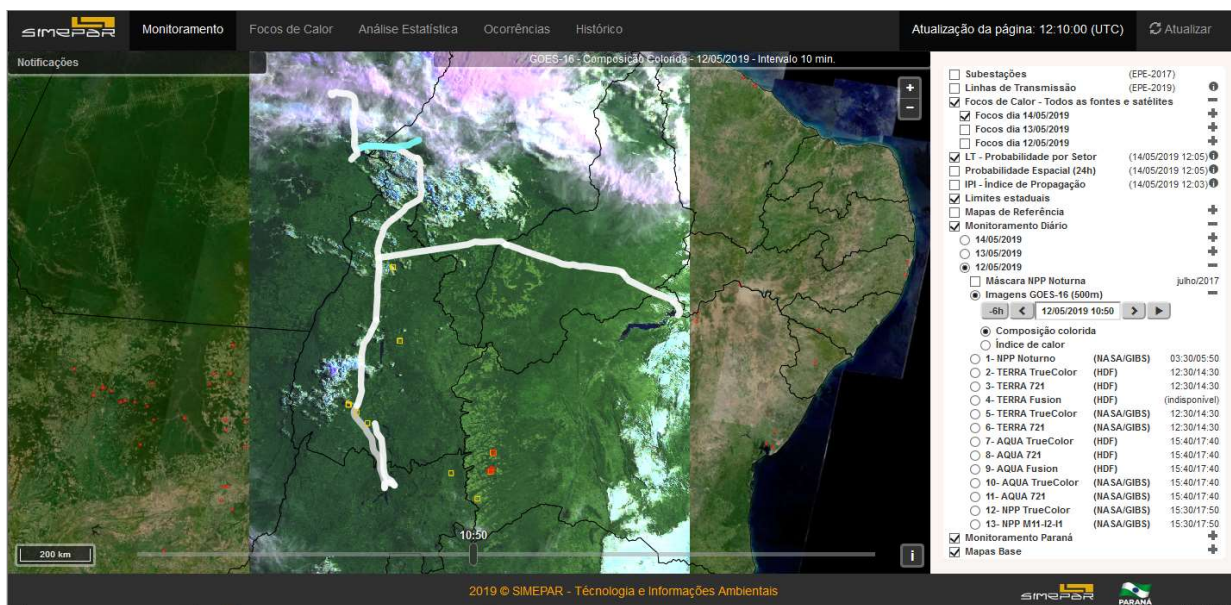


FIGURA 1 – Área de estudo e interface do Sistema VFogo.

As tecnologias utilizadas para o desenvolvimento do sistema VFogo envolvem apenas software livres, tais como Sistema operacional Linux, servidor de mapas Geoserver, banco de dados PostgreSQL+PostGIS e frontend OpenLayers, utilizando linguagens de programação e bibliotecas JavaScript, JQuery, HTML5, CSS3.

Com o uso do framework Bootstrap, foi desenvolvida uma interface amigável e responsiva, a qual se adapta facilmente para qualquer dispositivo de navegação para web, tal como desktop, notebook, tablet ou smartphone. A Figura 1 apresenta exemplo de visualização da interface principal do sistema VFogo em ambiente desktop.

O sistema VFogo possui uma plataforma web multi camada para auxiliar à análise e monitoramento de incêndios. O sistema VFogo Inclui as seguintes camadas estáticas (ou de baixa frequência de alteração):

- Subestações (EPE, 2017-2018);
- Linhas de Transmissão (EPE, 2017-2018);
- Buffers das Linhas de Transmissão;



- Limites estaduais (IBGE, 2018);
- Altimetria ASTER 30 metros;
- Open street map;
- Imagens basemap BingMaps.

As camadas dinâmicas (com atualização de 12 horas a 10 minutos) presentes no sistema VFogo incluem:

- Focos de Calor,
- Probabilidade por setor
- Probabilidade espacial,
- Índice de Propagação de Incêndio (IPI),
- Densidade de desligamentos,
- Máscara NPP noturno,
- Índice de calor GOES,
- Imagens de satélites de alta e média resolução espacial (NPP, GOES, TERRA, AQUA, Sentinel 2, Landsat)

Imagens dos diferentes satélites e sensores, os focos de calor, bem como as probabilidades de ocorrência de incêndios, que se caracterizam como dados dinâmicos, são atualizados continuamente por meio de rotinas automatizadas, a partir da disponibilização dos mesmos. Sendo assim, as imagens de satélite associadas aos focos de calor gerados pelo INPE e pela NASA permitem a identificação e a distribuição espacial dos incêndios florestais e queimadas em tempo quase real (Near Real Time – NRT), possibilitando o gerenciamento e monitoramento contínuo das extensões territoriais, das LTs, faixas de servidão e áreas adjacentes. Adicionalmente, o conjunto de dados é mantido na plataforma por três dias, permitindo assim que os usuários, tomadores de decisão, possam contar com dados históricos de dois dias anteriores, onde é possível acompanhar a evolução e características ambientais que condicionam eventuais ocorrências de queimadas.

O ambiente web disponibiliza outras quatro interfaces secundárias:

- Focos de Calor: dados tabulares e quantitativos das fontes de dados utilizadas no sistema (NASA, INPE e ONS);
- Análise Estatística: monitoramento diário da qualidade de imagens MODIS e focos de calor das diferentes fontes, onde são apresentados índices e gráficos de quantidade e atraso temporal da disponibilização dos dados;
- Ocorrências: demonstração estática de casos de desligamentos decorrentes de incêndios, em especial no ano de 2017;
- Histórico: representações gráficas dos casos de desligamentos coletados pelos registradores elétricos entre os anos de 2010 à 2017, onde é possível visualizar, para cada quilômetro ou trecho, quais são os mais afetados ou mais vulneráveis à quedas provocadas por queimadas.

2.2 Análises

O conjunto de imagens provenientes dos satélites TERRA, AQUA (sensor MODIS) e NPP (sensor VIIRS) possuem alta resolução temporal, com capacidade de imageamento diário da área de estudo, sendo que o satélite TERRA possui passagem sobre a área de interesse no período da manhã, enquanto que os satélites AQUA e NPP procedem sua varredura no período da tarde. A Figura 2 apresenta um detalhe de Imagem em composição falsa cor do satélite AQUA sobre o reservatório de Sobradinho.

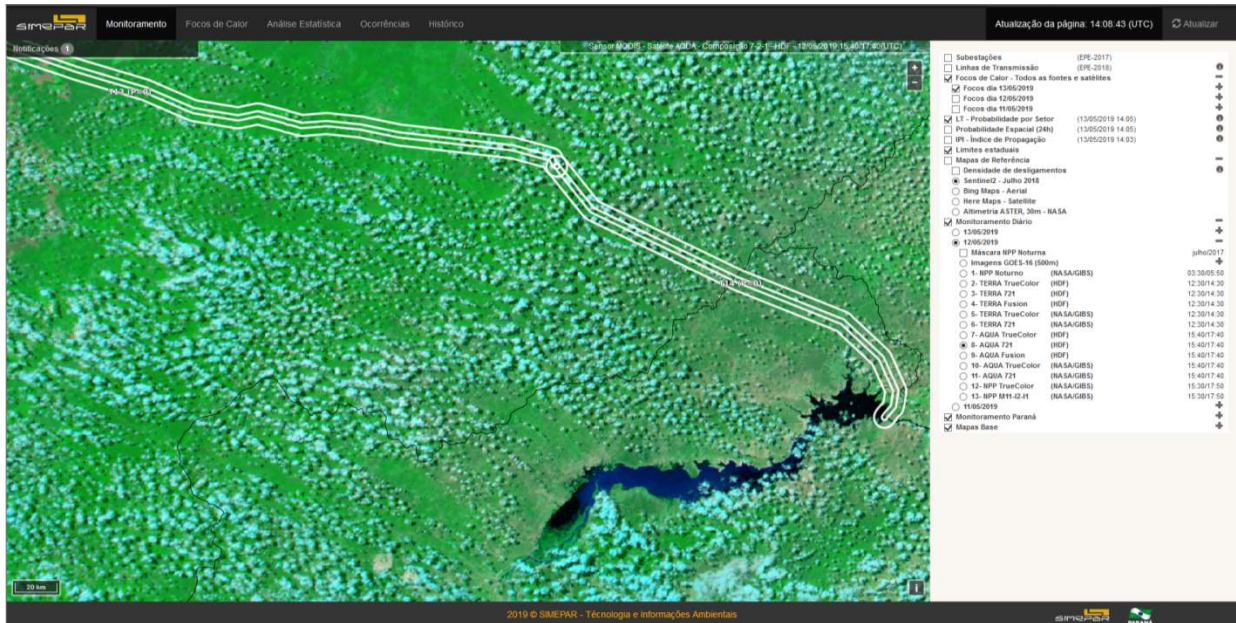


FIGURA 2 – Detalhe de Imagens Aqua

Outro satélite importante para o monitoramento dos incêndios utilizado é o GOES 16, cujas imagens são apresentadas no VFogo a cada 10 minutos. Devido a esta alta resolução temporal é possível realizar o monitoramento de incêndios em tempo quase real, identificando o início, a evolução e o deslocamento do mesmo. Deste satélite GOES 16 apresenta-se duas imagens processadas resultantes: uma colorida em que é possível distinguir o incêndio (Figura 3a); e outra que representa um índice de calor (Figura 3b), onde áreas de maior temperatura são realçadas.

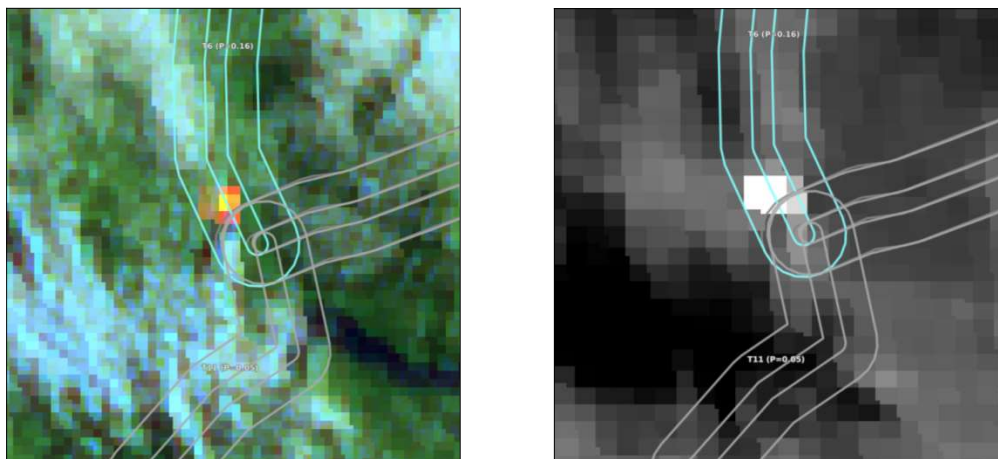


FIGURA 3 – Detalhe de Imagens GOES-16, (a) composição colorida e (b) índice de calor

Ainda, imagens do satélite Sentinel 2 são disponibilizadas no VFogo de maneira a se obter um melhor detalhamento da área de estudo. Estas imagens possuem resolução espacial de 10 metros, sendo possível boa diferenciação de usos e coberturas do solo, delineamento e detalhamento das faixas de servidão. Devido a sua boa resolução espacial, é possível identificar individualmente os circuitos das LTs sob vigilância.

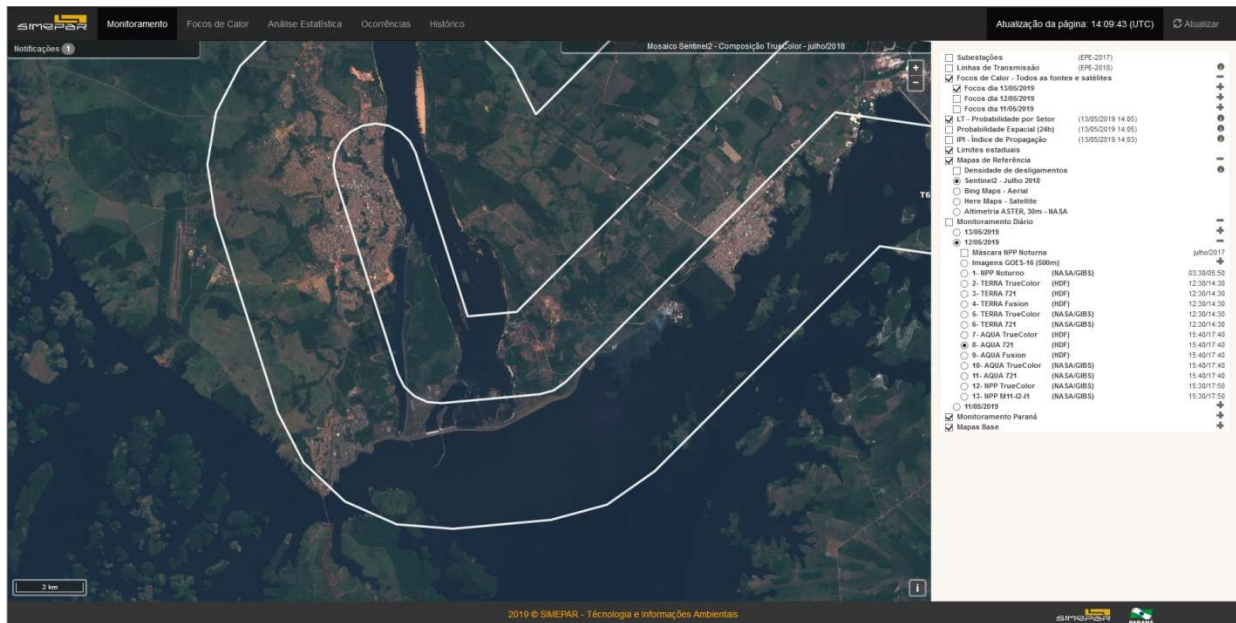


FIGURA 4 – Detalhe da Imagem Sentinel 2.

Um dos aspectos mais inovadores do sistema VFogo é a maneira como são processados e incorporados no monitoramento de incêndios os dados de focos de calor. O sistema VFogo processa e permite a visualização de focos de calor oriundos de diversos satélites, que são gerados operacionalmente tanto pela NASA como pelo INPE. Cada fonte é representada com uma cor determinada, com a rotulagem de horário que permite a visualização concomitante para fins comparativos. Na Figura 5 é possível visualizar esta representação simultânea sobre uma imagem Sentinel2.

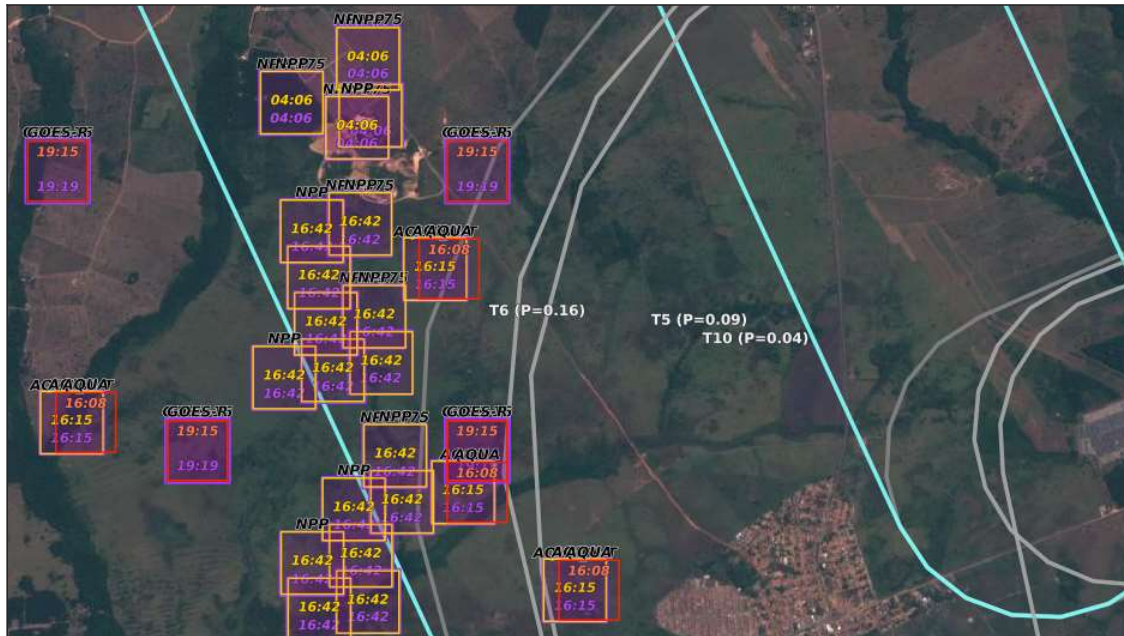


FIGURA 5 – Apresentação dos Focos de Calor

A partir do desenvolvimento de modelos probabilísticos bayesianos e processamento em tempo quase real dos focos de calor são geradas as probabilidades de ocorrência de incêndio espacial e por trecho de LT monitorada. A probabilidade espacial é calculada em pontos de grade de 1 km de resolução, em função do número de focos de calor identificados sobre determinada área em uma janela temporal móvel de 24h. Com isso, quanto mais focos são identificados em uma determinada região, maior será a probabilidade da presença de incêndio nesta região. Ainda, considerando-se a janela temporal móvel, quanto mais recentes forem as detecções de focos de calor, maior será o impacto destes na probabilidade espacial.

A partir da probabilidade espacial gera-se a probabilidade por trecho de linha de transmissão que está sendo monitorada. Considerando a construção de um buffer sobre cada trecho de LT, quanto mais pontos de alta probabilidade espacial são identificados ao longo do trecho, maior será a probabilidade de existência de incêndio atuando sobre aquele trecho.

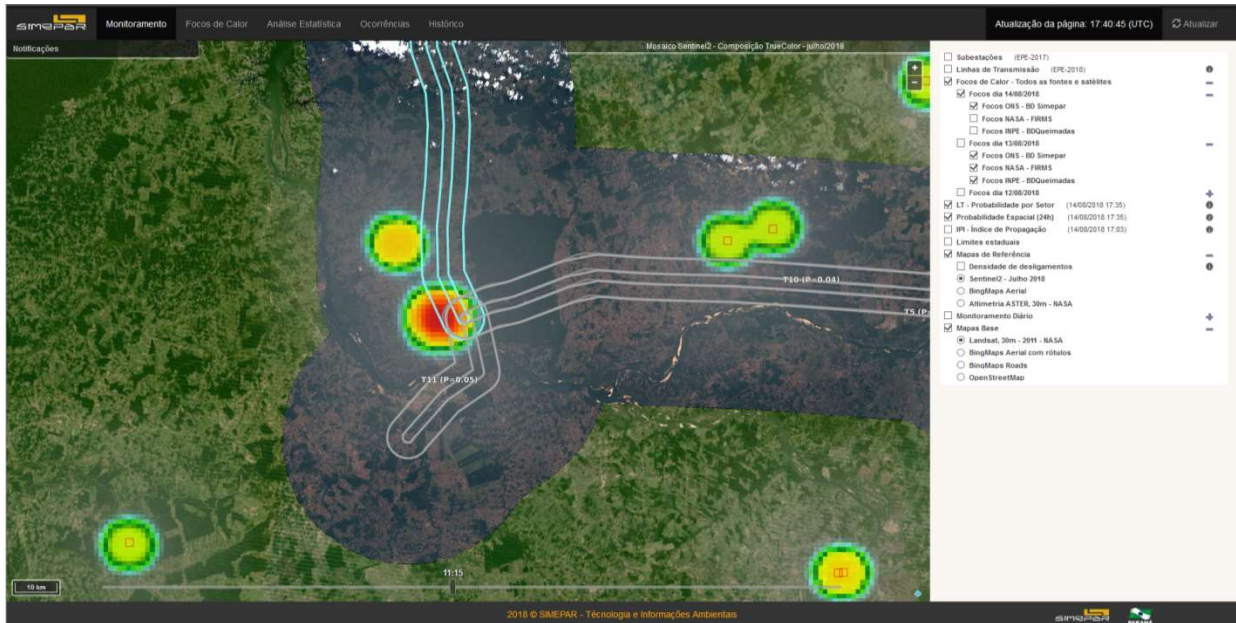


FIGURA 6 – Probabilidade Espacial e por trecho.

Finalmente, de maneira a identificar os trechos mais críticos com relação a desligamentos, é também apresentada uma camada de “densidade de desligamentos devido a queimadas” no sistema VFogo. Para geração desta camada, foi feito um estudo de desligamentos de transmissão de energia devido a incêndios de 2010 a 2017 e estes foram espacializados em trechos de 1km, resultando em pontos de maior ou menor densidade histórica de desligamento por incêndios. A Figura 7 traz um exemplo da camada de densidade de desligamentos, plotados sobre uma imagem de altimetria ASTER.



FIGURA 7 – Densidade de desligamentos.

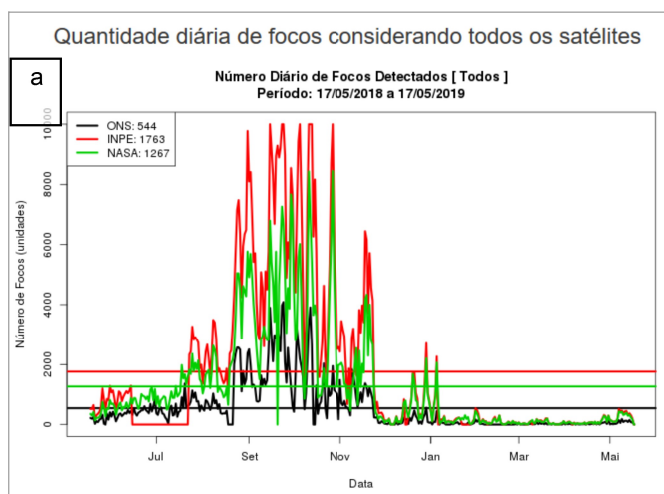
Em análise destes pontos de maior densidade, foi identificada uma tendência de que estes pontos de maior densidade de desligamentos normalmente se encontram próximas ou sobre áreas de vegetação mais densa, ou de relevo mais acentuado, onde a catenária da linha pode se aproximar mais da vegetação ou do incêndio propriamente.

Ao longo do tempo é possível verificar a qualidade dos dados utilizados por meio da geração de índices diários, os quais são plotados em gráficos e tabelas para auxiliar na interpretação. Atualmente, estão sendo monitoradas a qualidade das imagens MODIS da NASA e as processadas localmente pelo SIMEPAR, com índices que

monitoram o tempo de atraso para disponibilização das imagens e, ainda a qualidade dos focos de calor disponibilizados pelas fontes ONS, INPE e NASA, onde são gerados índices tanto para o atraso na obtenção quanto para a quantidade de detecções (Figura 8a e 8b).

Monitoramento Recente dos Índices
NUF = Numero Diário de Focos Detectados (unidades)

Índice	Opcao	Fonte	15.05.2019	16.05.2019	17.05.2019	Media
NUF	Todos	ONS	79	1	0	544
NUF	Todos	INPE	208	11	2	1763
NUF	Todos	NASA	174	11	2	1267
NUF	Terra.Aqua.NPP	ONS	67	1	0	135
NUF	Terra.Aqua.NPP	INPE	174	11	2	1158
NUF	Terra.Aqua.NPP	NASA	174	11	2	1267



b

FIGURA 8 – Número diário de Focos detectados, (a) representação gráfica e (b) tabular.

Desta forma, por meio da representação gráfica, fica evidente que a temporada de queimadas na região monitorada tem início no mês de agosto e se estende até o mês de novembro, sendo, portanto, o período com maior probabilidade de quedas de fornecimento de energia provocadas por queimadas.

3.0 – CONCLUSÃO

O sistema VFogo permite o cruzamento de informações e dados estáticos e dinâmicos, associado a um banco relacional de focos de calor de diferentes fontes como NASA e INPE.

O sistema VFogo se refere a uma plataforma web e sistema de tomada de decisão para o monitoramento ambiental, em especial da possível ocorrência de incêndios sob LTs, com atualização contínua, que permite análises estatísticas do desempenho diário de disponibilidade das imagens de satélites e focos de calor em função do tempo.



A ferramenta permite maior rapidez e facilidade na identificação dos incêndios e sua comprovação a partir do uso dos focos de calor gerados por meio de algoritmos de detecção, em grandes extensões territoriais.

A análise conjunta do monitoramento de incêndios em tempo quase real, do ambiente e material combustível disponível, com a densidade pontual histórica de desligamentos, subsidia a determinação do risco potencial de impacto do incêndio em perturbações operacionais nas LTs sob vigilância.

4.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) Batista, A. C. Detecção de incêndios florestais por satélite. *Floresta*, 2005.
- (2) EPE – Empresa de Pesquisa Energética. Subestações e Linhas de Transmissão 2017-2018.
- (3) IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Limites estaduais, 2018.

5.0 - DADOS BIOGRÁFICOS

FOTO DO AUTOR PRINCIPAL OBRIGATÓRIA



Engenheiro Elétrico, pela Universidade Federal de Juiz de Fora (1982),
Mestrado em Administração pela Universidade Federal do Paraná (1994) e
Doutorado em Engenharia Civil, área de Recursos Hídricos e Meio Ambientes pela COPPE/Universidade Federal do Rio de Janeiro (2008).