



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

sid.inpe.br/mtc-m21b/2017/10.02.13.46-MAN

**METODOLOGIA DO CÁLCULO DO RISCO DE FOGO  
DO PROGRAMA QUEIMADAS DO INPE - VERSÃO 10,  
JUNHO/2016**

Alberto Waingort Setzer  
Raffi Agop Sismanoglu  
Guilherme Martins

URL do documento original:  
<<http://urlib.net/8JMKD3MGP3W34P/3PNK9TH>>

INPE  
São José dos Campos  
2017

## **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

E-mail: pubtc@inpe.br

## **COMISSÃO DO CONSELHO DE EDITORAÇÃO E PRESERVAÇÃO DA PRODUÇÃO INTELECTUAL DO INPE (DE/DIR-544):**

### **Presidente:**

Maria do Carmo de Andrade Nono - Conselho de Pós-Graduação (CPG)

### **Membros:**

Dr. Plínio Carlos Alvalá - Centro de Ciência do Sistema Terrestre (CST)

Dr. André de Castro Milone - Coordenação de Ciências Espaciais e Atmosféricas (CEA)

Dra. Carina de Barros Melo - Coordenação de Laboratórios Associados (CTE)

Dr. Evandro Marconi Rocco - Coordenação de Engenharia e Tecnologia Espacial (ETE)

Dr. Hermann Johann Heinrich Kux - Coordenação de Observação da Terra (OBT)

Dr. Marley Cavalcante de Lima Moscati - Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPT)

Silvia Castro Marcelino - Serviço de Informação e Documentação (SID) **BIBLIOTECA DIGITAL:**

Dr. Gerald Jean Francis Banon

Clayton Martins Pereira - Serviço de Informação e Documentação (SID)

### **REVISÃO E NORMALIZAÇÃO DOCUMENTÁRIA:**

Simone Angélica Del Duca Barbedo - Serviço de Informação e Documentação (SID)

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

### **EDITORAÇÃO ELETRÔNICA:**

Marcelo de Castro Pazos - Serviço de Informação e Documentação (SID)

André Luis Dias Fernandes - Serviço de Informação e Documentação (SID)



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

sid.inpe.br/mtc-m21b/2017/10.02.13.46-MAN

**METODOLOGIA DO CÁLCULO DO RISCO DE FOGO  
DO PROGRAMA QUEIMADAS DO INPE - VERSÃO 10,  
JUNHO/2016**

Alberto Waingort Setzer  
Raffi Agop Sismanoglu  
Guilherme Martins

URL do documento original:  
<<http://urlib.net/8JMKD3MGP3W34P/3PNK9TH>>

INPE  
São José dos Campos  
2017



Esta obra foi licenciada sob uma Licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial 3.0 Não Adaptada.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 3.0 Unported License.



## **AGRADECIMENTOS**

Este trabalho conta com recursos das seguintes fontes, às quais os autores agradecem: Governo Federal, Ação Orçamentária 20V9-2 do PPA – Plano Plurianual 2016-19, Programa 2050, Objetivo 1069, Meta 047R; BNDES-Fundo Amazônia; BNDES-Fundo Amazônia, Projeto Monitoramento Ambiental por Satélites no Bioma Amazônia, Subprojeto 4-Queimadas; Projeto FAPESP 2015/01389-4, “BRFLAS”.

## LISTA DE FIGURAS

	<b><u>Pág.</u></b>
Figura 2.1 - a) Precipitação acumulada para 15 dias (27/Nov a 12/Dez/2016) obtida do IMERG. Estes campos são produzidos diariamente para períodos de 1 a 120 dias anteriores em relação ao dia do cálculo; (b) Temperatura do Ar à superfície às 18UTC, e; (c) Umidade Relativa do Ar à superfície às 18UTC. ....	12
Figura 2.2 - Mapa de vegetação do IGBP sobre a América do Sul utilizado no cálculo do Risco de Fogo observado. ....	15
Figura 3.4 - Variação senoidal do Risco Básico em função do período de secura PSE para sete tipos de vegetação durante 120 dias. Notar o valor máximo do Risco igual a 0,9.....	21
Figura 3.7 - Risco de Fogo Observado para o dia 11/Dez/2016 e classificado em 5 categorias que variam de mínimo (verde = 0) a crítico (marrom = 1). ....	24
Figura 4.1 - Fluxograma do risco de fogo.....	28
Figura 4.2 - Fluxograma do risco de fogo com ajuste dos focos de queimadas. ....	29

## LISTA DE TABELAS

	<b><u>Pág.</u></b>
Tabela 2.1 - Classes de Vegetação, Classes principais e valores da constante “A” .....	14
Tabela 3.4 - Valores assumidos pela constante “A” para as 7 classes de vegetação do Risco de Fogo.....	20
Tabela 3.7 - Categorias de Risco de Fogo.....	23



## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

BAM	Brazilian Global Atmospheric Model
CPTEC	Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos
Cte	Constante
GPM	Global Precipitation Measurement
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IGBP	International Geosphere-Biosphere Programme
IMERG	Integrated Multi-satellitE Retrievals for GPM
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
NASA	National Aeronautics and Space Administration
PSE	Número de dias de segura
RF	Risco de Fogo
UR	Umidade Relativa
UTC	Universal Time Coordinated
MODIS	Moderate-Resolution Imaging Spectroradiometer

## SUMÁRIO

	<b><u>Pág.</u></b>
1	CONCEITO DO RISCO DE FOGO..... 9
2	FONTES DE DADOS..... 10
3	SEQUÊNCIA DE CÁLCULO DO RISCO DE FOGO..... 16
3.1.	Precipitação acumulada..... 16
3.2.	Fatores de precipitação ..... 17
3.3.	Dias de Secura (PSE)..... 19
3.4.	Risco de Fogo Básico ..... 19
3.5.	Fator de Umidade Relativa do ar ..... 21
3.6.	Fator de Temperatura do Ar ..... 22
3.7.	Risco de Fogo Observado ..... 22
3.8.	Correção do Risco de Fogo para a detecção de focos de queima. .... 23
4	EXEMPLOS DO RISCO DE FOGO E AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO 24
5	FLUXOGRAMA DO RISCO DE FOGO..... 28
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 30

## 1 CONCEITO DO RISCO DE FOGO

O princípio do Risco de Fogo (RF) é o de que quanto mais dias seguidos sem chuva em um local, maior o risco de queima da sua vegetação. Adicionalmente, são incluídos no cálculo os efeitos do tipo da vegetação e do ciclo natural de seu desfolhamento, da temperatura máxima e umidade relativa mínima do ar diária, assim como a presença de fogo na área de interesse.

O RF foi desenvolvido no Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos/Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC/INPE), com base na análise da ocorrência de centenas de milhares de queimadas/incêndios nos principais biomas e tipos de vegetação do País durante as últimas décadas, em função das condições e históricos meteorológicos (SETZER *et al.*, 1992; SISMANOGLU e SETZER, 2004d). Sua primeira versão operacional data de 2002. O cálculo do RF é um dos produtos do Programa de Monitoramento de Queimadas e Incêndios Florestais do INPE ([www.inpe.br/queimadas](http://www.inpe.br/queimadas)), por sua vez inserido na Ação 20V9 do MCTIC no atual PPA-Plano Pluri Anual do Governo Federal (PPA, 2016).

A base dos cálculos do RF está no conceito dos “Dias de Secura” ou “Secura” (PSE), que corresponde ao número de dias seguidos sem nenhuma precipitação durante os últimos 120 dias em relação à data de interesse. No caso de ocorrência de precipitação no período analisado, o PSE calcula um número hipotético correspondente de dias consecutivos sem chuva. É fundamental levar em conta que o RF indica quão propícia a vegetação está para ser queimada do ponto de vista meteorológico e, que o fogo na grande maioria dos casos é iniciado pelo homem e não naturalmente, como por exemplo, por raios.

Neste contexto, a velocidade do vento não é considerada nos cálculos, pois ela influi principalmente na propagação do fogo e não na sua ignição por ação humana. Quando a velocidade do vento é alta, em geral a população evita iniciar queimadas por receio de que ocorram danos de maneira imprevisível.

Também não se considera a umidade do solo nos cálculos, pois esta é uma variável decorrente do histórico da precipitação e que pode não estar relacionada ao uso do fogo. Por exemplo, uma área que foi desmatada e cuja vegetação secou por alguns meses, poderá ser queimada poucos dias após um período de precipitação intensa, pois mesmo estando o subsolo encharcado, a matéria orgânica na superfície estará pronta para a queima se houver forte insolação e a temperatura do ar for alta. No Pantanal e em manguezais, incêndios ocorrem mesmo em áreas com lençol d'água sobre a superfície, e cuja vegetação exposta está naturalmente seca.

O RF observado resulta de dados meteorológicos reais coletados em estações de superfície, inferidos entre elas por meio de técnicas de interpolação. O RF previsto para alguns dias (SISMANOGLU e SETZER, 2004b) e o risco de fogo futuro para algumas semanas (SISMANOGLU e SETZER, 2004a; SISMANOGLU e SETZER, 2004e) são calculados a partir das previsões com resolução espacial de 20 km do modelo numérico global de previsão de tempo *Brazilian Global Atmospheric Model* (BAM, FIGUEROA *et al.*, 2016) para precipitação, temperatura máxima e umidade relativa mínima do ar e, usando como condição inicial, o RF observado.

Nota: este documento substitui a versão 20130910\_RF\_V9.docx, assim como as anteriores.

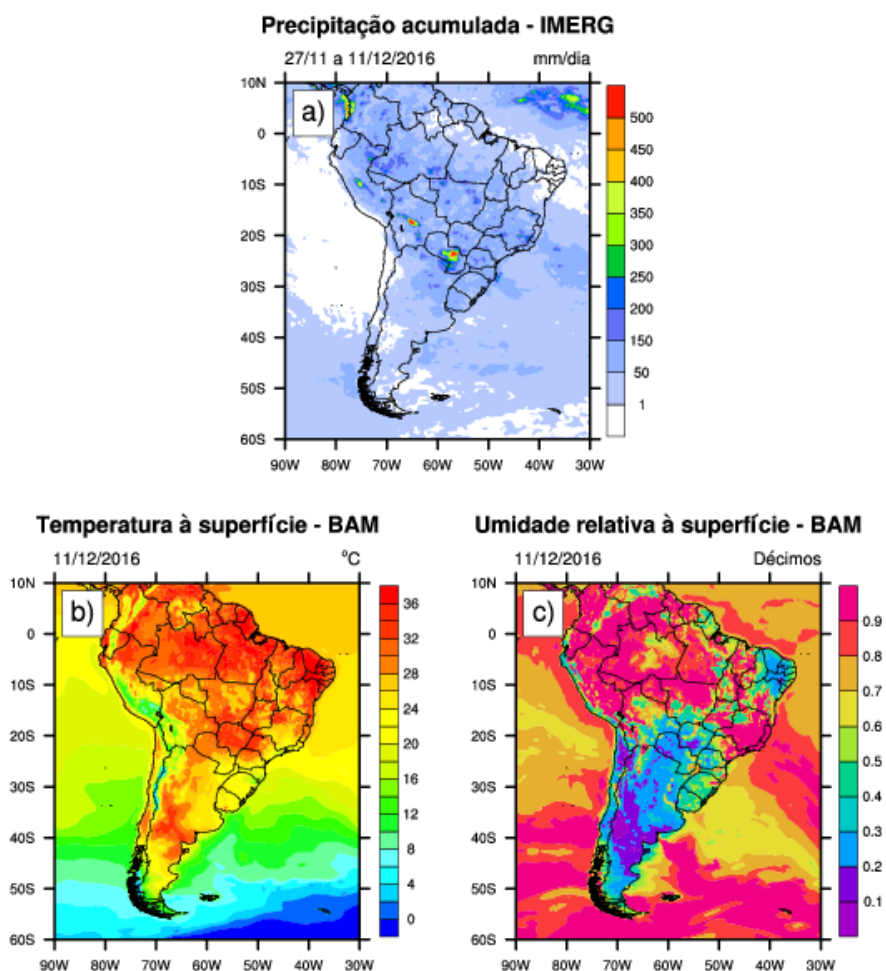
## **2 FONTES DE DADOS**

Para o cálculo do Risco de Fogo são necessárias informações diárias das seguintes variáveis: precipitação diária (mm/dia), temperatura do ar (°C) e umidade relativa (%). O campo de precipitação, que é a componente de maior peso do RF, é obtido na resolução espacial de 25 km a partir das estimativas de precipitação do IMERG – *Integrated Multi-satellitE Retrievals for GPM* (HUFFMAN *et al.*, 2014, 2015) geradas pela Divisão de Satélites Ambientais do

INPE, as quais combinam dados observacionais das estações de superfície com as medidas em micro-ondas dos atuais satélites do programa *Global Precipitation Measurement* (GPM, HOU *et al.*, 2014) e dos antigos *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM, VILA *et al.*, 2008). As estimativas IMERG são particularmente indicadas nas áreas com baixa densidade de estações de superfície, como por exemplo, na Amazônia. Exemplo desse campo sobre a América do Sul pode ser observado na Figura 2.1a.

Os campos de temperatura máxima e de umidade mínima do ar no horário das 18UTC à superfície são obtidos das análises feitas no CPTEC pelo modelo global BAM na resolução espacial de 20 km. Estas análises, por sua vez, resultam da interpolação dos dados das estações meteorológicas de superfície (ALMEIDA *et al.*, 2005; FERREIRA *et al.*, 2000). Exemplos desses campos sobre a América do Sul podem ser observados na Figura 2.1b e c.

Figura 2.1: a) Precipitação acumulada para 15 dias (27/Nov a 12/Dez/2016) obtida do IMERG. Estes campos são produzidos diariamente para períodos de 1 a 120 dias anteriores em relação ao dia do cálculo; (b) Temperatura do Ar à superfície às 18UTC, e; (c) Umidade Relativa do Ar à superfície às 18UTC.



Fonte: Produção dos autores.

O mapa de tipos de vegetação (Figura 2.2) para os cálculos do RF foi adaptado do produto anual do *International Geosphere-Biosphere Programme* (IGBP, [http://webmap.ornl.gov/ogcdown/wcsdown.jsp?dg\\_id=10004\\_31](http://webmap.ornl.gov/ogcdown/wcsdown.jsp?dg_id=10004_31)), por sua vez gerado pela *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) a partir dos mosaicos do *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS) MCD12Q1 com resolução espacial de 1 km do satélite AQUA (FRIEDL *et al.*, 2010). As 17 classes originais (Tabela 2.1) de vegetação adotada pelo IGBP foram condensadas em sete principais: Ombrófila Densa+Terras Alagadas;

Florestas Deciduais e Sazonais; Floresta de Contato+Campinarana; Savana Arbórea+Caatinga; Savana Arbórea Aberta; Agricultura e Diversos, e Pastagens e Gramíneas. A nomenclatura usada foi a do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), apresentada em <http://mapas.ibge.gov.br/tematicos/vegetacao.html>

O mapa é substituído sempre que o IGBP divulga uma nova versão anual. Nota-se também nessa tabela o valor da constante “A” que é utilizada mais adiante no cálculo do RF, na Equação 3.4. O “-x-” indica que não é atribuído nenhum valor a essa constante.

Tabela 2.1 - Classes de Vegetação, Classes principais e valores da constante "A".

	<b>Classes de Vegetação do IGBP</b>	<b>Classes principais</b>	<b>Classes IBGE (agrupadas)</b>	<b>Cte "A"</b>
0	<i>Water</i>	0	Corpos d'água	-x-
1	<i>Evergreen Needleleaf forest</i>	5	Floresta de contato; Campinarana	2,0
2	<i>Evergreen Broadleaf forest</i>	7	Ombrófila densa	1,5
3	<i>Deciduous Needleleaf forest</i>	5	Floresta de contato; Campinarana	2,0
4	<i>Deciduous Broadleaf forest</i>	6	Florestas decíduas e sazonais	1,72
5	<i>Mixed forest</i>	5	Floresta de contato; Campinarana	2,0
6	<i>Closed shrublands</i>	4	Savana arbórea; Caatinga fechada	2,4
7	<i>Open shrublands</i>	3	Savana; Caatinga aberta	3,0
8	<i>Woody savannas</i>	4	Savana arbórea; Caatinga fechada	2,4
9	<i>Savannas</i>	3	Savana; Caatinga aberta	3,0
10	<i>Grasslands</i>	1	Pastagens e gramíneas	6,0
11	<i>Permanent wetlands</i>	0	Alagados permanentes	1,5

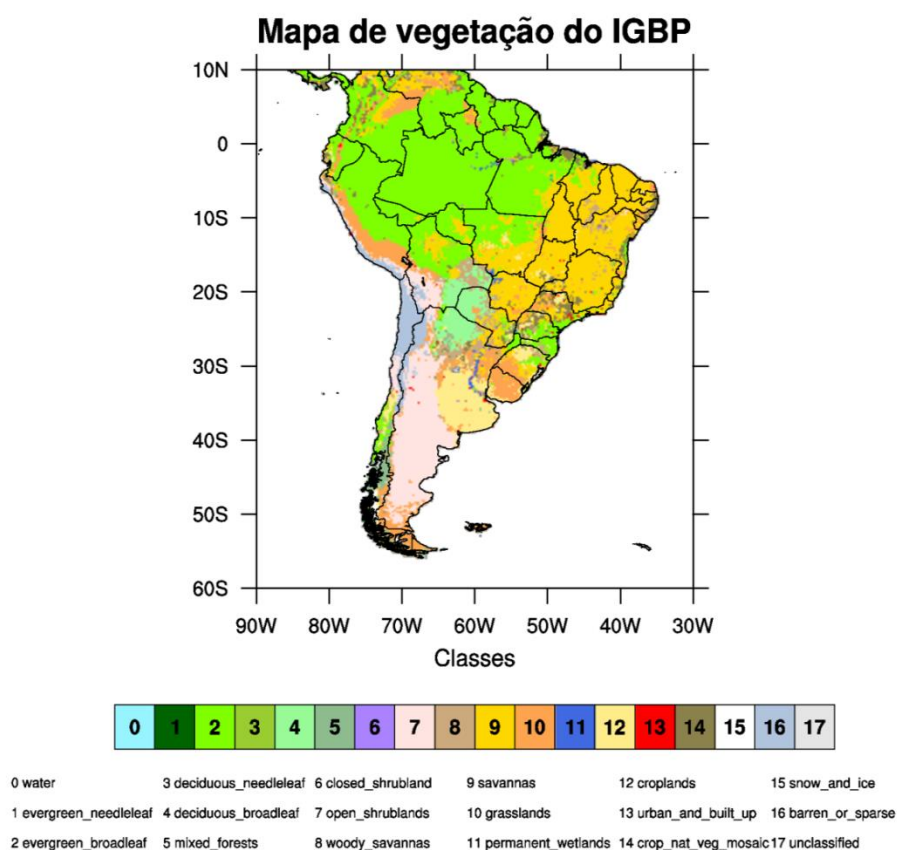
**Continuação**



12	Croplands	2	Agricultura e diversos	4,0
13	Urbanand built-up	0	Áreas urbanas e construídas	-x-
14	Cropland/Natural vegetation mosaic	2	Agricultura e diversos	4,0
15	Snow and ice	0	Neve e gelo	-x-
16	Barren or sparsely vegetated	0	Solos expostos; mineração	-x-

Fonte: Produção do autor.

Figura 2.2 - Mapa de vegetação do IGBP sobre a América do Sul utilizado no cálculo do Risco de Fogo observado.



Fonte: Adaptado pelos autores a partir da versão do mapa do IGBP do ano de 2012.

Nota: está em curso a substituição dos limites do IGBP para estas classes de vegetação.

### **3 SEQUÊNCIA DE CÁLCULO DO RISCO DE FOGO**

O RF observado é calculado a partir de dados meteorológicos medidos nas estações de superfície, interpolados para toda grade espacial de trabalho, e também combinado com a ocorrência de focos de queima detectados pelos satélites do Programa Queimadas do INPE. A partir deste risco, são determinados os demais riscos, para datas e períodos futuros (SISMANOGLU e SETZER, 2004a; SISMANOGLU e SETZER, 2004b; SISMANOGLU e SETZER, 2004e). Desde maio/2007 passou a ser gerado também o gráfico “fogograma”, com a previsão numérica do risco para cinco dias, juntamente com a de outras variáveis meteorológicas, atualmente disponível em modo clicável na tela do Banco de Dados de Queimadas (<http://www.inpe.br/queimadas/bdqueimadas>), e enviado automaticamente aos usuários para os locais de suas preferências. A sequência de cálculos do RF, criada e aprimorada por Setzer (Comunicação pessoal) desde 1998 está resumida a seguir.

#### **3.1. Precipitação acumulada**

Determinar diariamente para os pontos de grade espacial de toda área geográfica de abrangência, o valor da precipitação acumulada para onze intervalos de dias imediatamente anteriores à data de interesse, de 1, 2, 3, 4, 5, 6a10, 11a15, 16a30, 31a60, 61a90 e 91a120 dias, utilizando dados do IMERG, e gerando os valores do conjunto de variáveis da Equação 3.1.

*Prec1(1)*

*Prec2(1a2)*

*Prec3(1a3)*

*Prec4(1a4)*

$$\begin{aligned}
&Prec5(1a5) \\
&Prec10(1a10) \\
&Prec15(1a15) \\
&Prec30(1a30) \\
&Prec60(1a60) \\
&Prec90(1a90) \\
&Prec120(1a120)
\end{aligned}
\tag{3.1}$$

As equações acima representam o conjunto de 11 variáveis (Equação 3.1) com os totais de precipitação por intervalo de dias. Por exemplo, “Prec15(1a15)” é o total de chuva em mm/dia acumulado nos 15 dias imediatamente anteriores à data de interesse.

### 3.2. Fatores de precipitação

Calcular os “Fatores de Precipitação” (fp) com valores de 0 a 1 (Equação 3.2), para cada um dos onze períodos da precipitação acumulada, por meio de uma função exponencial empírica da precipitação, específica para cada um dos onze intervalos. Estes fatores têm dois propósitos: quantificar o RF em função do volume de precipitação em eventos próximos à data de interesse, e diminuir o efeito da precipitação no RF à medida que o evento fica mais distante no passado. As equações para esse cálculo são mostradas abaixo, e os índices dos “fp” referem-se a uma contagem regressiva que tem como referência o dia anterior ao da data de interesse. Por exemplo, se o cálculo foi feito para o dia 13 de um certo mês,  $fp2$  refere-se aos dados do dia 11 do mesmo mês, e  $fp6a10$  aos dados do período dos dias 03 a 09.

$$fp1 = e^{-0.14 \times prec1}$$

$$fp2 = e^{-0.07 \times (prec2 - prec1)}$$

$$fp3 = e^{-0.04 \times (prec3 - prec2)}$$

$$fp4 = e^{-0.03 \times (prec4 - prec3)}$$

$$fp5 = e^{-0.02 \times (prec5 - prec4)}$$

$$fp6a10 = e^{-0.01 \times (prec10 - prec5)} \quad (3.2)$$

$$fp11a15 = e^{-0.008 \times (prec15 - prec10)}$$

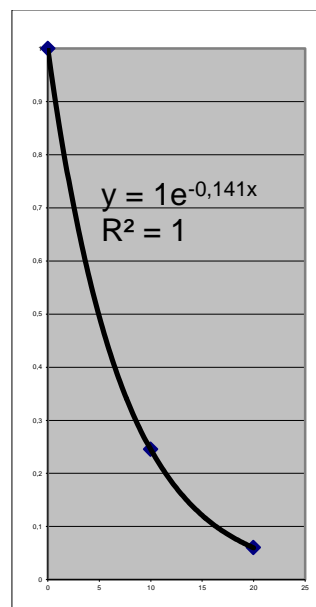
$$fp16a30 = e^{-0.004 \times (prec30 - prec16)}$$

$$fp31a60 = e^{-0.002 \times (prec60 - prec30)}$$

$$fp61a90 = e^{-0.0001 \times (prec90 - prec60)}$$

$$fp91a120 = e^{-0.0007 \times (prec120 - prec90)}$$

A figura abaixo representa um exemplo do “fp1” onde no eixo x são os valores da precipitação (mm/dia) e no eixo y o valor do fator.



Fonte: Produção dos autores.

### 3.3. Dias de Secura (PSE)

Calcular os “Dias de Secura” (PSE) pela multiplicação dos Fatores de Precipitação “fp”s de todos 11 períodos, conforme a Equação 3.3.

$$PSE = 105 \times fp1 \times fp2 \times pf3 \times fp4 \times fp5 \times fp6a10 \times fp11a15 \times fp16a30 \times \times fp31a60 \times fp61a90 \times fp91a120 \quad (3.3)$$

Neste procedimento, uma precipitação de alguns milímetros no dia anterior ao do cálculo tem efeito redutor na secura muito maior que se houvesse ocorrido, por exemplo, duas semanas antes. Assim, incorpora-se o cálculo do efeito temporal do regime de precipitação. O valor obtido corresponde a um número hipotético de dias seguidos sem chuva para caracterizar o estado da vegetação.

### 3.4. Risco de Fogo Básico

Determinar o Risco de Fogo Básico (Rb) para cada um dos sete tipos de vegetação considerados, por meio da Equação 3.4. A constante “A” varia com os sete tipos de vegetação de acordo com a Tabela 3.4.

$$Rb_{-(n=1,7)} = \frac{0,9 \times \{1 + \text{sen}[\left( (A_{-n=(1,7)} \times PSE) - 90 \right) \times \left( \frac{3,14}{180} \right)]\}}{2} \quad (3.4)$$

Tabela 3.4 - Valores assumidos pela constante “A” para as 7 classes de vegetação do Risco de Fogo.

Classe de Vegetação	Ombrófila densa; alagados	Florestas Decíduas e sazonais	Florestas Contato; Campinarana	Savana arbórea; Caatinga fechada	Savana; Caatinga aberta	Agricultura e diversos	Pastagens Gramíneas
Cte. “A”	1,5	1,72	2,0	2,4	3,0	4,0	6,0

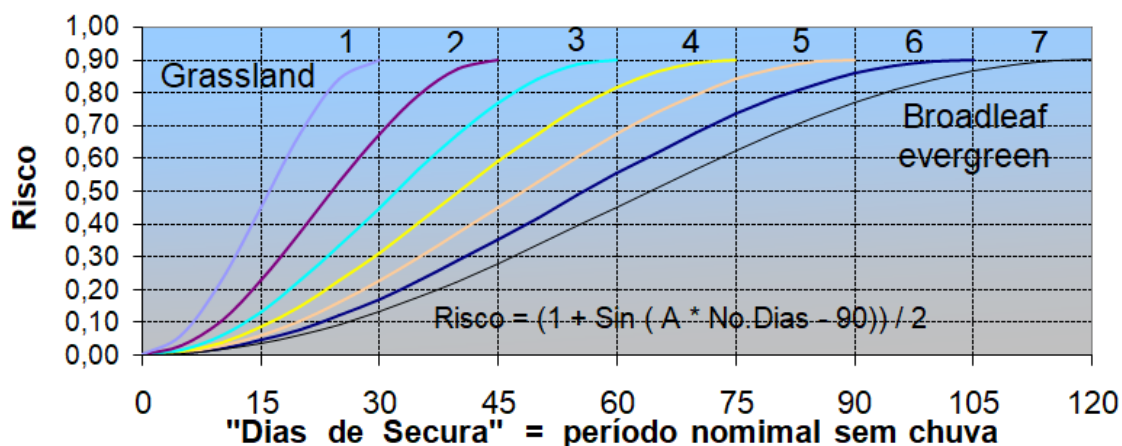
Fonte: Produção do autor.

A Figura 3.4 a seguir ilustra a variação do Risco Básico utilizando as equações e conceitos acima. Notar que o eixo dos “dias sem chuva” se aplica tanto a um período real de dias sem chuva, como também aos “Dias de Secura”, que correspondem a um período hipotético sem chuva calculado a partir da quantidade e distribuição temporal das precipitações ocorridas. Para um mesmo número de dias sem chuva, uma pastagem terá o risco de fogo maior que o de uma floresta. A noção de “dias sem chuva” ou “Dias de Secura” é o princípio básico deste método.

O Risco Básico tem valor máximo de 0,9, e aumenta conforme uma curva senoidal ao longo do tempo, tendo sido este o padrão escolhido, pois a variação da intensidade e duração da luz solar ao longo do ano também é senoidal e a fenologia da vegetação naturalmente tende a seguir o mesmo ritmo.

Figura 3.4 - Variação senoidal do Risco Básico em função do período de secura PSE para sete tipos de vegetação durante 120 dias. Notar o valor máximo do Risco igual a 0,9.

### Evolução Temporal do Risco de Fogo



Fonte: Produção do autor.

### 3.5. Fator de Umidade Relativa do ar

Ajustar o risco de fogo para a umidade relativa do ar à superfície local no dia do cálculo, pois neste método o risco aumenta inversamente com a umidade relativa (UR). Abaixo de 40% o risco aumenta, e diminui para valores acima desta referência. Usam-se os valores de umidade do ar à superfície local das análises do modelo BAM no horário das 18UTC, assumidos como sendo os mínimos diários da UR. Na realidade, o BAM fornece nos pontos de grade valores de Umidade Absoluta e Temperatura do Ar locais, e a Pressão Atmosférica ao nível do mar, e a UR é derivada destas três variáveis por meio de equações convencionais da termodinâmica atmosférica. A Figura 2.1c mostra um exemplo do campo de UR usado no ajuste do Risco. A Equação 3.5 representa o ajuste linear:

$$FU = [UR \times (-0.006)] + 1,3 \quad (3.5)$$

### 3.6. Fator de Temperatura do Ar

Ajustar também o Risco de Fogo para a temperatura máxima do ar à superfície local no dia do cálculo, que neste método tem um efeito linear diretamente proporcional no Risco. O Risco aumenta para temperaturas acima de 30°C e diminui para valores abaixo desta referência. Usam-se os valores de temperatura do ar à superfície local das análises das 18UTC do BAM, considerando que sejam seus máximos diários. Na Figura 2.1b mostra-se um caso do campo usado no ajuste do risco. A Equação 3.6 representa o ajuste linear:

$$FT = (T_{max} \times 0,02) + 0,4 \quad (3.6)$$

### 3.7. Risco de Fogo Observado






Gera-se o Risco de Fogo observado (Equação 3.7), multiplicando o valor do Risco de Fogo Básico (Equação 3.4) com valores de 0,0 a 0,9 pelos fatores da umidade relativa mínima (Equação 3.5) e da temperatura do ar máxima (Equação 3.6) à superfície:

$$RF = Rb \times FT \times FU \quad (3.7)$$

A seguir, atribui-se as seguintes categorias para os níveis do Risco de Fogo Básico conforme a Tabela 3.7.



Tabela 3.7 - Categorias de Risco de Fogo.

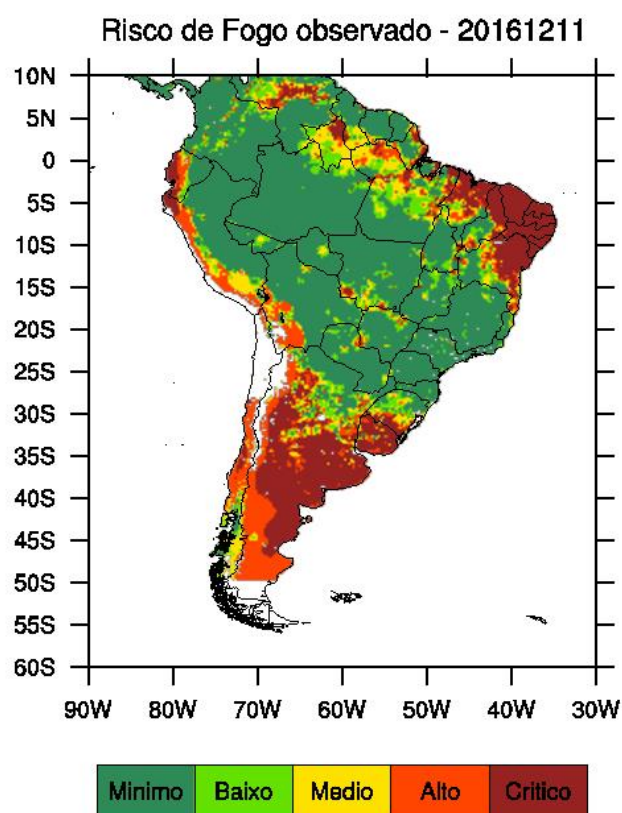
Risco	Valores do Risco de Fogo (RF)	Cor
Mínimo	$RF < 0,15$	
Baixo	$0,15 < RF \leq 0,40$	
Médio	$0,40 < RF \leq 0,70$	
Alto	$0,70 < RF \leq 0,95$	
Crítico	$RF > 0,95$	

Fonte: Produção do autor.

### 3.8. Correção do Risco de Fogo para a detecção de focos de queima.

Finalmente, quando se verifica que em locais com RF mínimo ou baixo ocorreu algum foco de queima detectado pelos satélites nos últimos 3 dias, e neste período não houve precipitação, altera-se o valor do RF para Alto. Por exemplo, uma célula do RF que originalmente teria entre 0 e 0,4, passa a valer entre 0,7 e 0,95 (risco alto) caso um foco tenha sido detectado no seu interior. A título de exemplo, observa-se na Figura 3.7 o campo do RF para o dia 11/Dez/2016 sobre a América do Sul, classificada em cinco níveis de acordo com a Tabela 3.7; em Mato Grosso, os núcleos isolados com risco alto decorreram da presença de focos nas áreas com cor marrom.

Figura 3.7 - Risco de Fogo Observado para o dia 11/Dez/2016 e classificado em 5 categorias que variam de mínimo (verde = 0) a crítico (marrom = 1).

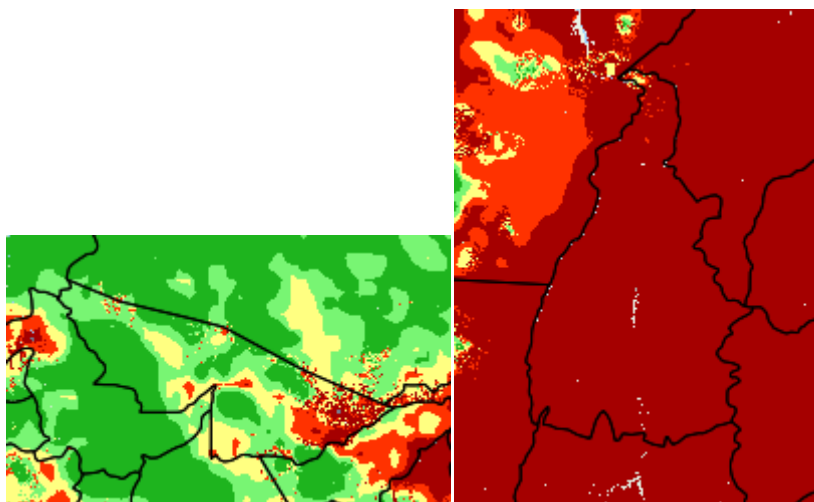


Fonte: Produção do autor.

#### 4 EXEMPLOS DO RISCO DE FOGO E AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO

A atualização diária do desempenho da atual versão de cálculo do RF pode ser acompanhada para as cinco regiões do Brasil pela opção “Análise de Acertos”, disponível em: <https://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/risco-de-fogo-meteorologia>.

As figuras abaixo correspondem ao produto de risco de fogo para os estados do Acre (figura da esquerda) e do Tocantins (figura da direita). As cores referem-se às categorias de risco de fogo conforme a Tabela 3.7.



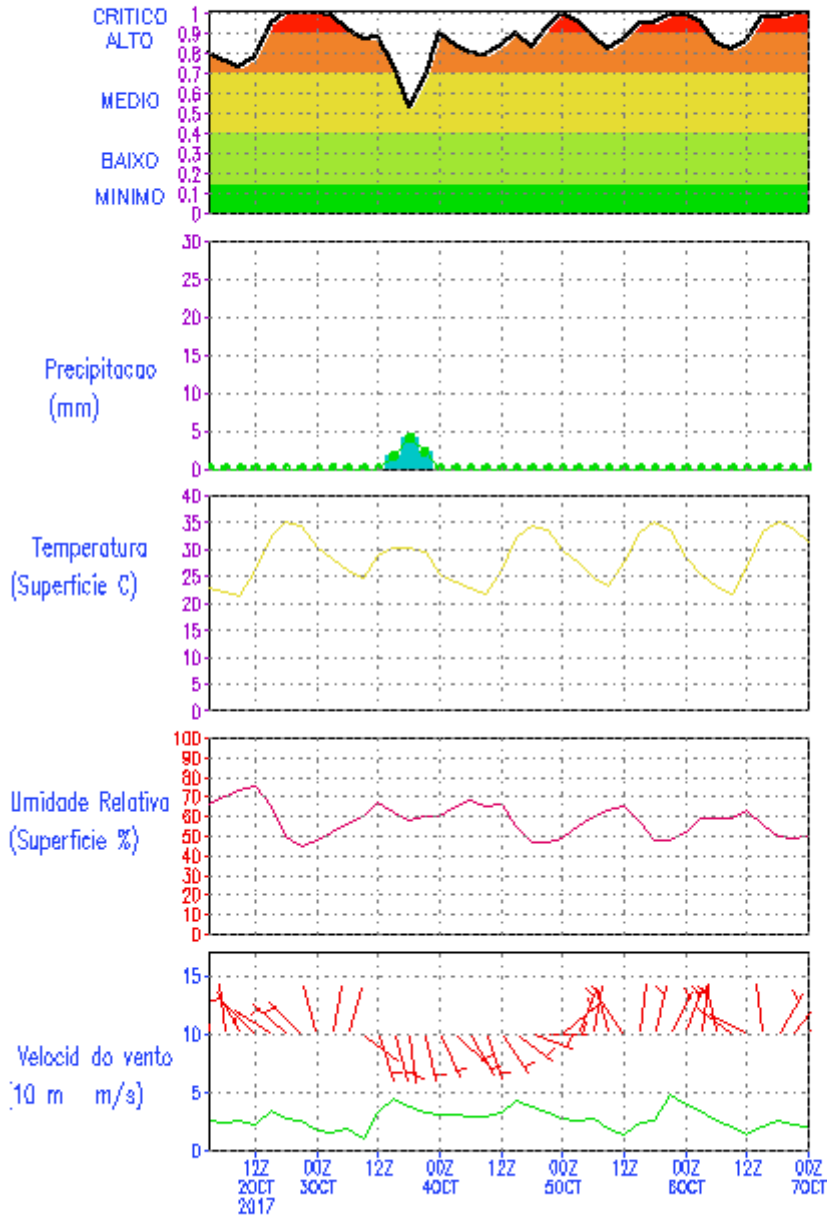
Estado do Acre

Estado do Tocantins

A figura abaixo é outro produto gerado pelo grupo de queimadas conhecido como fogograma onde são fornecidas as previsões do risco de fogo além de variáveis meteorológicas para um período de cinco dias.

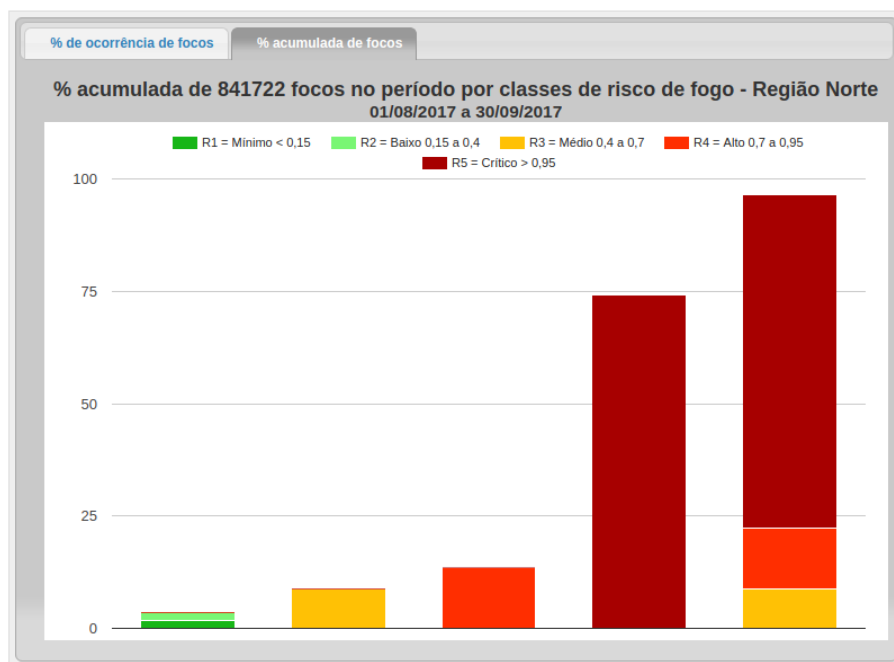
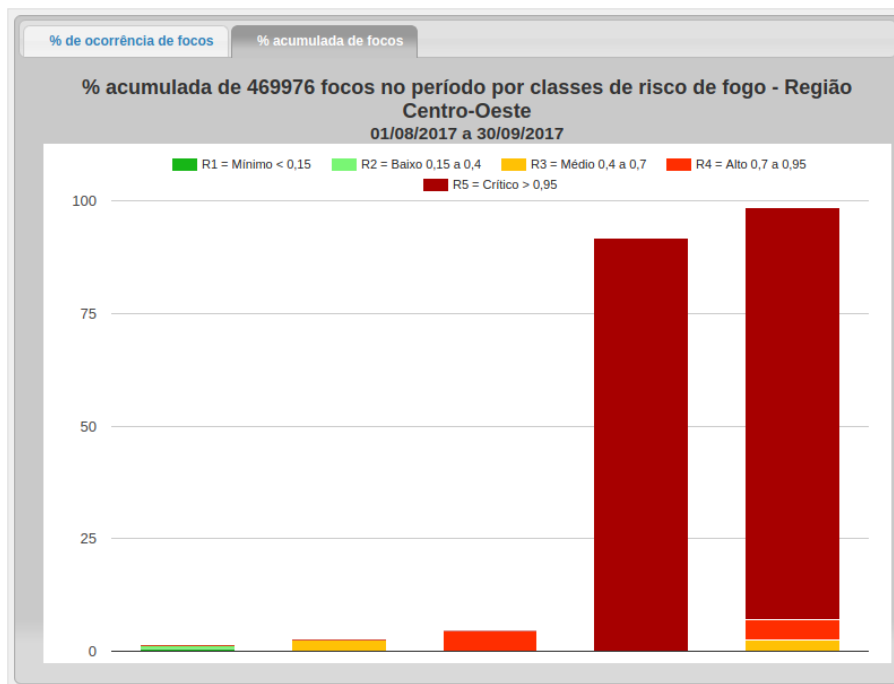


MCT/INPE/CPTEC-RISCO DE FOGO PREVISTO - Modelo ETA 15 km V9  
 Inic: 2017/10/02 00 UTC (a partir das 03UTC - Previsao de 117 hs)  
 Lat.: -9.81 Lon.: -62.88 ARIQUEMES-RO



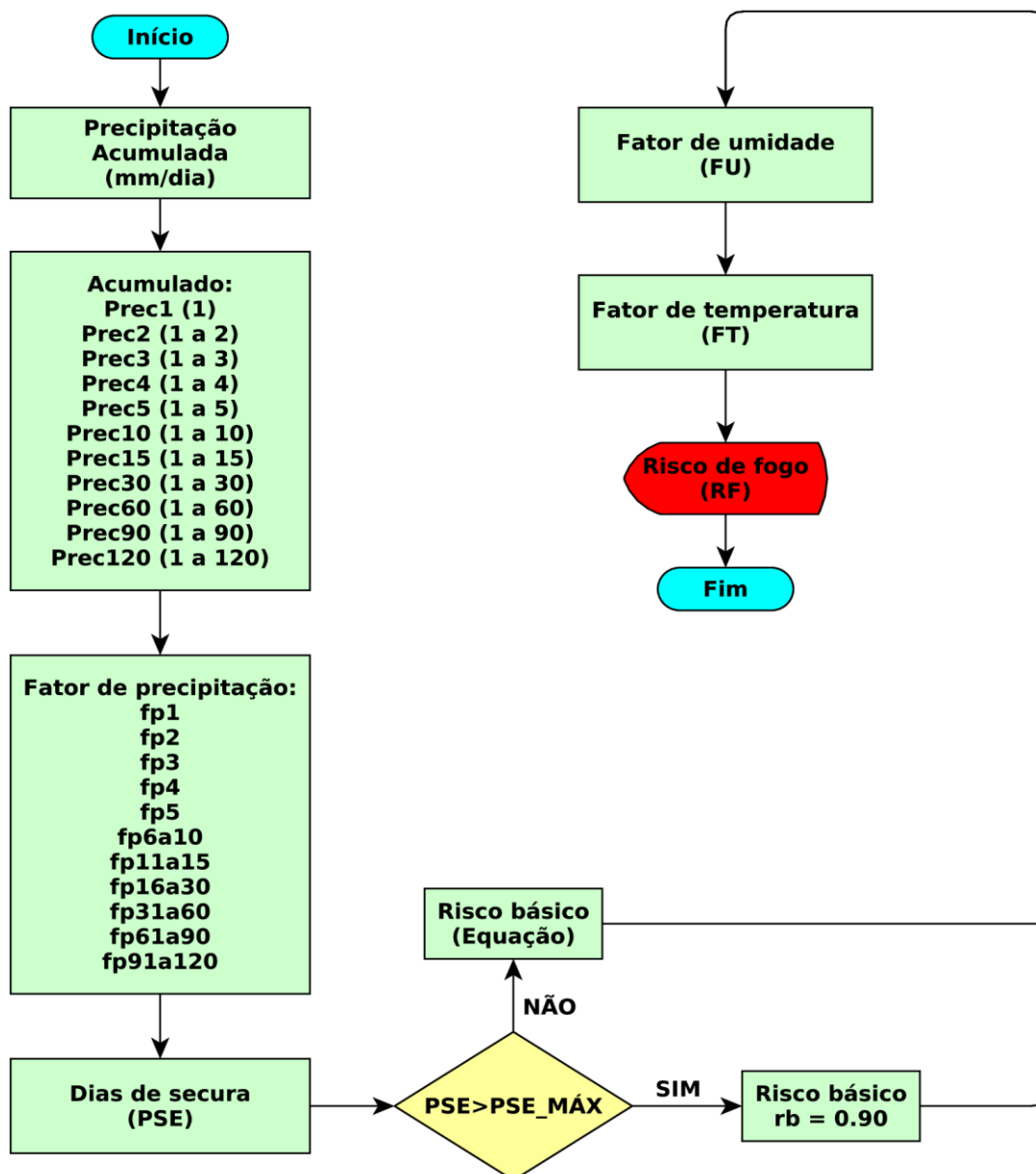
Atualizacao das previsoes...13:00 UTC

Outro produto fornecido refere-se à análise de acerto dos focos de queimadas por região do Brasil. A figura superior é para a região centro-oeste, enquanto que a inferior é para a região Norte, ambas para o período de 01/08/2017 a 30/09/2017.



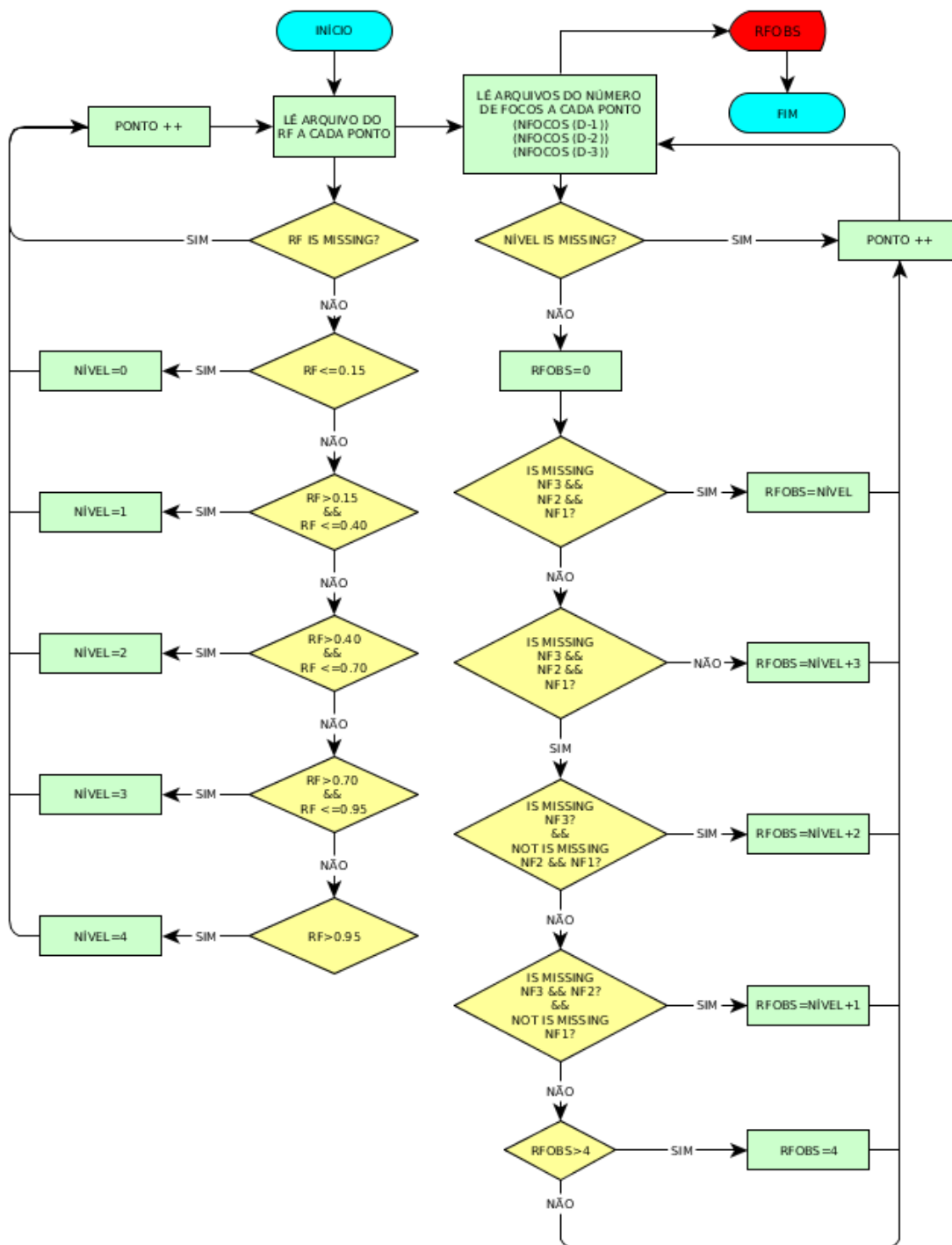
## 5 FLUXOGRAMA DO RISCO DE FOGO

Figura 4.1 - Fluxograma do risco de fogo.



Fonte: Produção do autor.

Figura 4.2 - Fluxograma do risco de fogo observado com ajuste dos focos de queimadas.



Fonte: Produção do autor.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, W.; CARVALHO, L. A.; FERREIRA, S. H. S.; COELHO, D. G.; JUSTI, M. G.; CUTRIM, E.; YOKSAS, T. IDD-Brasil: Distribuição de dados meteorológicos para ensino e pesquisa. **Boletim da Sociedade Brasileira de Meteorologia**, v. 29, p. 33-38, 2005.
- FERREIRA, S. H. S.; CARVALHO, L. S. M.; O'FILHO, E. F. Banco de dados meteorológicos para previsão do tempo e estudos climáticos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 11., 2000, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: SBMET, 2000. p. 3138-3125. CD-ROM.
- FIGUEROA, S.; BONATTI, J.; KUBOTA, P.; GRELL, G.; MORRISON, H.; BARROS, S.; FERNANDEZ, J.; RAMIREZ, E.; SIQUEIRA, L.; LUZIA, G.; SILVA, J.; SILVA, J.; PENDHARKAR, J.; CAPISTRANO, V.; ALVIM, D.; ENORA, D.; DINIZ, F.; SATYAMURTI, P.; CAVALCANTI, I.; NOBRE, P.; BARBOSA, H.; MENDES, C.; PANETTA, J. The Brazilian Global Atmospheric Model (BAM): Performance for Tropical Rainfall Forecasting and Sensitivity to Convective Scheme and Horizontal Resolution. **Weather and Forecasting**, v. 31, n. 5, p. 1547–1572, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1175/WAF-D-16-0062.1>>. Acesso em: 08 junho 2017.
- FRIEDL, M. A.; SULLA-MENASHE, D.; TAN, B.; SCHNEIDER, A.; RAMANKUTTY, N.; SIBLEY, A.; HUANG, X. MODIS Collection 5 global land cover: Algorithm refinements and characterization of new datasets. **Remote Sensing of Environment**, v. 114, p. 168-182, 2010.
- HOU, A. Y.; KAKAR, R. K.; NEECK, S.; AZARBARZIN, A. A.; KUMMEROW, C. D.; KOJIMA, M.; OKI, R.; NAKAMURA, K.; IGUCHI, T. The Global Precipitation Measuring Mission. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v. 95, p. 701–722, 2014.
- HUFFMAN, G. J.; BOLVIN, D. T.; NELKIN, E. J. 2015: Integrated Multi-satellite Retrievals for GPM (IMERG) technical documentation. NASA Doc., 47 p. Disponível em: [http://pmm.nasa.gov/sites/default/files/document\\_files/IMERG\\_doc.pdf](http://pmm.nasa.gov/sites/default/files/document_files/IMERG_doc.pdf). Acesso em: 08 junho 2017.
- HUFFMAN, G.; BOLVIN, D.; BRAITHWAITE, D.; HSU, K.; JOYCE, R.; XIE, P. GPM Integrated Multi-Satellite Retrievals for GPM (IMERG) Algorithm Theoretical Basis Document (ATBD) Version 4.5. Greenbelt, MD, 2014. 30 p. Disponível em: <[https://pmm.nasa.gov/sites/default/files/document\\_files/IMERG\\_ATBD\\_V4.5.pdf](https://pmm.nasa.gov/sites/default/files/document_files/IMERG_ATBD_V4.5.pdf)>. Acesso em: 08 junho 2017.
- IGBP. Disponível em: [http://www-surf.larc.nasa.gov/surf/pages/IGBP\\_list.html](http://www-surf.larc.nasa.gov/surf/pages/IGBP_list.html). Acesso em 10.10.2012. Acesso em: 08 junho 2017.
- PPA 2016-2019. [http://queimadas.cptec.inpe.br/~rqueimadas/documentos/2016-2019\\_PPA\\_Queimadas-INPE.jpg](http://queimadas.cptec.inpe.br/~rqueimadas/documentos/2016-2019_PPA_Queimadas-INPE.jpg)



- SETZER, A.; PEREIRA, M. C.; PEREIRA, J. R. O uso de satélites NOAA na detecção de queimadas no Brasil. **Climanálise**, v. 7, n. 8, p. 40–53, 1992.
- SISMANOGLU, R.; SETZER(b), A. Avaliação da previsão do risco de fogo desenvolvido no INPE aplicando o modelo ETA: Análise objetiva e comparativa entre duas versões para 2003. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 13., 2004, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: SBMET, 2004. Disponível em:  
<[http://sigma.cptec.inpe.br/queimadas/documentos/200409\\_sismanoglu&setzer\\_cbmet8\\_fortaleza\\_638.pdf](http://sigma.cptec.inpe.br/queimadas/documentos/200409_sismanoglu&setzer_cbmet8_fortaleza_638.pdf)>. Acesso em: 08 junho 2017.
- SISMANOGLU, R.; SETZER, A(a). Avaliação regional dos prognósticos do risco de fogo semanal do CPTEC aplicando o modelo ETA e dados observacionais na América do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 13., 2004, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: SBMET, 2004. Disponível em:  
<[http://sigma.cptec.inpe.br/queimadas/documentos/200409\\_sismanoglu&setzer\\_cbmet8\\_fortaleza\\_639.pdf](http://sigma.cptec.inpe.br/queimadas/documentos/200409_sismanoglu&setzer_cbmet8_fortaleza_639.pdf)>. Acesso em: 08 junho 2017.
- SISMANOGLU, R.; SETZER, A(e). Previsibilidade do risco de fogo semanal aplicando o modelo ETA em até quatro semanas com atualização de dados observacionais na América do sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 13., 2004, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: SBMET, 2004. Disponível em:  
<[http://sigma.cptec.inpe.br/queimadas/documentos/200409\\_sismanoglu&setzer\\_cbmet8\\_fortaleza\\_640.pdf](http://sigma.cptec.inpe.br/queimadas/documentos/200409_sismanoglu&setzer_cbmet8_fortaleza_640.pdf)>. Acesso em: 08 junho 2017.
- SISMANOGLU, R.; SETZER, A(d). Risco de fogo para a vegetação da América do Sul: comparação de duas versões para 2003. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 13., 2004, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: SBMET, 2004. Disponível em:  
<[http://sigma.cptec.inpe.br/queimadas/documentos/200409\\_sismanoglu&setzer\\_cbmet8\\_fortaleza\\_636.pdf](http://sigma.cptec.inpe.br/queimadas/documentos/200409_sismanoglu&setzer_cbmet8_fortaleza_636.pdf)>. Acesso em: 08 junho 2017.
- VILA,D.; GONCALVES, L.; TOLL, D.; ROZANTE, J. Statistical evaluation of combined daily gauge observations and rainfall satellite estimations over continental South America. **Journal of Hidrometeorology**, v. 10, n. 2, p. 533-543, 2008.

## **PUBLICAÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS EDITADAS PELO INPE**

### **Teses e Dissertações (TDI)**

Teses e Dissertações apresentadas nos Cursos de Pós-Graduação do INPE.

### **Manuais Técnicos (MAN)**

São publicações de caráter técnico que incluem normas, procedimentos, instruções e orientações.

### **Notas Técnico-Científicas (NTC)**

Incluem resultados preliminares de pesquisa, descrição de equipamentos, descrição e ou documentação de programa de computador, descrição de sistemas e experimentos, apresentação de testes, dados, atlas, e documentação de projetos de engenharia.

### **Relatórios de Pesquisa (RPQ)**

Reportam resultados ou progressos de pesquisas tanto de natureza técnica quanto científica, cujo nível seja compatível com o de uma publicação em periódico nacional ou internacional.

### **Propostas e Relatórios de Projetos (PRP)**

São propostas de projetos técnico-científicos e relatórios de acompanhamento de projetos, atividades e convênios.

### **Publicações Didáticas (PUD)**

Incluem apostilas, notas de aula e manuais didáticos.

### **Publicações Seriadas**

São os seriados técnico-científicos: boletins, periódicos, anuários e anais de eventos (simpósios e congressos). Constam destas publicações o Internacional Standard Serial Number (ISSN), que é um código único e definitivo para identificação de títulos de seriados.

### **Programas de Computador (PDC)**

São assequências de instruções ou códigos, expressos em uma linguagem de programação compilada ou interpretada, a ser executada por um computador para alcançar um determinado objetivo. São aceitos tanto programas fonte quanto executáveis.

### **Pré-publicações (PRE)**

Todos os artigos publicados em periódicos, anais e como capítulos de livros.