



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

***Laudo sobre queimadas e incêndios na  
vegetação ocorridos no interior do Parque  
Nacional da Serra da Canastra, MG,  
em agosto de 2007***



Monitoramento de Focos  
**QUEIMADAS**

## ***Equipe Técnica Responsável***

### **Alberto Setzer**

Coordenador da equipe de monitoramento de queimadas por satélites do INPE

### **Fabiano Morelli**

Analista/Pesquisador da equipe de queimadas por satélites do INPE

### **Silvia Cristina de Jesus**

Bolsista/Analista da equipe de queimadas por satélites do INPE

## ***Índice***

Equipe Técnica Responsável .....	1
Laudo sobre queimadas e incêndios na vegetação ocorridos no interior do Parque Nacional da Serra da Canastra, MG, em agosto de 2007.....	2
Sumário Executivo deste Relatório.....	2
Histórico .....	3
Mapeamento das Cicatrizes de Queimadas .....	4
Mapeamento de Focos Ativos de Queimadas .....	11
Apêndices .....	14

***Texto editado em novembro/2010***

## ***Lauda sobre queimadas e incêndios na vegetação ocorridos no interior do Parque Nacional da Serra da Canastra, MG, em agosto de 2007.***

### ***Sumário Executivo deste Relatório***

Os resultados apresentados neste documento mostram que durante todo o mês de setembro de 2007 o Parque Nacional da Serra da Canastra, Minas Gerais, sofreu degradação ambiental como consequência do fogo na vegetação. De seus 197.786 ha, pelo menos cerca de 50.000 ha, ou seja, 25% de sua extensão queimaram entre os dias 01/09 e 03/10/2007.

A comparação entre o local determinado pelo ICMBio, as cicatrizes mapeadas neste estudo e os focos de queima da vegetação detectados por satélites, permite afirmar que, em um raio de quatro quilômetros da localização da Fazenda Bateia fornecida pelo ICMBio, ocorreu incêndio ou queima da vegetação entre os dias 22 a 24/09/2007 abrangendo 1856 ha, corroborando as informações colhidas em campo pelos técnicos ambientais do ICMBIO; esta queimada representou 4% do total queimado no interior do PNSC neste período

A análise feita indica que o incêndio teve detecção inicial em 22/09 por um único foco de queima próximo aos limites do PNSC, e que provavelmente se alastrou rapidamente para o seu interior e persistiu nos dias 23 e 24/09, conforme os dados do monitoramento dos focos ativos.

Não foi possível determinar a localização exata da origem, conforme solicitado pela Procuradoria da República, devido à baixa resolução espacial (cerca de 2 km) das imagens utilizadas na detecção de focos, o que é uma limitação técnica do Sistema de Monitoramento de Queimadas do INPE. Também não foi possível determinar a autoria do crime nem em quanto cada propriedade no interior do parque foi afetada pelas queimadas no período em questão, devido à falta de dados dos limites das propriedades.

## ***Histórico***

Foi recebido pelo Diretor do INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, o Ofício no. 2994/2010 - IPL-1760/2009-4-SR/DPF/MG do Departamento de Polícia Federal de Belo Horizonte, MG, assinado pela Delegada Cristina Amaral Passos Figueiredo em 18/03/2010, reiterando o ofício 16.523/2009 datado de 28/12/2009. Por sua vez, este ofício decorreu do Ofício nº. 3060/2010-IPL1115/2008-4-SR/DPF/MG, datado de 19/03/2010, no qual foi solicitado que “sejam os dados da ocorrência encaminhados ao INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – de modo a determinar o local exato em que teve início o incêndio”. Outros documentos que fazem parte da cópia encaminhada anexa ao Ofício supracitada identificam o período e o local para análise.

Previamente, no processo indicado acima, o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) procedeu à vistoria no local da infração com elaboração de laudo pericial, documentado no Relatório de Fiscalização datado de 08/10/2007 e assinado por Lourenço Lemos da Silva e José de Lima Moreira. Este documento identificou o dia 22/09/2007 como o mais provável para o início da ocorrência das queimadas/incêndios na vegetação no interior do Parque Nacional da Serra da Canastra (PNSC), MG, e informou que o incêndio teve início, de acordo com testemunhas, na localização 23K 032809 UTM: 7739609 (lat: -20.3844, lon: -49.4737), na propriedade denominada Fazenda Bateia, que fica no interior da unidade de conservação (UC) de proteção integral.

As imagens de satélite disponíveis no INPE nada podem acrescentar à perícia realizada em campo pelo ICMBio no que se refere à identificação precisa do local de início do incêndio, bem como de quais as propriedades foram afetadas, por não dispor dos limites de cada uma. Neste contexto, o INPE pode apenas fornecer subsídios adicionais, complementando as evidências para o processo em questão, por meio do mapeamento das cicatrizes de queimadas e dos registros de focos ativos no mês de setembro/2007 no PNSC e seu entorno. O texto a seguir detalha os procedimentos adotados e os resultados obtidos.

## **Mapeamento das Cicatrizes de Queimadas**

No mapeamento das cicatrizes de queimadas foram utilizadas imagens de satélites de média resolução TM/Landsat-5, cujas características estão na Tabela 1. As imagens foram registradas geograficamente para minimizar os efeitos de distorção geométrica e adequá-las ao sistema geodésico SAD69, projeção UTM, datum zona 21S, de modo que a comparação entre as diferentes datas fosse realizada com a mesma referência espacial.

Para isto foram utilizadas imagens pré-registradas da *National Aeronautics and Space Administration (NASA)* disponíveis na coleção de dados da *Global Land Cover Facility (GLCF)*, e foi empregado um algoritmo polinomial de segunda ordem, de modo que o erro quadrático médio (RMS) de localização fosse inferior a 30m.

**Tabela 1 -Principais características das imagens orbitais utilizadas no mapeamento de cicatrizes.**

<b>Data de aquisição da cena</b>	<b>Satélite/Sensor</b>	<b>Órbita/Pont</b>	<b>Resolução</b>
01-set-2007 - 12:56:44 GMT	Landsat-5/TM	219/074	30m
08-set-2007 - 13:02:53 GMT	Landsat-5/TM	220/074	30m
17-set-2007 - 12:56:37 GMT	Landsat-5/TM	219/074	30m
24-set-2007 - 13:02:45 GMT	Landsat-5/TM	220/074	30m
10-out-2007 - 12:56:28 GMT	Landsat-5/TM	219/123	30m

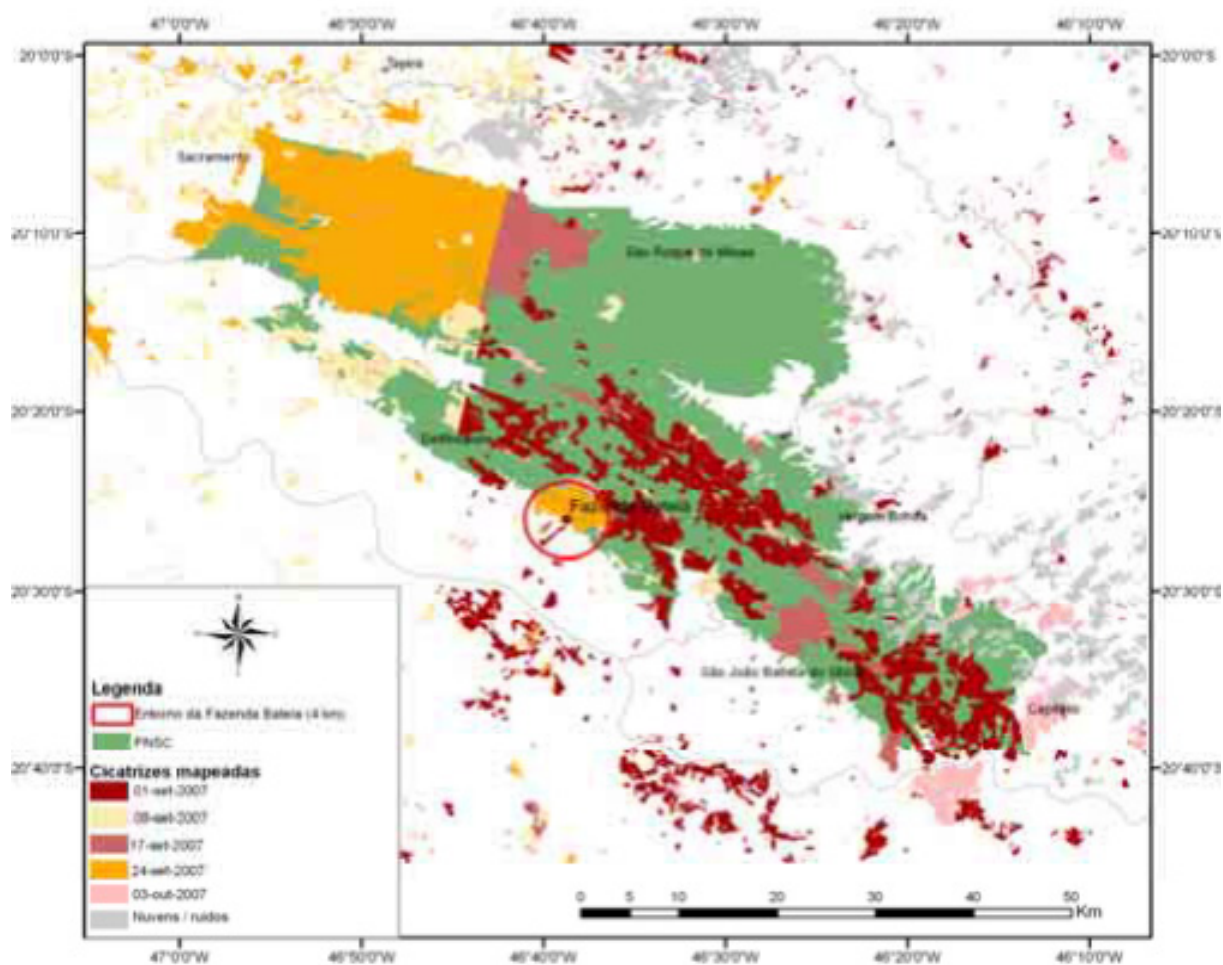
As imagens listadas na Tabela 1 foram analisadas na ordem temporal, de modo a identificar as cicatrizes anteriores àquelas ocorridas no período entre as cenas. O uso de várias cenas permite restringir as cicatrizes temporalmente, além de eliminar equívocos com outros alvos espectralmente similares a cicatrizes de queimadas, como certos tipos solos irrigados e corpos d'água.

Além das cicatrizes de queimadas, foram mapeadas as nuvens e ruídos, dado que sob estas condições não é possível inferir se houve ou não queimadas na área em questão, ou ainda, a partir de qual cena as cicatrizes aparecem.

O resultado obtido foi um mapa digital com a representação de cicatrizes dos diferentes períodos na escala 1:50.000, com resolução espacial de 30 metros, onde estão mapeadas todas as cicatrizes na área compreendida pelos municípios mineiros de Sacramento, Tapira, São Roque de Minas, Delfinópolis, Vargem Bonita, São João Batista do Glória e Capitólio, por serem os mais próximos aos limites do PNSC. Um detalhe deste resultado centrado na UC pode ser observado na Figura 1.

---

<sup>1</sup> Para melhor visualizar os resultados produzidos pelo INPE, todos os mapas encontram-se disponíveis nos apêndices deste documento em formato A4.



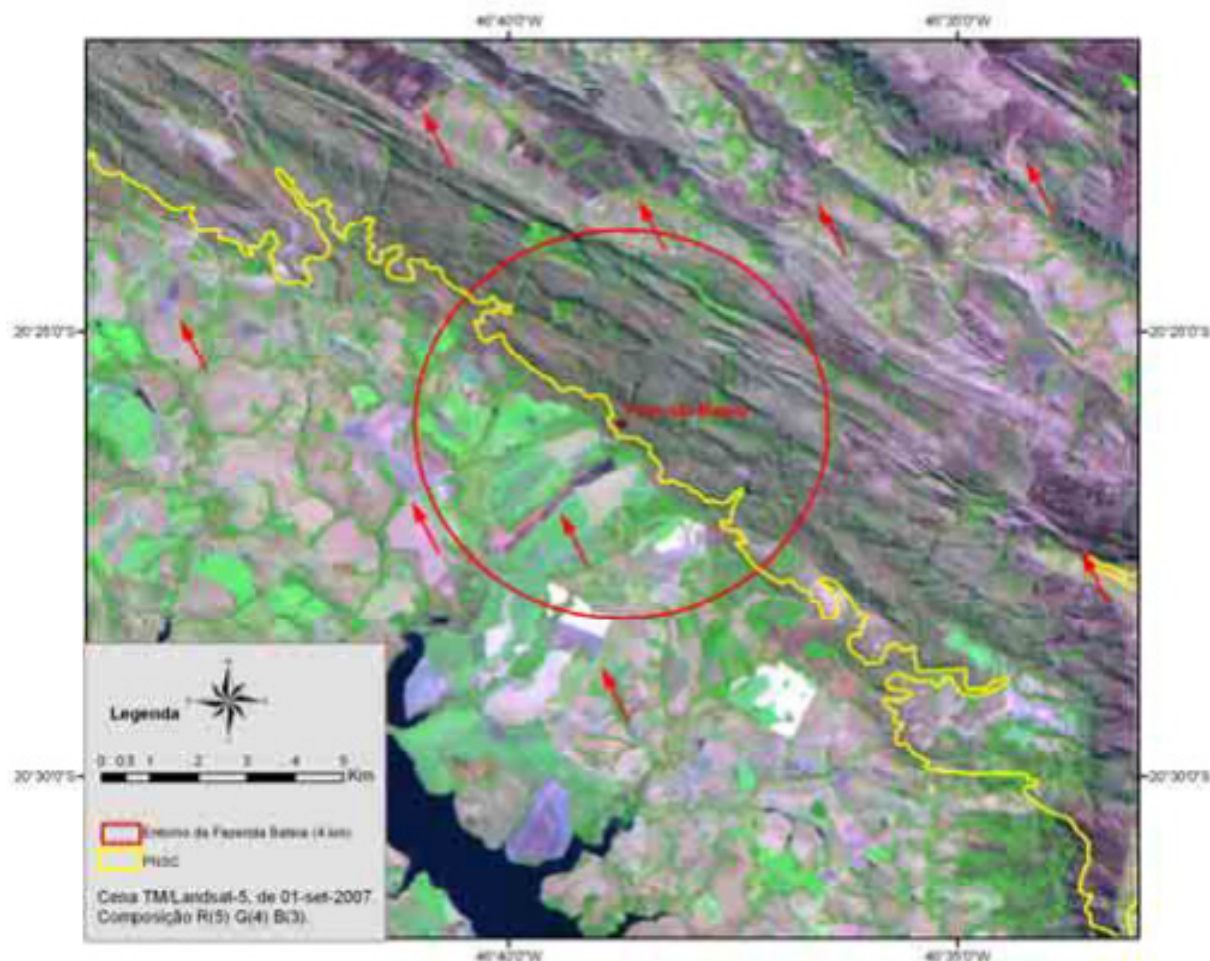
**Figura 1- Resultado do mapeamento de cicatrizes de queimadas para a região do PNSC.**

O resultado apresentado na Figura 1 mostra que durante todo o mês de setembro houve um número significativo de queimadas/incêndios na área analisada, principalmente nas suas regiões noroeste e sul. Mesmo apresentando uma grande pressão externa quanto ao fogo, nota-se que as queimadas que ocorreram foram originadas em sua grande maioria no interior da UC, e não na área de amortecimento.

O relatório de fiscalização redigido pelo IBAMA/ICMBio informa apenas a coordenada de um ponto isolado para localização do incêndio. Não há delimitação da área queimada ou de limites das propriedades no interior do PNSC. Deste modo, a partir do ponto fornecido, foi simulada a área da propriedade considerando um raio de quatro quilômetros.

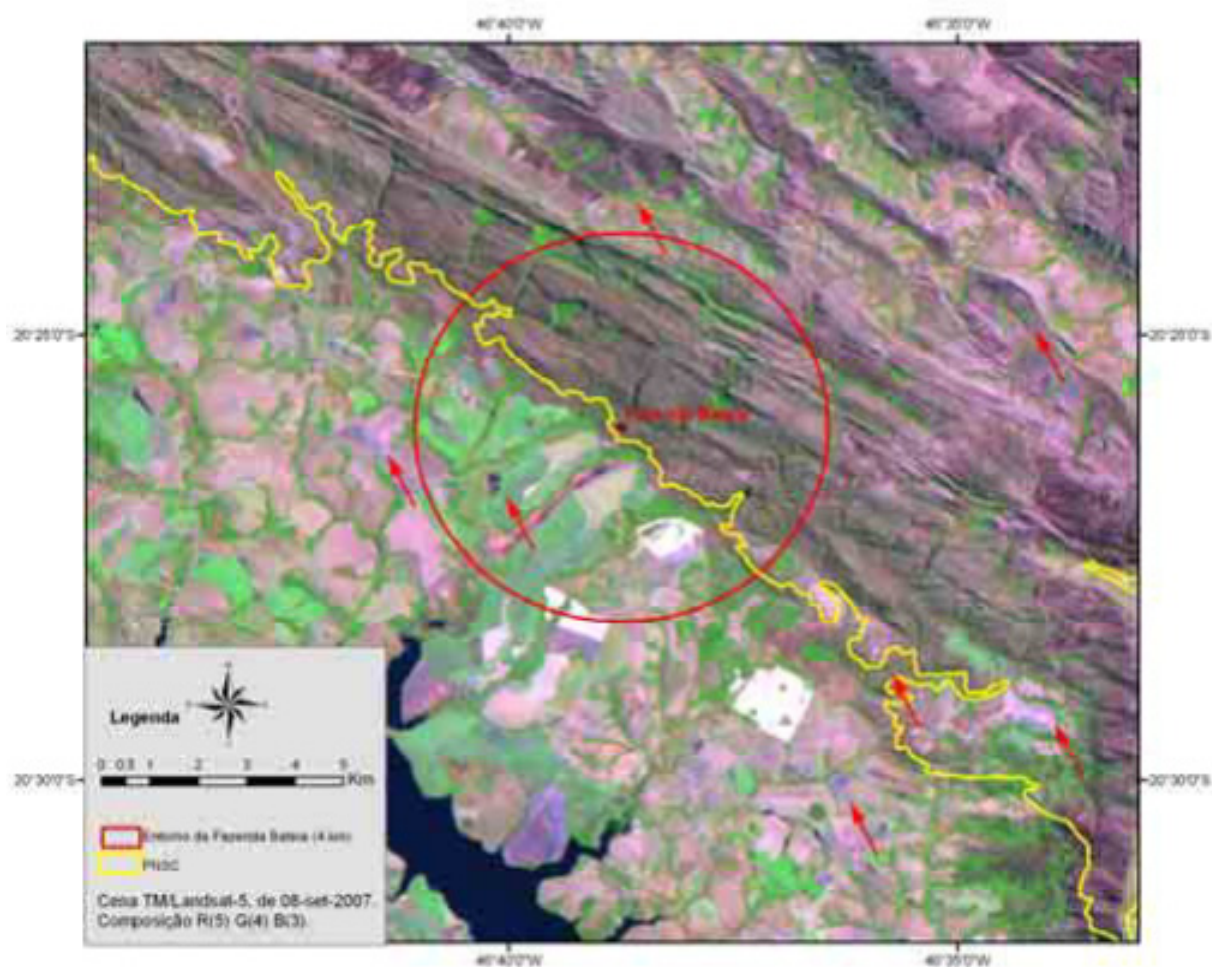
Para observar em maior detalhe o interior do PNSC e as imediações da localização fornecida no relatório mencionado anteriormente, a Figura 2 apresenta uma composição colorida das bandas 5-4-3 da cena Landsat/TM de 01/09/2007. Observa-se que há manchas escuras em locais próximos à área delimitada, que são características de

cicatrizes de queimadas/incêndios ocorridos previamente à data da passagem do satélite. Nota-se também que há poucos sinais de queima adjacentes ou no interior da área delimitada, destacando-se uma cicatriz alongada a aproximadamente 670 metros da localização fornecida, e fora do PNSC. Assim, entende-se que havia cicatrizes já existentes na cena do dia 01/09, e próximas ao limite do PNSC.



**Figura 2 - Imagem do dia 01/09/2007, mostrando a localização da Fazenda Bateia no PNSC e a simulação da área da propriedade, considerando um raio de 4 km (círculo vermelho). As manchas escuras de cicatrizes sinalizadas por setas vermelhas referem-se a exemplos de queimadas anteriores a 01/09/2007.**

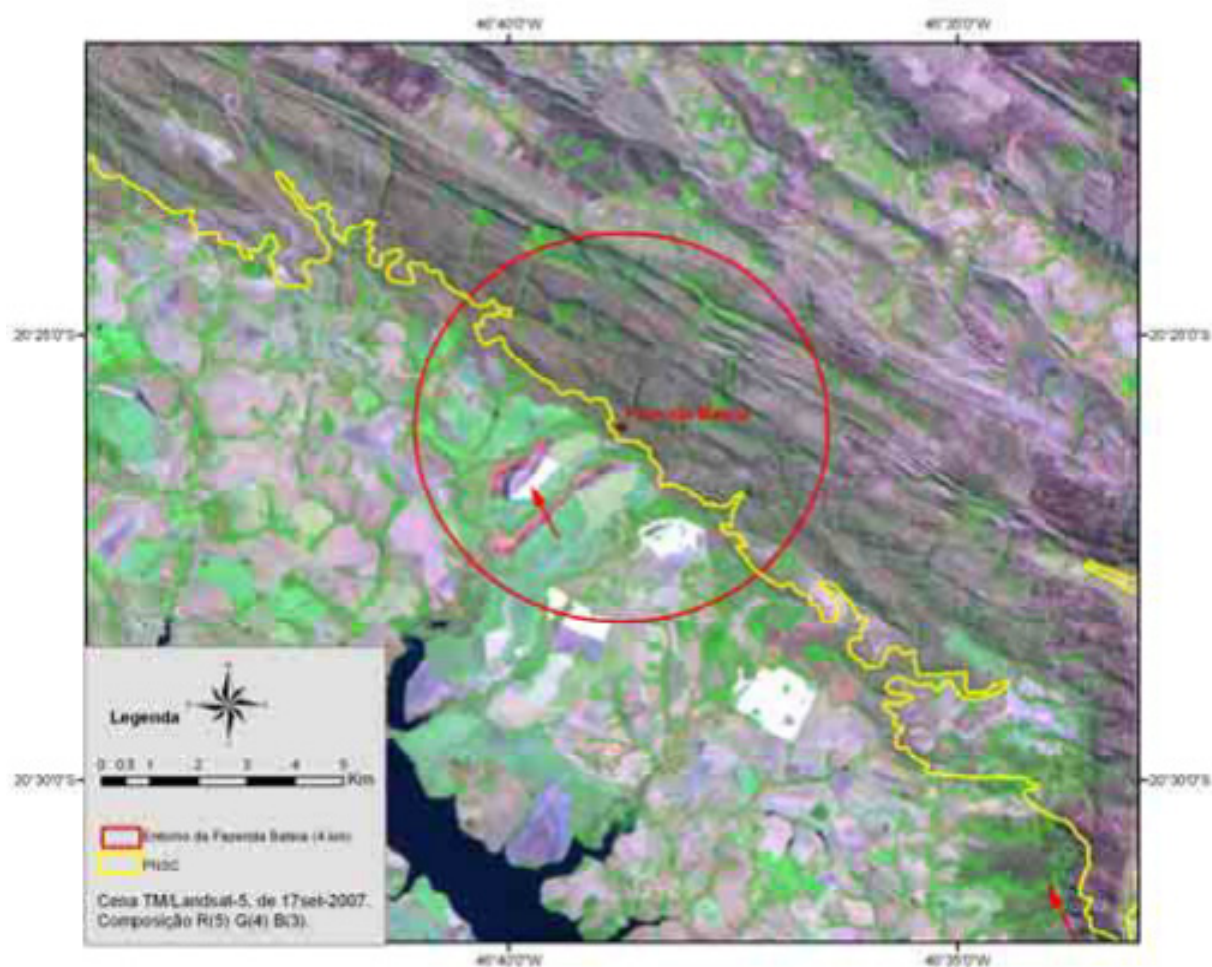
A segunda data analisada foi 08/09/2007. Conforme observado na Figura 3, houve relativamente poucas alterações na área de interesse em relação à cena anterior. Entretanto, em todo o PNSC foram mapeadas 45 novas cicatrizes com casos individuais de até 2.226 ha (Tabela 2).



**Figura 3 - Imagem do dia 08/09/2007, mostrando a simulação da área da propriedade, considerando um raio de 4 km (círculo vermelho) no PMSD. As manchas escuras de cicatrizes sinalizadas por setas vermelhas referem-se a exemplos de ocorridas no período 01 a 08/09/2007.**

O acréscimo na área queimada nas imediações da área de interesse identificada na imagem do dia 17/09/2007 foi de 10.957 ha. Nesta imagem foram identificadas 31 novas cicatrizes com casos específicos de até 5.952 ha – ver Figura 4.





**Figura 4- Imagem do dia 17/09/2007, mostrando a simulação da área da propriedade, considerando um raio de 4 km (círculo vermelho) no PNSC. As manchas escuras de cicatrizes sinalizadas por setas vermelhas referem-se a exemplos de ocorridas no período 08 a 17/09/2007.**

Na imagem do dia 24/09/2007 é notável a cicatriz de 1.855 ha na área delimitada (Figura 5), sendo que sua maior parte está no interior do PNSC. Foram mapeadas em todo o PNSC outras cinco cicatrizes que somam 5.192 ha. Esta grande extensão queimada refere-se a um evento ocorrido na porção noroeste do parque, que resultou em uma cicatriz de 29.247 ha.

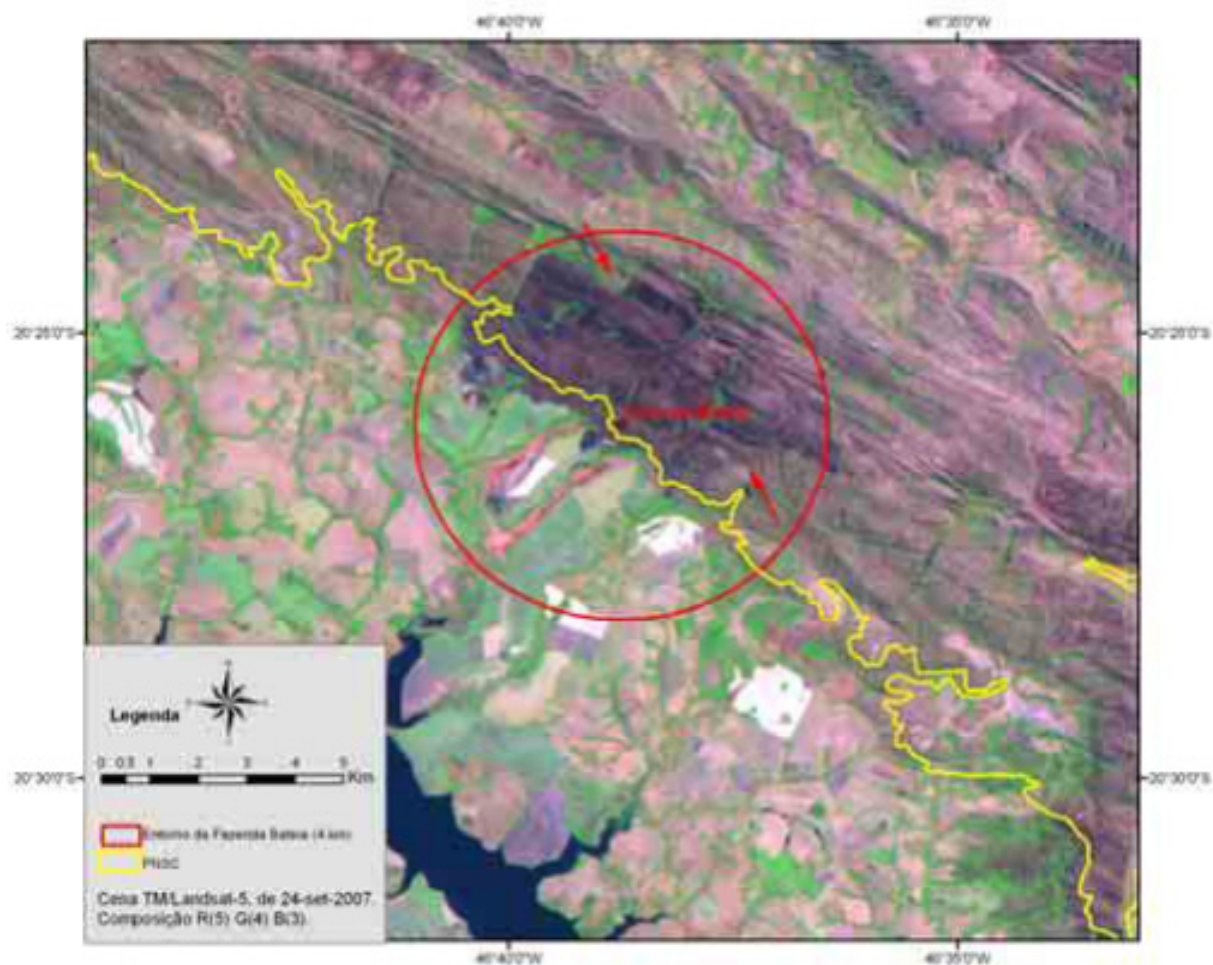
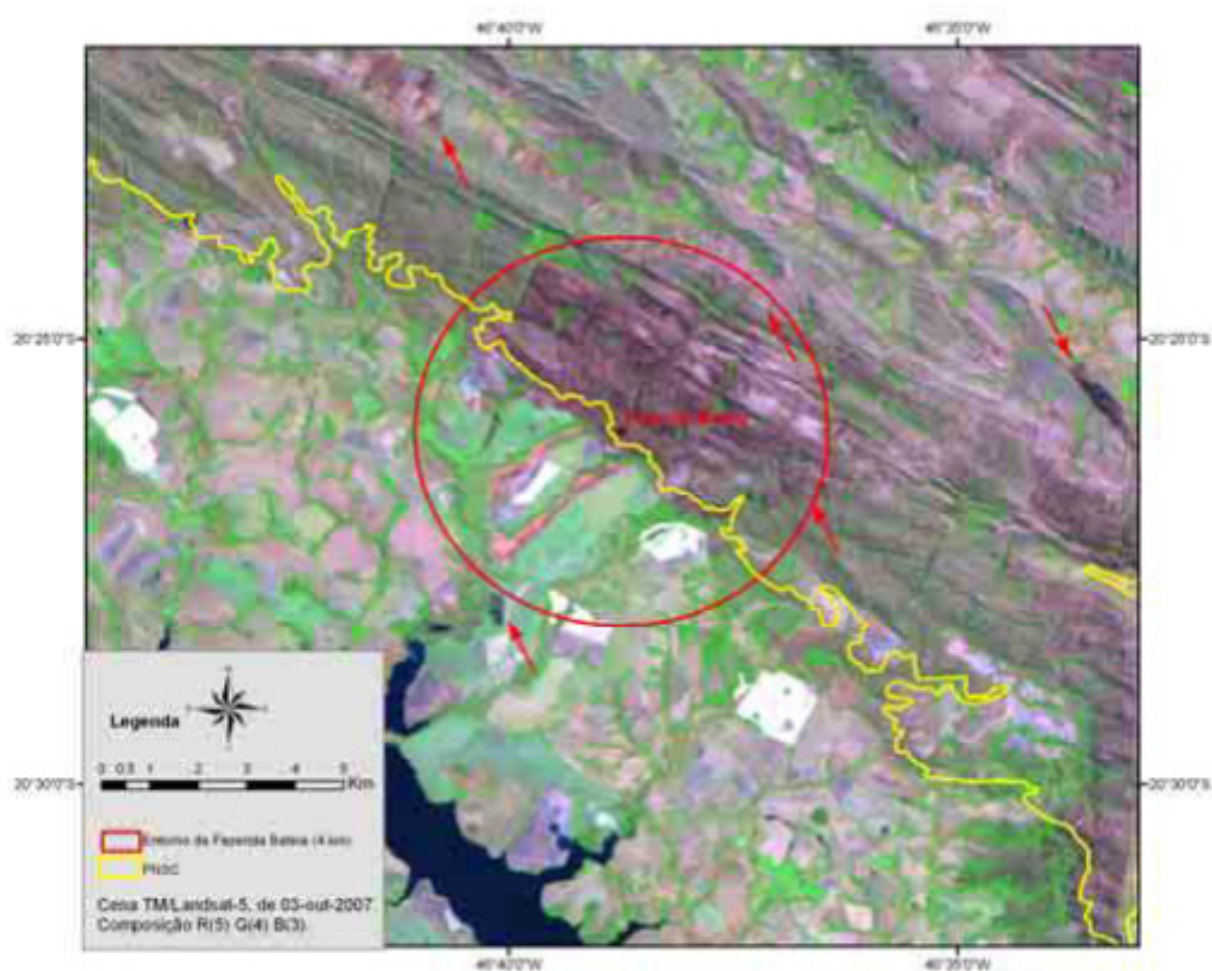


Figura 5 – Imagem do dia 24/09/2007, mostrando a simulação da área da propriedade, considerando um raio de 4 km (círculo vermelho) no PNBC. As manchas escuras de cicatrizes sinalizadas por setas vermelhas referem-se a exemplos de ocorridas no período de 17 a 24/09/2007.



**Figura 6 - Imagem do dia 03/10/2007, mostrando a simulação da área da propriedade, considerando um raio de 4 km (círculo vermelho) no PNSC. As manchas escuras de cicatrizes sinalizadas por setas vermelhas referem-se a exemplos de queimadas ocorridas no período de 24/09 a 03/10/2007.**

Na cena subsequente (03/10/2007) foram identificadas outras cicatrizes adjacentes àquela mapeada na área de interesse na cena anterior, com área variável entre 0,08 e 316 ha. Neste período, foram mapeadas 36 cicatrizes totalizando 330 ha de área queimada em todo o PNSC

As queimadas ocorridas no período de 01/09 a 03/10/2007 resultaram em 118 cicatrizes distintas, com pelo menos 49.862 ha, representando cerca de 25% da extensão do PNSC, conforme detalhado na Tabela 2. Neste contexto geral, o que queimou na área delimitada por um raio de quatro quilômetros a partir da localização fornecida no relatório do IBAMA/ICMBio, representa apenas 4% do que queimou nesta unidade de conservação até 03-out-2007, visto que há grandes cicatrizes a noroeste do PNSC com 5.951 e 29.239 ha. A Tabela 2 aponta a área queimada identificada em cada cena, e o total da área queimada mapeada em todas as cenas. As 70 cicatrizes mapeadas na cena de 01/09 representam queimadas anteriores ao período de análise.

Tabela 2 – Quantidade de cicatrizes e total da área queimada no interior do PNSC em cada cena analisada.

Data	Área (km <sup>2</sup> )	Área (ha)	no. cicatrizes
01/09/ 2007	307,5	30.750,3	70
08/09/ 2007	61,9	6.185,3	45
17/09/ 2007	109,6	10.956,9	31
24/09/ 2007	311,5	31.151,1	6
03/10/ 2007	15,7	1.568,9	36
Nuvens e ruído	43,9	4.386,8	---
<b>Total geral</b>	<b>850,1</b>	<b>84.999,3</b>	<b>188</b>

### **Mapeamento de Focos Ativos de Queimadas**

Utilizando imagens termais de baixa resolução espacial dos satélites meteorológicos, o INPE monitora em modo operacional os focos de queima da vegetação. São utilizados todos os satélites que possuem sensores óticos operando na faixa termal-média de 4µm, recebidos nas estações de Cuiabá, MT, e Cachoeira Paulista, SP.

No presente trabalho, foram utilizados os dados de aproximadamente 6.000 imagens obtidas pelos satélites de órbita polar NOAA-15, NOAA-17e NOAA-18, TERRA e AQUA, e dos satélites geoestacionários GOES e MSG. Cada satélite polar produz dois imageamentos por dia, e os geoestacionários geram algumas imagens por hora, sendo que no total o INPE processa mais de 200 imagens por dia, especificamente para detectar focos de queima da vegetação.

Como o elemento de resolução espacial (“píxel”) do satélite tem 1 km x 1 km ou mais, um foco de queimada de algumas dezenas de metros quadrados será identificada como tendo pelo menos 1 km<sup>2</sup>. Nas imagens dos satélites geoestacionários, onde o píxel tem 4 km x 4 km, esta pequena queimada passará a ser indicada por uma área de 16 km<sup>2</sup> ou mais. Assim, um foco de queima, que é a mesma coisa que um píxel de queima, pode indicar tanto uma pequena queimada, assim como várias pequenas queimadas ou uma muito grande no seu interior.

Ou seja, o sistema de detecção de focos do INPE permite identificar a existência de fogo na vegetação sem ter condições de avaliar o tamanho da área que está queimando ou o tipo de vegetação afetada. Em casos com muitos píxeis de queima juntos, e com a presença de uma nuvem de fumaça grande, pode-se inferir que a queimada terá a dimensão dos píxeis de queima detectados. Outras informações podem ser obtidas no endereço da página de perguntas freqüentes na Internet <http://sigma.cptec.inpe.br/queimadas/perguntas.html>.

Com base na análise destes produtos, foi avaliada a data de ocorrência das cicatrizes previamente mapeadas. A cicatriz mapeada na cena do dia 24/09 apresentou focos ativos nos dias

22, 23 e 24 de setembro (Figura 6). O foco mais antigo esteve localizado a 740 metros da coordenada fornecida pelo ICMBio, e fora do PNSC. Entretanto deve-se considerar que existe a possibilidade de erros de deslocamento destes focos de até 4 km. A maioria dos focos ativos é dos dias 23 e 24/09, sendo que os mais antigos estão na porção central da cicatriz, e provavelmente foram responsáveis por toda sua extensão. Em relação às cicatrizes correspondentes à imagem de 03/10, como não há focos próximos incidentes sobre elas, é possível inferir que estas se originaram no dia 24/09, e após a passagem do satélite– ver Figura 7.

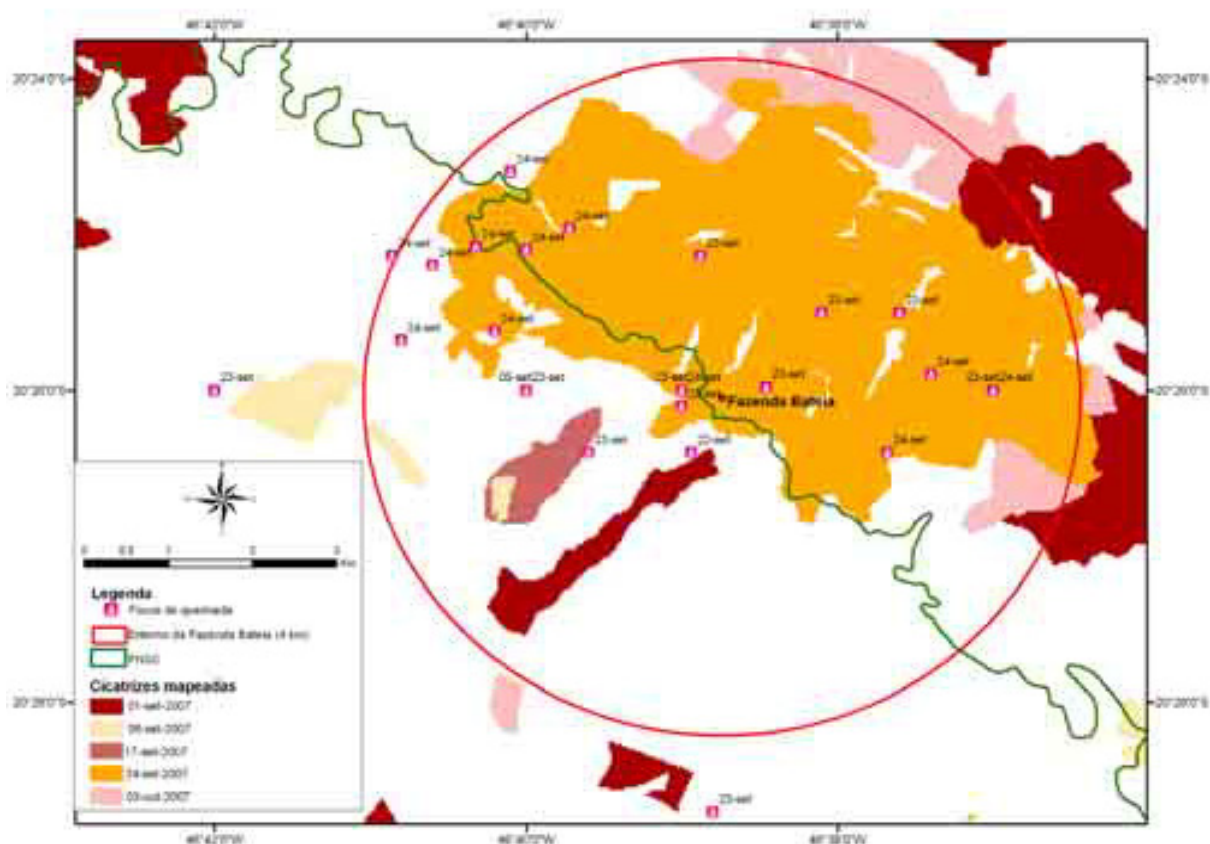


Figura 7 - Focos de queima da vegetação identificados no período de 03-18/08/2008 no interior do PNSC, cicatrizes mapeadas e simulação da área da propriedade, considerando um raio de 4 km (círculo vermelho).

Existem cicatrizes sem focos associados, o que é esperado uma vez que mesmo com cerca de 200 ou mais imagens por dia, o INPE detecta no máximo 70% a 80% de todos os eventos, devido a limitações técnicas diversas nas imagens. Entre os fatores limitantes, considera-se: a presença de nuvens e fumaça densa sobre a área; a passagem do satélite não cobrir a região de interesse; presença de ruídos nas imagens; problemas na comunicação entre os satélites e os sistemas de recepção e armazenamento; regiões montanhosas ou de encostas onde o fogo pode ocorrer em área de sombra para o satélite; características da vegetação que podem mascarar o sinal da queimada ativa, e; velocidade de propagação do fogo. Para este caso específico do PNSC, a

urgência na entrega deste documento não permitiu a realização de uma análise mais aprofundada das limitações que impediram as detecções.

Analisando os diferentes tamanhos das cicatrizes de queimadas entre os dias 01/09 e 03/10/2007, verificou-se que cerca de 79% das cicatrizes possuem áreas menores que o tamanho mínimo de um pixel de 1 km X 1 km – ver Figura 8. Esta proporção é condizente com outros estudos de validação, e confirma que o sistema de detecção de focos de queimadas do INPE consegue monitorar entre 70% e 80% das queimadas que ocorrem no país.

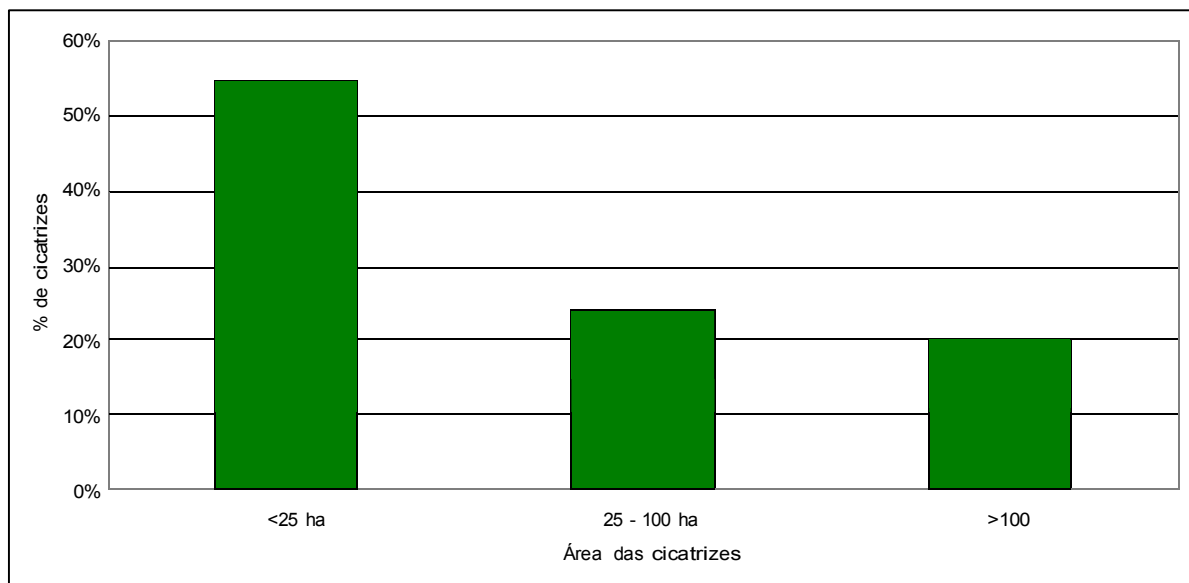


Figura 8 - Quantidade de cicatrizes em classes de tamanho no interior do PNSC de 01/09 a 03/10/2007.

## Apêndices

Figura 1- Resultado do mapeamento de cicatrizes de queimadas para a região do PNSC.

Figura 2 - Imagem do dia 01/09/2007, mostrando a localização da Fazenda Bateia no PNSC e a simulação da área da propriedade, considerando um raio de 4 km (círculo vermelho). As manchas escuras de cicatrizes sinalizadas por setas vermelhas referem-se a exemplos de queimadas anteriores a 01/09/2007.

Figura 3 - Imagem do dia 08/09/2007, mostrando a simulação da área da propriedade, considerando um raio de 4 km (círculo vermelho) no PNSC. As manchas escuras de cicatrizes sinalizadas por setas vermelhas referem-se a exemplos de ocorridas no período 01 a 08/09/2007.

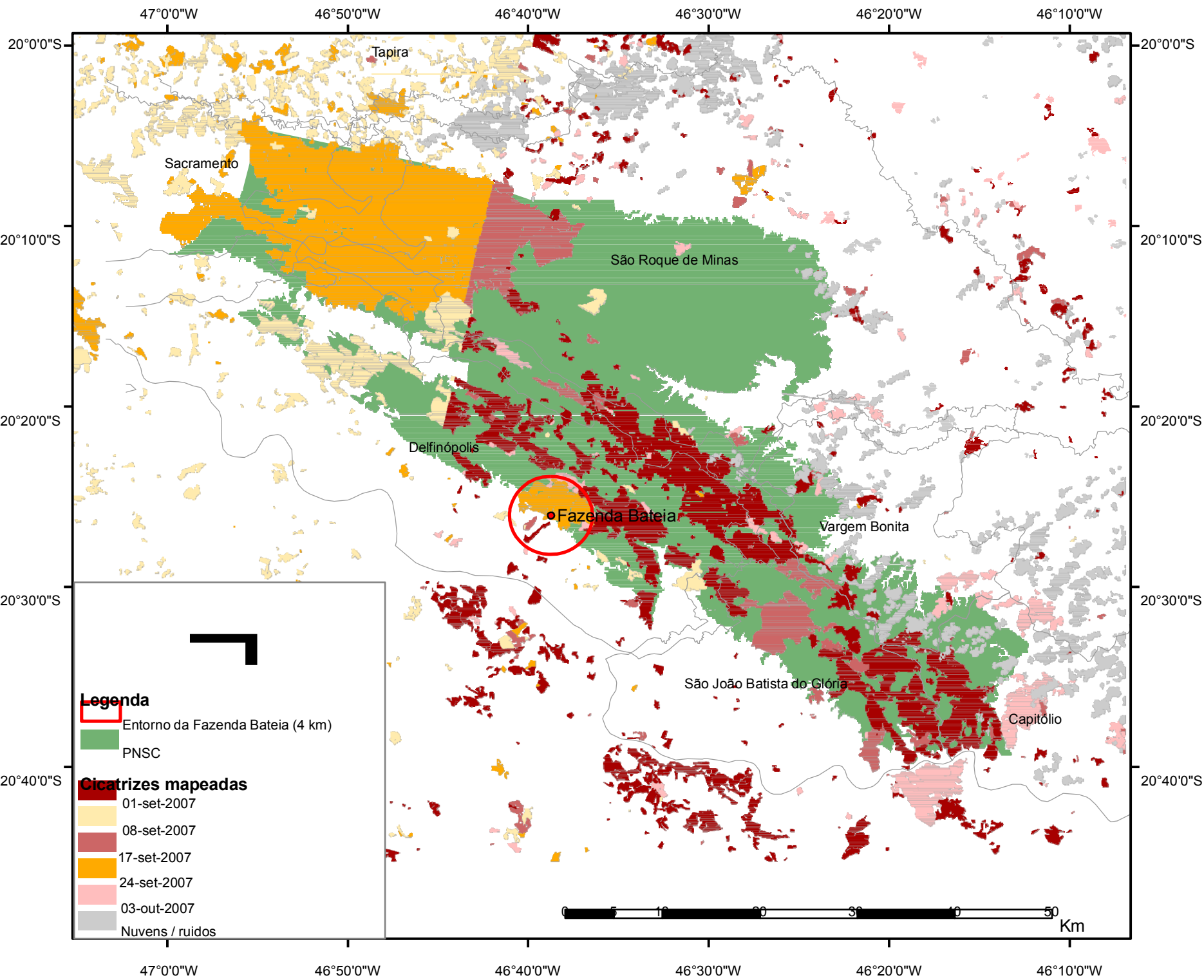
Figura 4- Imagem do dia 17/09/2007, mostrando a simulação da área da propriedade, considerando um raio de 4 km (círculo vermelho) no PNSC. As manchas escuras de cicatrizes sinalizadas por setas vermelhas referem-se a exemplos de ocorridas no período 08 a 17/09/2007.

Figura 5 – Imagem do dia 24/09/2007, mostrando a simulação da área da propriedade, considerando um raio de 4 km (círculo vermelho) no PNSC. As manchas escuras de cicatrizes sinalizadas por setas vermelhas referem-se a exemplos de ocorridas no período de 17 a 24/09/2007.

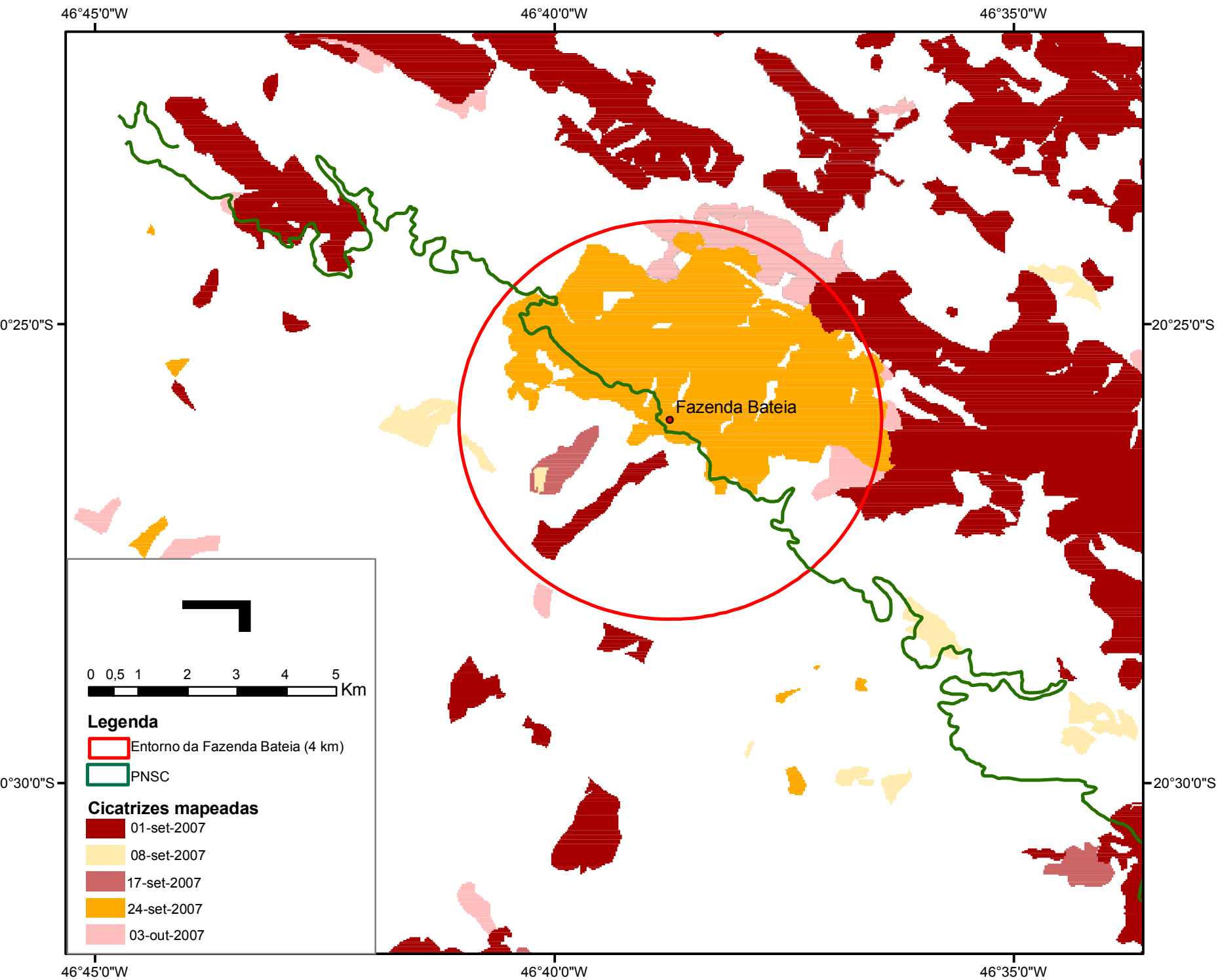
Figura 6 - Imagem do dia 03/10/2007, mostrando a simulação da área da propriedade, considerando um raio de 4 km (círculo vermelho) no PNSC. As manchas escuras de cicatrizes sinalizadas por setas vermelhas referem-se a exemplos de queimadas ocorridas no período de 24/09 a 03/10/2007.

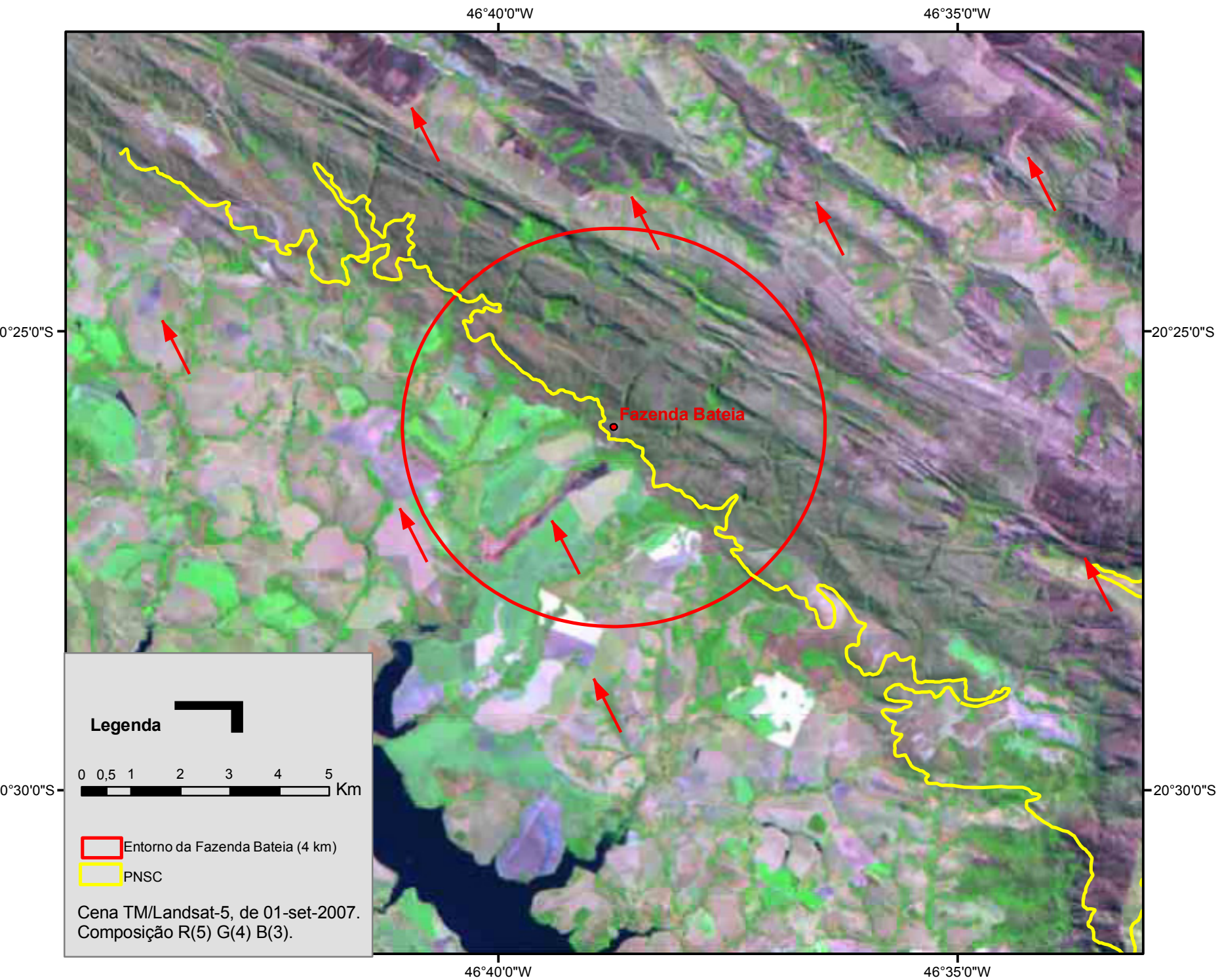
Figura 7 - Focos de queima da vegetação identificados no período de 03-18/08/2008 no interior do PNSC, cicatrizes mapeadas e simulação da área da propriedade, considerando um raio de 4 km (círculo vermelho).

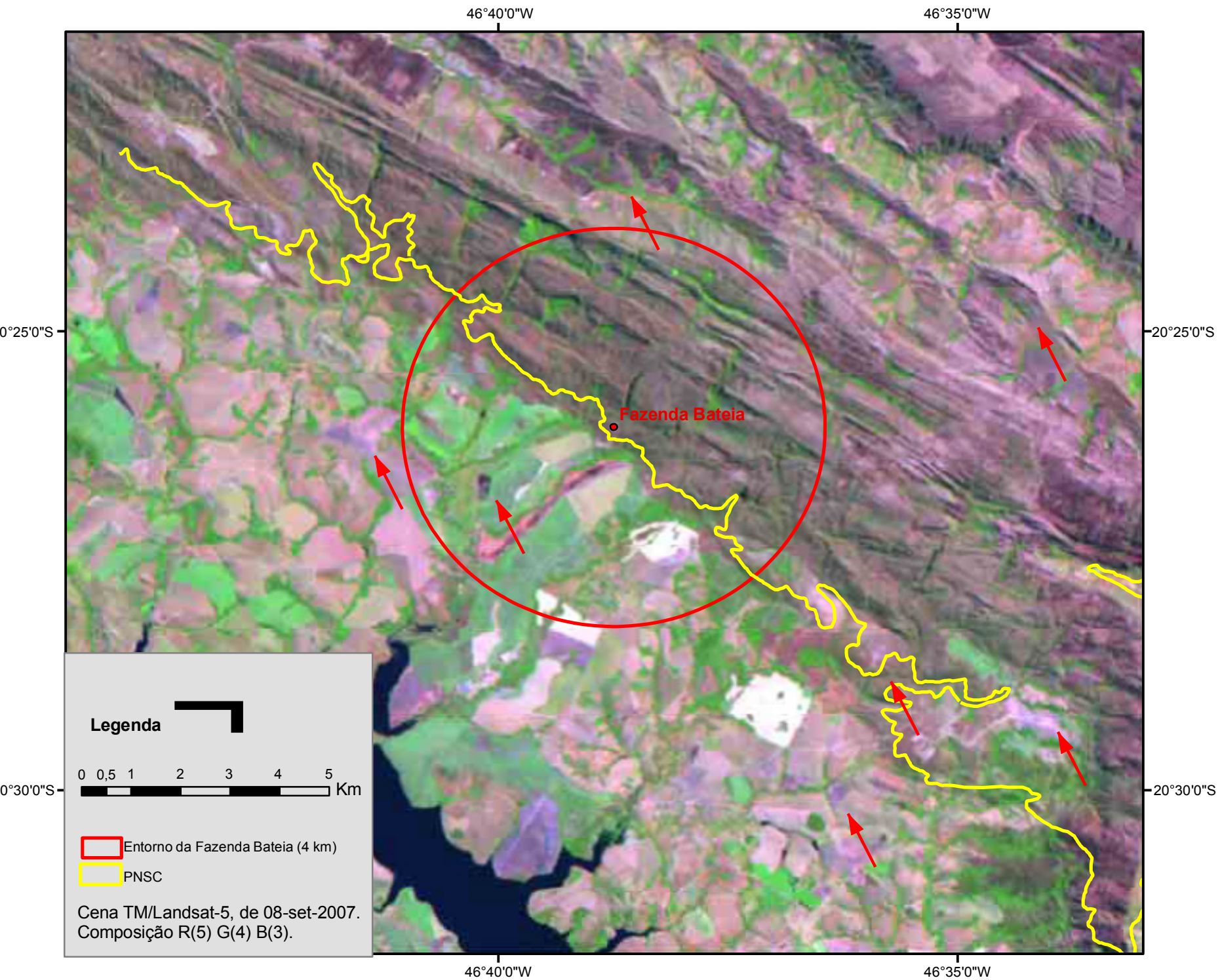
Figura 8 - Quantidade de cicatrizes em classes de tamanho no interior do PNSC de 01/09 a 03/10/2007.

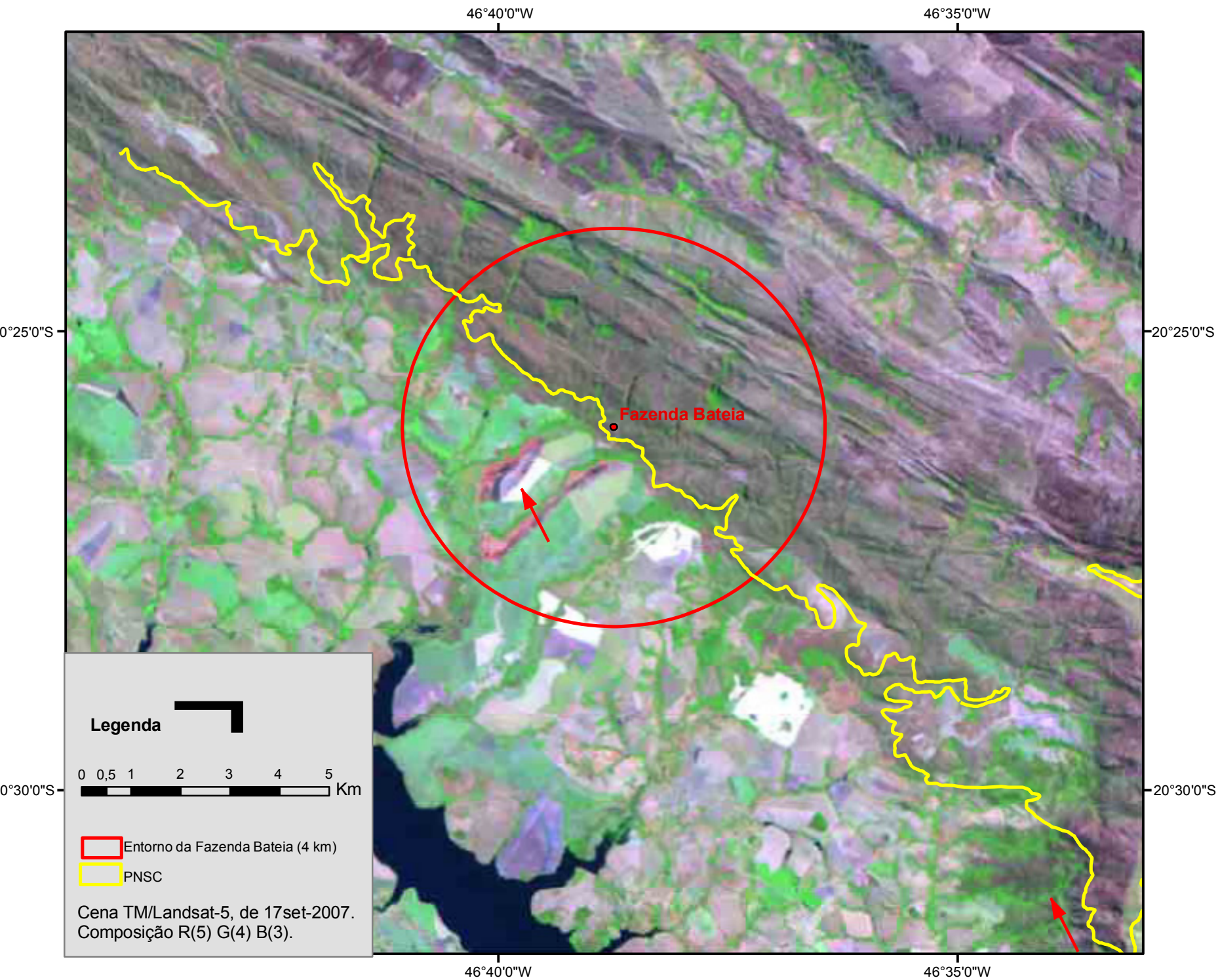


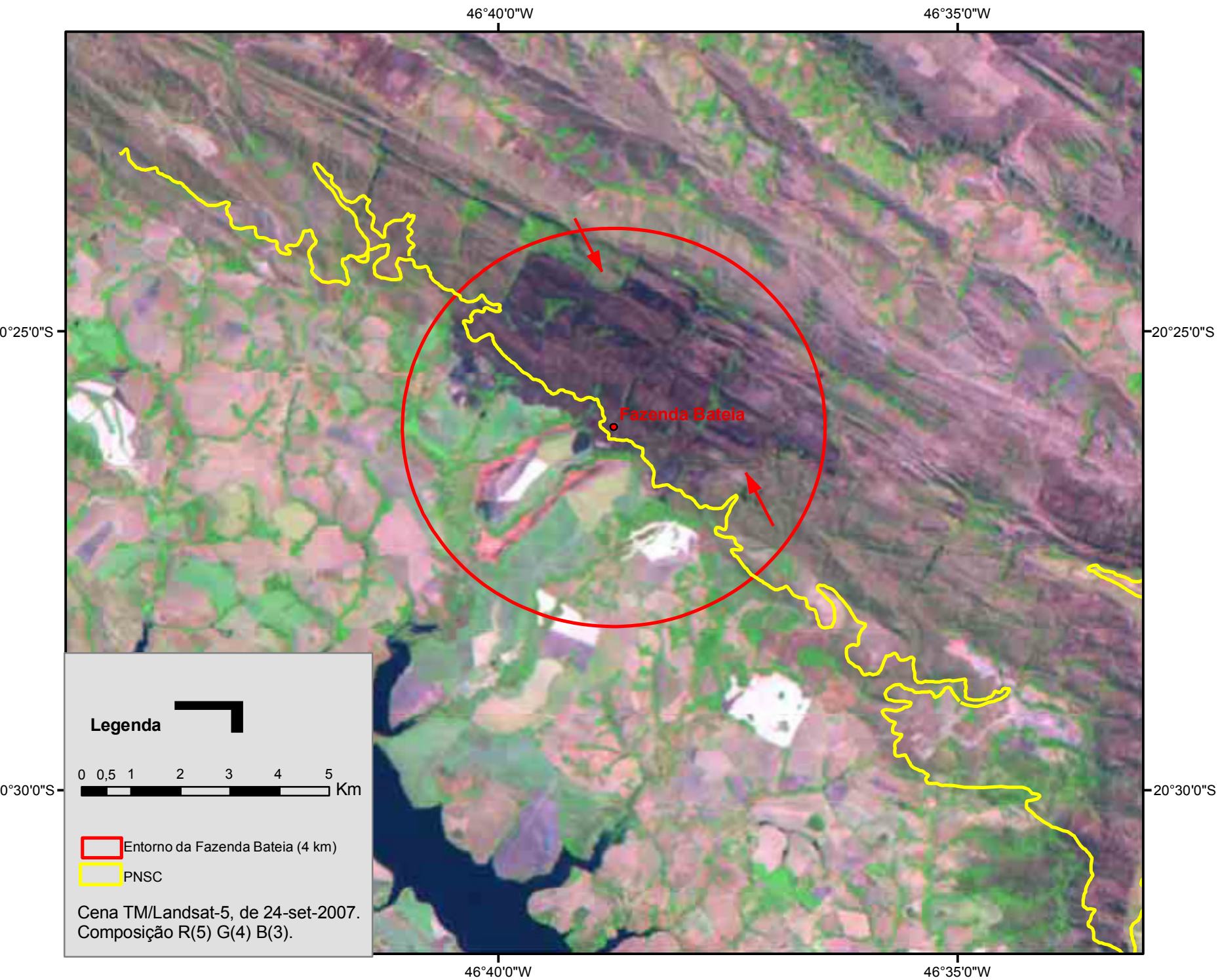


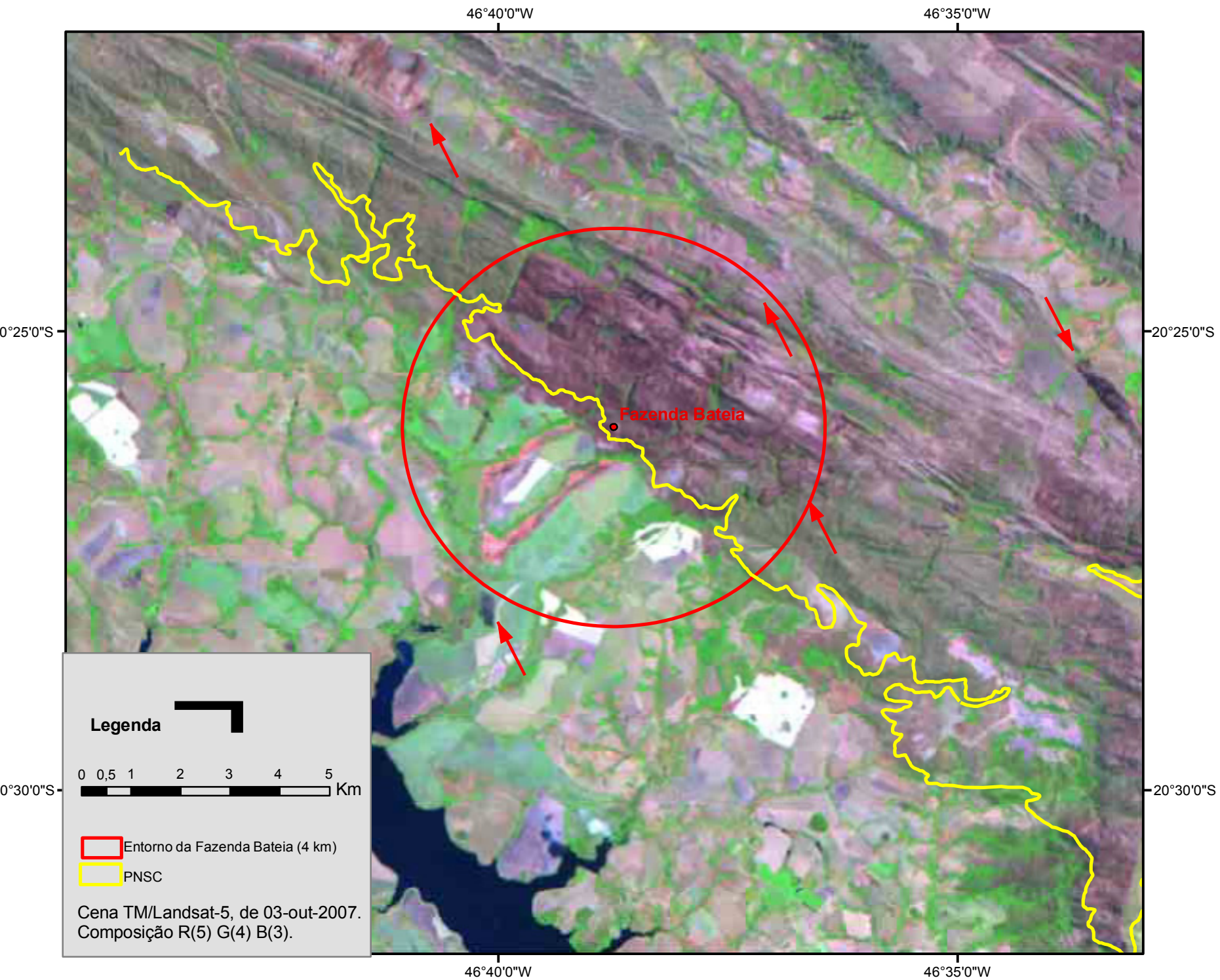


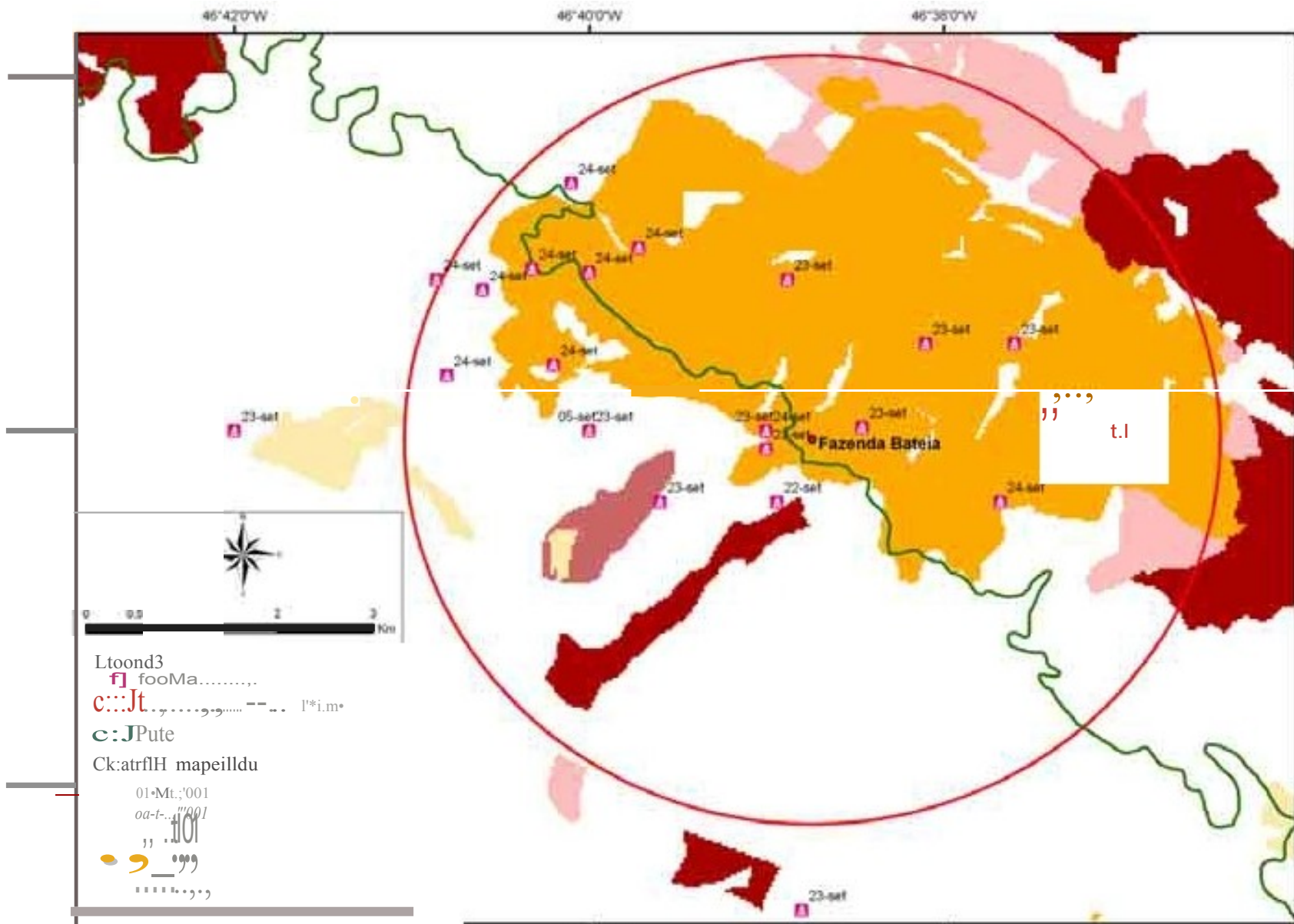


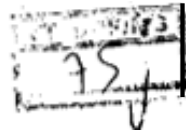












SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
MJ · DEPARTAMENTO DE POLÍCIA FEDERAL  
SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL EM MINAS GERAIS

Ofício.nº 3060/2010 - IPL 1151/2008-4 • SR/DPF/MG

Belo Horizonte/MG, 19 de março de 2010.

Ilmº. Sr.  
Chefe do INPE  
Av. dos Astronautas 1758.  
CEP. : 12227-010 - São José dos Campos.SP

•  
Senhor Chefe.

Visando instruir os autos do Inquérito Policial nº 11511 (2008-4-SR/DPF/MG, solicito a Vossa Senhoria os bons préstimos de atender a requisição do Ministério Público Federal/MG, conforme cópia anexa e encaminhar resposta a esta Superintendência Regional da Polícia Federal. Localizada na Rua Nascimento Gurgel. 30 - Gutierrez - BH/MG.

Atenciosamente

CRISTINA AMARAL PASSOS FIGUEIREDO

Delegada de Polícia Federal  
Primeira Classe - Matrícula nº. 10.022