

## Uso de Imagens CCD/CBERS para o monitoramento e fiscalização do desmatamento na Amazônia: uma experiência do IBAMA/ACRE

Diogo Selhorst<sup>1</sup>  
Marcos Henrique Brainer Martins<sup>2</sup>  
Sirleni Fernandes da Silva<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA  
Superintendência de Rio Branco – Acre  
Rua Veterano Manoel de Barros 320 – Rio Branco - AC, Brasil  
diogo.selhorst@ibama.gov.br

<sup>2</sup> Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA  
Escritório Regional de Cruzeiro do Sul – Acre  
Rua Jaminauas 1556, bairro Cruzeiro – Cruzeiro do Sul - AC, Brasil  
marcos.martins@ibama.gov.br  
sirleni.silva@ibama.gov.br

**Abstract.** This paper describes as we are being using images CCD/CBERS to monitor and fiscalize the deforestation in Brazilian Amazon inside the Brazilian Institute of the Environment and the Natural - IBAMA in the Acre State. The field work was called BORDER OPERATION 2006 and was carried out to the border enters the States of Acre, Amazon and Rondônia, using six scenes of China-Brazil Earth Resources Satellite-CBERS-2 (orbits 177 to 179 and points 110 to 111). In the total 349 polygons had been identified that together they add 50,782 hectares of deforested areas and had been applied so far more than 36 million of Reais about 16 million of dollars referring ambient infractions in the region mainly because of deforestation.

**Palavras-chave:** Amazon, Acre, deforestation, remote sensing, Amazônia, Acre, desmatamento, IBAMA, sensoriamento remoto.

### 1. Introdução

A execução de políticas públicas ambientais requer a produção constante e sistematizada de informações principalmente na Amazônia brasileira onde o desmatamento continua avançando INPE (2005), para tanto o uso do sensoriamento remoto no estudo e monitoramento da região Amazônica tornou-se uma ferramenta indispensável nesse processo. O Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA na execução de sua missão institucional, em especial no monitoramento e controle do uso dos recursos naturais, tem incorporado e desenvolvido metodologias de fiscalização ambiental utilizando imagens de satélites orbitais.

A metodologia descrita nesse trabalho foi desenvolvida no Escritório Regional de Cruzeiro do Sul, o precursor na incorporação definitiva do geoprocessamento nos trabalhos de fiscalização ambiental do IBAMA/ACRE.

A primeira experiência dessa unidade descentralizada na utilização das ferramentas de geoprocessamento em uma operação de fiscalização ambiental, visando coibir os desmatamentos e queimadas ilegais, ocorreu em 2004 na OPERAÇÃO DESMATE realizada na região conhecida por Alto Juruá, e compreendeu os municípios de Cruzeiro do Sul, Mâncio Lima, Rodrigues Alves, todos no Estado do Acre, e o município de Guajará, no Estado do Amazonas. Durante essa operação as imagens de satélite foram utilizadas para dimensionar as áreas de desmatamento identificadas em sobrevôos, bem como traçar sua evolução utilizando-se imagens recentes e de anos anteriores dos satélites Landsat e CBERS-2/INPE.

No ano seguinte, já foi possível aprimorar a metodologia de trabalho e a OPERAÇÃO DESMATE 2, realizada pelo mesmo Escritório Regional nos municípios de Guajará/AM e Ipixuna/AM, teve o sensoriamento remoto como base de toda a operação. Através das imagens de satélites foi realizado um mapeamento do desmatamento na região ano a ano desde 2002, cada polígono gerado foi mensurado e nomeado. Essas áreas foram plotadas em um mapa base e elaborou-se uma planilha com todas essas informações para consulta rápida. Além disso, foram gerados arquivos gtm para os aparelhos GPS, que subsidiaram as equipes de campo na identificação dos responsáveis pela infração ambiental.

Em 2006, essa metodologia foi repassada à Superintendência do IBAMA/AC, em Rio Branco, quando em conjunto foram coordenadas as atividades da Operação Fronteira, apresentada nesse trabalho, que atingiu a região conhecida por Ponta do Abunã, que compreende os municípios de Porto Acre/AC, Boca do Acre/AM, Lábrea/AM e parte de Porto Velho/RO. Essa região faz parte da faixa da Amazônia Legal conhecida por “Arco do Desmatamento”, onde a expansão da fronteira agrícola e da atividade econômica em geral tem ocasionado grandes desmatamentos e queimadas nos últimos anos.

Este trabalho visa mostrar a experiência do IBAMA/AC no uso de imagens CCD/CBERS como ferramenta ao monitoramento e fiscalização do desmatamento na Amazônia.

## 2. Materiais e Método

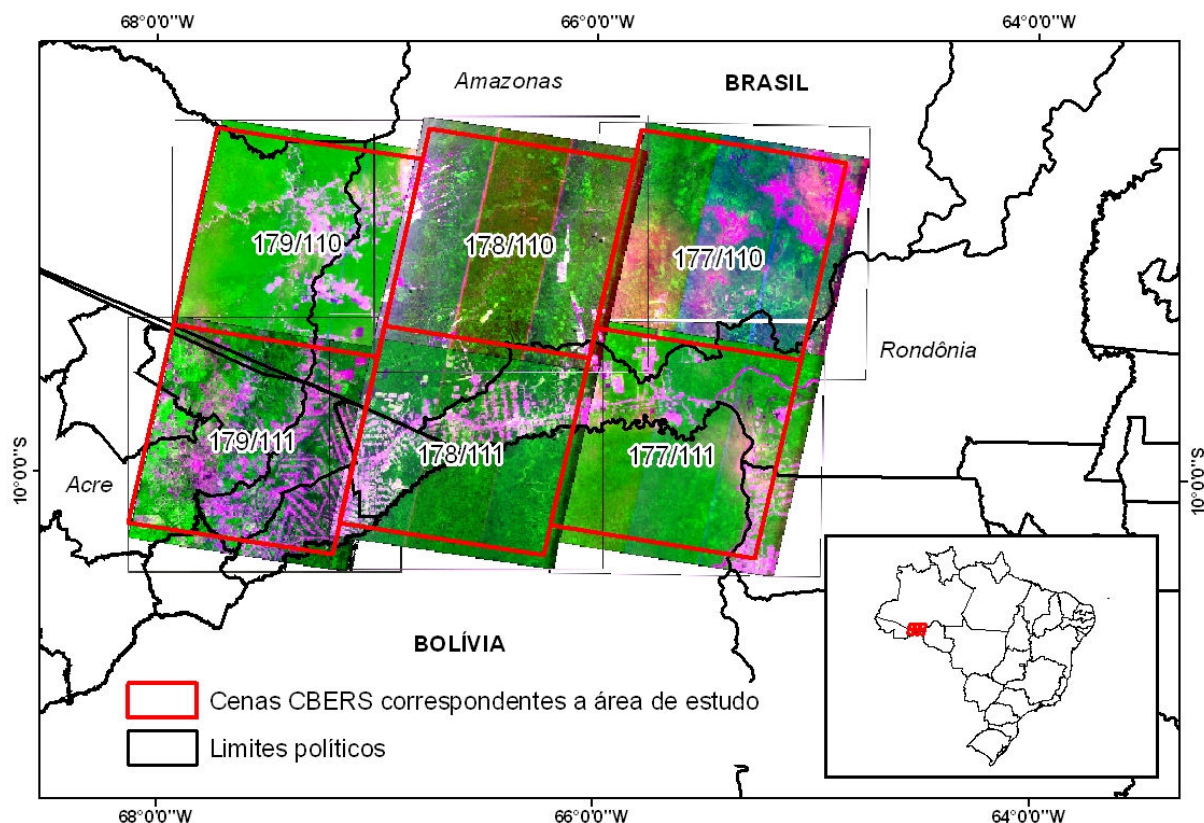
A área do estudo estende-se pelos Município de Boca do Acre e sul do Município de Lábrea, ambos no Estado do Amazonas, extremo oeste do Município de Porto Velho em Rondônia e Leste do Estado do Acre no município de Porto Acre (**Figura 1**). Estas áreas correspondem em parte às novas localidades no raio de atuação da Base Operativa de Rio Branco, administrada pelo IBAMA/Acre.

Nessas áreas foi iniciado em agosto de 2006 um esforço concentrado de fiscalização ambiental que foi chamado de Operação Fronteira, dividida em 2 etapas: *Etapa de Boca do Acre*, realizada em Boca do Acre-AM e sudoeste de Lábrea-AM e *Etapa de Extrema* ou Ponta do Abunã como é conhecida a região sul de Lábrea-AM e oeste de Porto Velho-RO. Além das etapas citadas a Operação Fronteira atuou também no Parque Nacional da Serra do Divisor-AC combatendo a invasão do território e a extração ilegal de madeira na área do Parque que faz fronteira com o Peru.

Todas as imagens utilizadas são do Satélite CBERS-2 e fornecidas gratuitamente pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE através da internet (<http://www.obt.inpe.br/catalogo>) Epiphany (2005). Após serem descompactadas as bandas 2, 3 e 4 foram transformadas em composições coloridas (R2 G4 B3) com o auxílio da ferramenta de realce do software Envi 4.0 com equalização automática do histograma no limiar de 2% .

Com o software ArcGis 9.0 todas as cenas utilizadas (**Tabela 1**) tiveram a referência espacial original apagada no módulo ArcCatalog, depois foram registradas manualmente utilizando a ferramenta de georeferenciamento do ArcMap. A base utilizada para o georeferenciamento das imagens foi o mosaico ortorretificado Landsat/TM (<https://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid>) no sistema de coordenadas UTM, Datum WGS 84.

A rotina utilizada com o mosaico NASA-Zulu foi a descrita em Mello et al.(2005).



**Figura 1** – Localização da área de estudo que inclui às novas áreas de atuação do IBAMA/Acre, Base Operativa Rio Branco a partir de 2006.

**Tabela 1** – Relação de cenas CBERS utilizadas.

Órbita-ponto	177-110	177-111	178-110	178-111	179-110	179-111
Data da passagem	10jul2004	14jun2004	02ago2004	02ago2004	29jul2005	29jul05
	04ago2005	04ago2005	28ago2004	01ago2005	02jul2006	02jul2006
	08jul2006	03ago2006	22set2005	27ago2005	23ago2006	23ago2006
			05jul2006	05jul2006		
			21set2006	31jul2006		
				21set2006		

Para a identificação dos polígonos de desmatamento ao longo das 6 cenas foi criada uma grade que divide a área de estudo em quadrantes menores que permitiram a evolução sistemática do trabalho.

As imagens de 2004 foram o ponto de partida para a identificação dos desmatamentos na Ponta do Abunã gerando assim polígonos de dois períodos distintos 2004-2005 e 2005-2006. Para região de Boca do Acre o ponto de partida foram imagens de 2005 gerando polígonos de desmatamento somente do período de 2005-2006.

Os polígonos foram identificados por interpretação visual durante alternância entre as imagens de anos diferentes ou de períodos diferentes dentro de um mesmo ano. Após identificado o polígono era editado visualmente em escala adequada (~ 1:30.000) utilizando-se a ferramenta de edição do ArcMap.

Cada polígono recebeu um ponto ou centróide identificado por uma seqüência alfanumérica (ID) gerado aproximadamente no centro da área desmatada. Estes pontos foram exportados para arquivos no formato shapefile e transmitidos aos aparelhos de GPS através do software GPS TrackMaker® Pro 3.8.

Os centróides foram utilizados para nortear as equipes de campo na busca pela constatação e registro fotográfico dos desmatamentos e para que fossem encontrados os responsáveis pelos mesmos. O trabalho de campo foi composto por equipes terrestres, a bordo de veículos 4x4, e uma equipe aérea que contava com auxílio de um helicóptero para o deslocamento aos pontos mais remotos ou com problemas de acesso.

Para cada equipe foram fornecidos mapas da área de ação contendo as principais vias de acesso, os centróides, os polígonos e o tamanho da área desmatada em hectares, também possuíam máquina fotográfica e aparelho de GPS.

Após as autuações foram produzidos mapas para acompanhar cada auto de infração onde são sintetizadas todas as informações sobre o desmatamento como: área em hectares, localização, coordenadas de referencia, seqüência cronológica de imagens, fotografia do desmatamento e informações básicas sobre a infração ambiental (**Figura 2**).

### 3. Resultados e Discussão

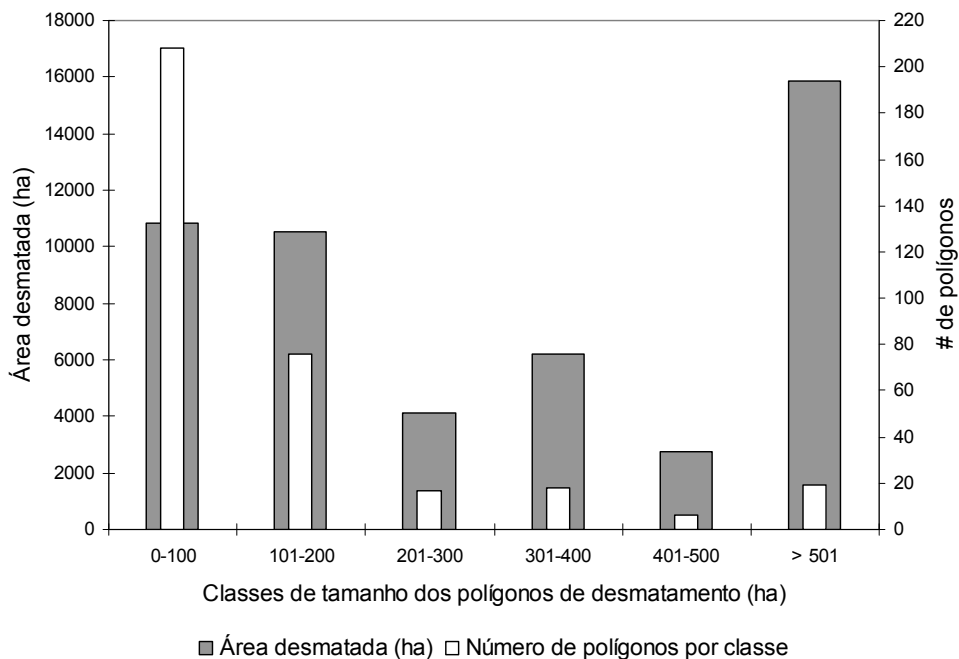
Foram identificados 349 polígonos de desmatamentos nas seis cenas que representam a área de estudo (**Figura 1**) sendo que nas cenas 179/110 e 179/111 (Etapa Boca do Acre) apenas um período foi considerado (2005-2006) chegando a um total de 15.945 ha de área desmatada. Nas demais cenas (Etapa Extrema) foram considerados dois períodos, 2004-2005 e 2005-2006 com um total de 18.418 ha no período 2004-2005 e 15.923 ha no período de 2005-2006.

Com a finalidade de otimizar o trabalho de campo e priorizar a fiscalização das maiores áreas desmatadas foram aplicados filtros diferentes nos dados das duas etapas, na etapa de Boca do Acre todas as áreas maiores que 20 ha foram incluídas na operação e na Etapa Extrema todas as áreas maiores que 50 ha. No entanto polígonos menores também fizeram parte de autuações quando era verificado que estes eram de um proprietário responsável por outro desmatamento maior.

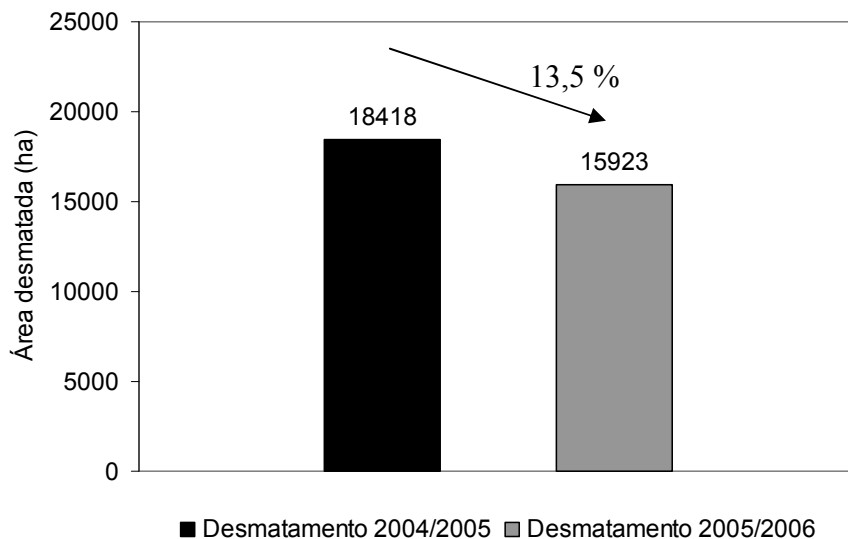
Os dados selecionados e usados na operação de fiscalização, nas duas etapas, que incluem todos os períodos estudados totalizaram 50.782 ha de áreas desmatadas. Analisando em conjunto esses dados encontramos que 17 % do total ou 60 polígonos são de desmatamentos com mais de 200 ha e que representam 57 % do total da área desmatada, deixando evidente que o avanço do desmatamento na região é devido principalmente ao uso extensivo do solo (**Figura 3**).

Na Etapa de Boca do Acre (2004-2005) foram 120 polígonos chegando a um total de 15.945 ha de área desmatada. Na Etapa de Extrema foram 224 polígonos e o total de 34.341 ha para os dois períodos, no período 2004-2005 foram 120 polígonos e 18.418 ha e no período 2005-2006 foram 104 polígonos e 15.923 ha de área desmatada (**Figura 4**). Como na Etapa de Extrema foram estudados 2 períodos foi possível analisar a tendência do desmatamento na região que caiu 13,5 % no período 2005-2006 quando comparado com o período de 2004-2005 (**Figura 4**).





**Figura 3** – Classificação das áreas desmatadas quanto ao número de polígonos e tamanho das áreas desmatadas. Síntese dos dados da Operação Fronteira 2006, somadas as Etapas de Extrema e de Boca do Acre.



**Figura 4** – Comparação do incremento total do desmatamento entre os períodos de 2004-2005 e 2005-2006 na Etapa Extrema (4 cenas CBERS: órbitas 177 a 178, pontos 110 a 111).

O trabalho de geoprocessamento realizado com as imagens CCD/CBERS descritas neste estudo continuaram durante a operação de fiscalização logo que novas imagens eram disponibilizadas no catálogo de imagens do INPE. Isso permitiu uma atualização constante dos dados e possibilitou uma maior agilidade na identificação de desmatamentos que ainda estavam acontecendo mesmo com a presença do IBAMA na região.

O resultado final da operação ainda não foi alcançado, pois algumas áreas ainda estão sob investigação dos possíveis responsáveis. Casos de desmatamentos extensos, com difícil

acesso e sem nenhuma residência ou responsável presente no local do desmate foram frequentes, nas duas regiões de atuação, o que interferiu nas estatísticas da operação até o momento apresentadas a seguir (**Tabela 2**).

#### **4. Conclusão**

A metodologia empregada ampliou a capacidade e a qualidade dos trabalhos de fiscalização do IBAMA Acre, bem como tornou mais robusto o conjunto probatório da infração ambiental anexado aos processos administrativos.

A gratuidade e a forma de distribuição das imagens CBERS fornecidas pelo INPE permitiu a identificação de desmatamentos que avançavam durante a realização da operação.

Esperamos que o maior resultado da operação ainda aconteça com a redução das taxas de desmatamento nas áreas de atuação onde houve a concentração das atividades do IBAMA/AC em 2006.

#### **5. Agradecimentos**

Agradecemos a todos os colegas do IBAMA dos Estados do Acre, Rondônia e Amazonas e aos agentes da Polícia Federal que participaram dos trabalhos de campo.

Também agradecemos ao INPE pela iniciativa de disponibilizar imagens de graça via internet possibilitando o avanço do uso desta tecnologia a um maior número de pessoas e instituições.

#### **6. Referencias Bibliográficas**

Epiphânio, J.C.N. CBERS – Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 16 a 21 de abril, 2005, Goiânia. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005. Artigos, p. 915-922. CD-ROM, On-line. ISBN 85-17-00018-8. Disponível em: <<http://marte.dpi.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.21.19.28/doc/915.pdf>>. Acesso em 10 de novembro de 2006

INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). Projeto PRODES Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite, 2005. Disponível em: <[http://www.obt.inpe.br/prodes/rates2002\\_2005.htm](http://www.obt.inpe.br/prodes/rates2002_2005.htm)>. Acesso em novembro de 2006.

Mello, E. M. K.; Moreira, J. C.; Florenzano, T. G.; Souza, Í. M. O uso de imagens CBERS no monitoramento do desflorestamento da Amazônia Brasileira. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 16 a 21 de abril, 2005, Goiânia. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005. Artigos, p. 1313-1320. CD-ROM, On-line. ISBN 85-17-00018-8. Disponível em: <<http://marte.dpi.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.12.16.06/doc/1313.pdf>>. Acesso em 10 de novembro de 2006

NASA. Earth Science Applications Directorate-MrSid Image Server. Disponível em <<http://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid>>. Acesso em janeiro de 2006.

**Tabela 2** – Resumo da OPERAÇÃO FRONTEIRA 2006 - IBAMA/AC atualizado até o dia 15 de novembro de 2006.

<b>ETAPA BOCA DO ACRE</b>	<b>#</b>	<b>%</b>	<b>área (ha)</b>	<b>%</b>	<b>Valores do autos</b>	<b>R\$</b>
Polígonos autuados	77	63	10.363	65	Referente ao desmatamento	R\$ 15.563.500,00
Polígonos pendentes (notificados mas não autuados)	30	25	3.518	22	Referente a apreensão de madeira	R\$ 5.600,00
Polígonos de floresta com copa afetada por incêndio florestal (confundidos com desmatamento)	13	11	1.106	7	Referente a áreas queimadas	R\$ 3.338.500,00
Polígonos regularizados (com licença)	1	1	497	3,12	Multas por poluição	R\$ 50.000,00
Polígono de campo natural (confundido com desmatamento)	1	1	461	3	<b>Total</b>	<b>R\$ 18.957.600,00</b>
<b>Total de polígonos alcançados pelas equipes</b>	<b>122</b>	<b>100</b>	<b>15.945</b>	<b>100</b>		
<b>Total de Polígonos identificados por geoprocessamento</b>	<b>122</b>	<b>100</b>	<b>15.945</b>	<b>100</b>		

<b>ETAPA EXTREMA</b>	<b>#</b>	<b>%</b>	<b>área (ha)</b>	<b>%</b>	<b>Valores do autos</b>	<b>Valores</b>
Polígonos autuados	100	44	10.514	30	Referente ao desmatamento	R\$ 15.770.850,00
Polígonos pendentes (notificados não autuados)	37	16	9.385	27	Referente a apreensão de madeira	R\$ 221.960,00
Polígonos visitados (com inf. superficial sobre responsável)	39	17	9.205	26	Referente a áreas queimadas	R\$ 1.458.000,00
Polígonos visitados (sem inf. sobre responsável)	26	11	2.357	7	<b>Total</b>	<b>R\$ 17.450.810,00</b>
Polígonos pendentes (não visitados)	3	1	298	1		
Polígonos cancelados (muito distantes)	4	2	439	1		
Polígonos licenciados ou já autuados	12	5	1.963	6		
Novas áreas identificadas em imagens recentes (set-out2006)	6	3	676	2		
<b>Total de polígonos alcançados pelas equipes</b>	<b>218</b>	<b>98</b>	<b>33.863</b>	<b>97</b>		
<b>Total de Polígonos identificados por geoprocessamento</b>	<b>227</b>	<b>100</b>	<b>34.837</b>	<b>100</b>		

<b>RESUMO GERAL (BOCA DO ACRE + EXTREMA)</b>	<b>#</b>	<b>%</b>	<b>área (ha)</b>	<b>%</b>	<b>Valores do autos</b>	<b>R\$</b>
Polígonos autuados	177	51	20.877	41	Referente ao desmatamento	R\$ 31.334.350,00
Polígonos pendentes (notificados não autuados)	67	19	12.903	25	Referente a apreensão de madeira	R\$ 227.560,00
Polígonos visitados (com inf. superficial sobre responsável)	39	11	9.205	18	Referente a áreas queimadas	R\$ 4.796.500,00
Polígonos visitados (sem inf. sobre responsável)	26	7	2.357	5	Multas por poluição	R\$ 50.000,00
Polígonos pendentes (não visitados)	3	1	298	1	<b>Total</b>	<b>R\$ 36.408.410,00</b>
Polígonos de floresta com copa afetada por incêndio florestal (confundidos com desmatamento)	13	4	1.106	2		
Polígonos cancelados (muito distantes)	4	1	439	1		
Polígonos licenciados ou já autuados	13	4	2.460	5		
<b>Total de polígonos alcançados pelas equipes</b>	<b>340</b>	<b>97</b>	<b>49.206</b>	<b>97</b>		
<b>Total de Polígonos identificados por geoprocessamento</b>	<b>349</b>	<b>100</b>	<b>50.782</b>	<b>100</b>		