

Monitoramento Ambiental para Identificação de Áreas Degradadas no Bioma Caatinga do Estado do Ceará - Brasil.

Victor Bizerra Quaresma ¹
Marcelo Geison dos Santos ¹
Rafael da Cunha Moraes ¹

¹ Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis– IBAMA/Ceará
Núcleo de Geoprocessamento – NUGEO/CE
Av. Visconde do Rio Branco, nº 3900, Joaquim Távora,
60055-172, Fortaleza – CE - Brasil
{victor.quaresma, marcelo.geison, rafael.moraes}@ibama.gov.br

Abstract. The Caatinga Biome is threaten by firewood fetching for ceramics, lime and coal industries, besides by aperture of new agriculture areas. The remote sensing monitoring system widely used by IBAMA (DETER) was built to monitor the Amazon Biome and does not have efficacy on the Caatinga Biome. Aiming somehow to outmatch this lack and especially to provide data to assit IBAMA's Ceará Control Division, Geoprocessing Center of IBAMA Ceará developed a remote sensing procedure to monitor deforestation and biomass burning at the Caatinga Biome. The monitoring data produce subsidized the deflagration of 05 environmental control operations in Ceará, that resulted in R\$ 1.139.067,00 penalties and the arrest of 825,49 hectares.

Palavras-chave: remote sensing, interpretation of satellite images, semiarid, desertification, deforestation, sensoriamento remoto, interpretação de imagens de satélite, semiárido, desertificação, combate ao desmatamento, desmatamento, incêndios florestais, fiscalização.

1. Introdução

A Caatinga no semiárido vem sendo, cada vez mais, pressionada pela busca de lenha para o abastecimento de cerâmicas, a fabricação de cal, a produção de carvão ou simplesmente a abertura de novas áreas para a agricultura. Conjuntamente com as adversidades climáticas e, por vezes, pedológicas, trata-se de um bioma com fragilidades ambientais importantes.

O semiárido é constituído de áreas vulneráveis e boa parte dele vem sofrendo com a degradação ambiental, que, segundo vários estudos, várias áreas estão caminhando para um processo de desertificação (MMA, 2005). De acordo com o INPE (2008), o nordeste brasileiro será uma das áreas do país que irão sofrer, com maior intensidade, os efeitos das mudanças climáticas.

Vale ressaltar que a Caatinga ocupa uma área de 734.478km², e é o único bioma exclusivamente brasileiro. Isso significa que grande parte do patrimônio biológico dessa região não é encontrada em nenhum outro lugar do mundo além do Nordeste do Brasil. Essa posição única entre os biomas brasileiros não foi suficiente para garantir à Caatinga o destaque que merece; ao contrário, a Caatinga tem sido sempre colocada em segundo plano quando se discutem políticas para o estudo e a conservação da biodiversidade do país. (MMA, 2003).

O Sistema de Detecção do Desmatamento em Tempo Real (DETER) consiste em uma importante ferramenta de apoio à fiscalização e controle do desmatamento da Amazônia (INPE, 2008b). Já há alguns anos, o Sistema DETER foi incorporado à rotina de trabalho do IBAMA, sendo utilizado amiúde no planejamento e execução das ações de fiscalização, servindo tanto para nortear as grandes operações de fiscalização, quanto para gerar demandas de fiscalização para as diversas unidades do IBAMA espalhadas pela Amazônia Legal.

Não obstante a relevância do Sistema DETER no combate ao desmatamento na Amazônia, sua abrangência está restrita ao bioma Amazônico, e sua metodologia não

adaptada para ser utilizada no bioma Caatinga. Procurando de alguma forma superar esta carência, e principalmente, gerar dados para balizar as ações de fiscalização da Divisão de Fiscalização da Superintendência do IBAMA no Ceará (IBAMA/DIFISC/CE), o Núcleo de Geoprocessamento do IBAMA/CE vem envidando esforços desde o ano de 2009, no sentido de desenvolver uma rotina de trabalho que permita o monitoramento da cobertura vegetal no Estado do Ceará, através da geração de indicadores de desmatamento na Caatinga, visando sua utilização em operações de fiscalização planejadas e executadas pela IBAMA/DIFISC/CE, conjuntamente com o NUGEO/CE.

A utilização de imagens de sensoriamento remoto se justifica por ser um recurso direcionado sistematicamente para áreas geográficas muito grandes, ao invés de observações apenas pontuais (JENSEN, 2009), portanto a busca por um monitoramento do bioma é necessária para a identificação das mudanças da paisagem para o combate à degradação da caatinga.

Diante de grandes desafios da preservação ambiental em área do semiárido nordestino, mais especificamente no estado do Ceará, este trabalho tem como objetivos: buscar metodologia de monitoramento ambiental adequada para o semiárido; monitorar áreas em processo de degradação no semiárido; subsidiar a fiscalização do IBAMA/CE e planejar operações terrestres e aéreas.

2. Metodologia de Trabalho

A proposta do Núcleo de Geoprocessamento do IBAMA/CE para o monitoramento da Caatinga no Estado do Ceará, iniciada no ano de 2009, é baseado na interpretação visual de imagens de satélite, procurando através da análise temporal destas imagens identificar possíveis áreas com modificação da paisagem (alvos indicativos) relacionadas a desmatamentos, queimadas ou incêndios florestais. Os alvos indicativos servem então como instrumento no planejamento das ações de fiscalização do IBAMA no Estado do Ceará, apontando para os municípios com as maiores concentrações alvos indicativos, norteados as operações de fiscalização com foco nestes temas.

Para o trabalho de monitoramento foram utilizadas inicialmente imagens do satélite Landsat 5 e desde o ano de 2012 foi incorporado na rotina a utilização das imagens do satélite indiano Resource Sat-1 IRS-P6. Por vezes, também são utilizadas imagens do satélite CBERS 2B (HRC) e imagens de radar ALOS (2008 – polarização HH e HV ortorretificadas) como apoio na interpretação das imagens. As imagens dos satélites Landsat 5, CBERS 2B e IRS-P6 foram obtidas através do site do INPE e as imagens de radar ALOS foram disponibilizadas pelo IBGE¹.

As imagens de satélite foram georreferenciadas com o auxílio de imagens Geocover (S-24-00_2000 e s-24-05_2000) e de imagens Landsat GLS2005 (imagens ortorretificadas do Landsat 5 e 7). O programa ArcGIS 9.1 foi utilizado como plataforma de trabalho na manipulação e interpretação das imagens de satélite.

O monitoramento vem sendo realizado preferencialmente nos meses de setembro a novembro, período de estiagem no nordeste brasileiro, onde a menor taxa de precipitação pluviométrica e a baixa cobertura de nuvens (INMET², 2012), favorece a obtenção de imagens com melhores condições para a sua interpretação. Neste período de estiagem também estão concentradas a ocorrência de queimadas e incêndios florestais (ver figura 2).

1 www.ibge.gov.br/servidor_arquivos_geo

2 <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/graficosClimaticos>

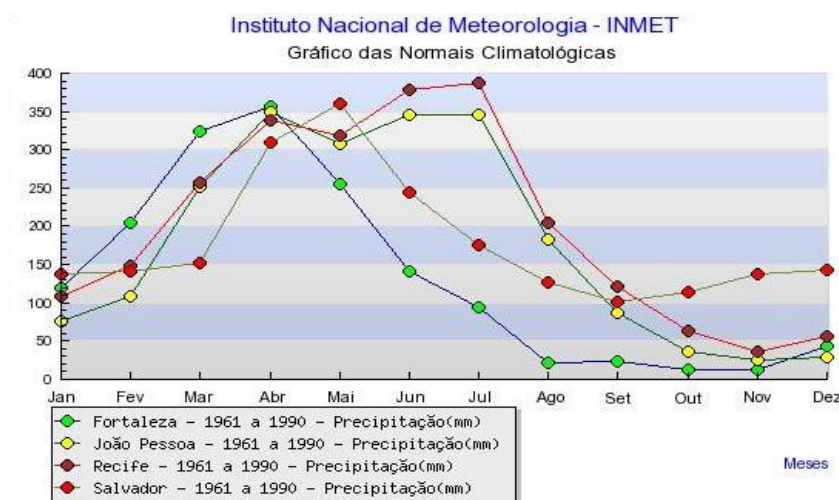


Figura 1: Gráfico das Normais Climatológicas do período de 1961 até 1990 - Fonte: INMET - 2012.

FOCOS DE CALOR

SATÉLITE AQUA UMD Tarde

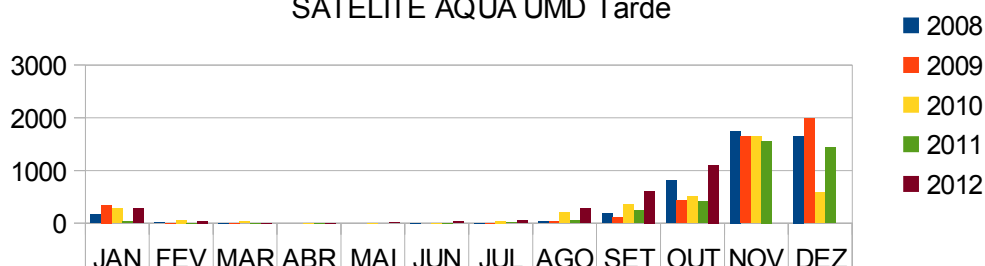


Figura 2: Focos de Calor através do satélite AQUA UMD Tarde (2008 a 2012). Fonte: INPE - 2012.

Foi considerado como ponto inicial para o monitoramento o cenário de áreas já desmatadas levantadas em 2002 pelo projeto PROBIO³ e complementados pelo monitoramento realizado pelo Centro de Sensoriamento Remoto - CSR do IBAMA⁴ de 2002 até 2008. Desta forma, os polígonos de áreas desmatadas apresentadas por estes dois projetos foram utilizados como máscaras de áreas com modificação da paisagem e não foram investigadas durante este monitoramento.

A rotina de trabalho proposta se inicia com a identificação de áreas com ocorrência de desmatamentos. Para tal são utilizadas imagens Landsat 5 com composição R3G5B2 (falsa-cor), onde o desmatamento é caracterizado por coloração claras, que vai do branco ao verde claro. Nas imagens IRS-P6 é utilizada a composição R3G4B2 (falsa-cor) onde as características da coloração se comportam como as das imagens Landsat 5.

Já para a identificação de cicatrizes de queimadas e incêndios florestais, são utilizadas as imagens Landsat 5 com composição R7G5B3 (figura 3), que possibilita um melhor contraste com a cobertura vegetal que não sofreu com a passagem do fogo. A banda 7 (2,08 a 2,35 μm)

3 <http://www.mma.gov.br/biodiversidade/projetos-sobre-a-biodiversidade/projeto-nacional-de-a-%C3%A7%C3%B5es-integradas-p%C3%BABlico-privadas-para-biodiversidade-probio-ii>

4 <http://siscom.ibama.gov.br/monitorabiomas>

infravermelho médio, apresenta-se potencialmente favorável à discriminação de alterações hidrotermal, portanto se demonstra mais adequada para delimitação das áreas degradadas pelo fogo. Com o fim da missão Landsat 5 atualmente utiliza-se as imagens do satélite indiano IRS-P6.

As imagens do satélite IRS-P6 é utilizada a composição R3G4B2, onde é possível identificar os limites das queimadas e incêndios florestais dentre outras feições de degradação.

A passagem de fogo utilizando as imagens Landsat 5 (R7G5B3) é caracterizada por uma coloração vermelho-alaranjado e textura lisa (Ilustração 1). As queimadas tendem a ter uma forma regular, visto que, geralmente, estas áreas são aceiradas antes de receber o fogo. Já no caso de incêndios florestais, onde o fogo atinge uma área de floresta e avança descontrolado pela mata, sua forma tende a ser irregular.

O levantamento das áreas queimadas ou atingidas por incêndios florestais é auxiliado com a incorporação dos dados produzidos pelo Monitoramento de Focos de Calor realizado pelo INPE⁵, em parceria com o Centro Nacional de Prevenção e Combate aos Incêndios Florestais (PREVFOGO) do IBAMA. Eles são fundamentais para o acompanhamento de incêndios florestais, assim como a data do possível início do incêndio e a localização aproximada do ponto de ignição do fogo.

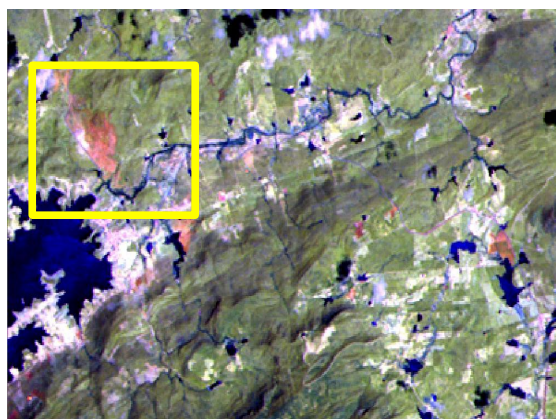


Figura 3: Imagem Landsat 5 bandas R7G5B3 de 11 de novembro de 2009 em destaque, área afetada por incêndio florestal.

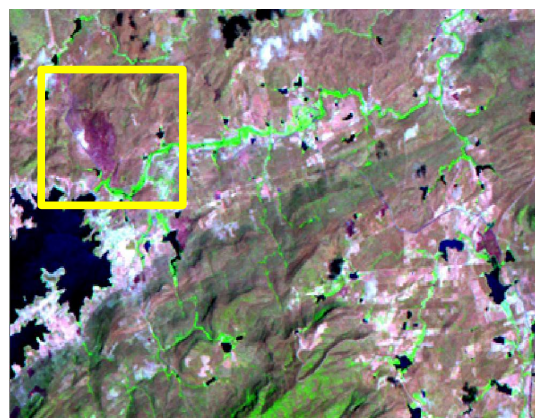


Figura 4: Imagem Landsat 5 bandas R5G4B3 de 11 de novembro de 2009 em destaque, área afetada por incêndio florestal.

Tanto para a ocorrência de desmatamentos quanto para queimadas ou incêndios florestais, o monitoramento tem por base a análise temporal de imagens de satélite, onde a comparação e interpretação visual de imagens com diferentes datas de passagem é utilizada para a identificação das áreas que apresentaram modificações na cobertura vegetal, que indiquem, juntamente com a presença de solo exposto, um possível desmatamento/degradação. Principalmente no caso de queimadas e incêndios florestais, a análise temporal é feita com diversas imagens que tenham um menor intervalo de tempo possível, visando analisar a evolução da queimada/incêndio e, se possível, determinar a região por onde o evento se iniciou.

As feições identificadas nas imagens caracterizadas como modificações da paisagem relacionadas a desmatamento ou queimada, aqui denominadas como alvos indicativos, são vetorizadas dentro do ambiente ArcGIS 9.1. Para cada um dos alvo indicativos gerados são incorporados diversos atributos não espaciais que caracterizem a feição em questão e possibilitem sua posterior recuperação. A tabela de atributos foi formatada para receber as informações geradas em campo pela equipe de fiscalização que atendeu a demanda, tais

5 <http://www.dpi.inpe.br/proarco/bdqueimadas/>

como: número do auto lavrado, número do embargo, proprietário, tipo de feição encontrada, área embargada e observações adquiridas em campo. Desta forma, é possível acompanhar o nível de atendimento das demandas de fiscalização geradas pelo monitoramento e mensurar os resultados atingidos.

Os alvos indicativos gerados pelo monitoramento transformam-se em demandas de fiscalização que são agrupadas e inseridas em operações de fiscalização contempladas no Plano Nacional de Atividades de Proteção Ambiental (PNAPA)⁶ do IBAMA, e posteriormente repassadas às equipes de campo para a fiscalização. Nesta etapa de planejamento das operações de fiscalização, são considerados também os dados das Áreas Prioritárias para Conservação, Uso Sustentável e Repartição de Benefícios da Biodiversidade Brasileira (MMA, 2007).

As equipes de fiscalização recebem os alvos indicativos na forma de dois produtos: uma carta imagem da análise temporal do evento a ser fiscalizado contendo alguns pontos de referência, visando facilitar a confirmação do alvo e a localização da equipe dentro da área. O segundo produto repassado é um receptor GPS de navegação contendo os mesmos pontos de referência apresentados no mapa, acompanhado do polígono da área a ser fiscalizada. Por vezes, dependendo da localização do alvo a ser fiscalizado, também são elaborados mapas temáticos indicando a rota a ser seguida para atingir a área de interesse.

No momento da fiscalização *in loco*, as informações levantadas previamente através do sensoriamento remoto são confirmadas em campo. A caracterização da modificação da paisagem é documentada e, não obstante a área já tenha sido calculada durante a análise das imagens de satélite, sua área é novamente levantada agora com o auxílio de um GPS de navegação percorrendo todo seu perímetro, visando o refinamento deste dado.

Os dados levantados em campo retornam para o Núcleo de Geoprocessamento para a elaboração dos mapas finais que serão juntados ao processo aberto pelos autos lavrados. Estes dados também alimentam o banco de dados, determinando se o alvo indicativo foi confirmado como um desmatamento ou queimada e incorporando informações sobre as providências tomadas em relação à demanda.

O Núcleo de Geoprocessamento também é responsável por inserir as áreas embargadas no banco de dados do GEOSICAFI⁷, Referentes ao estado do Ceará. Este sistema é aberto a consulta pública e permite que sejam consultadas as áreas embargadas pelo IBAMA em todo o território brasileiro.

6 O PNAPA consiste no planejamento de operações de fiscalização do IBAMA para o ano, considerando os objetivos da política nacional de meio ambiente e observadas as diretrizes colocadas pelo Ministério do Meio Ambiente.

7 http://siscom.ibama.gov.br/geo_sicafi/

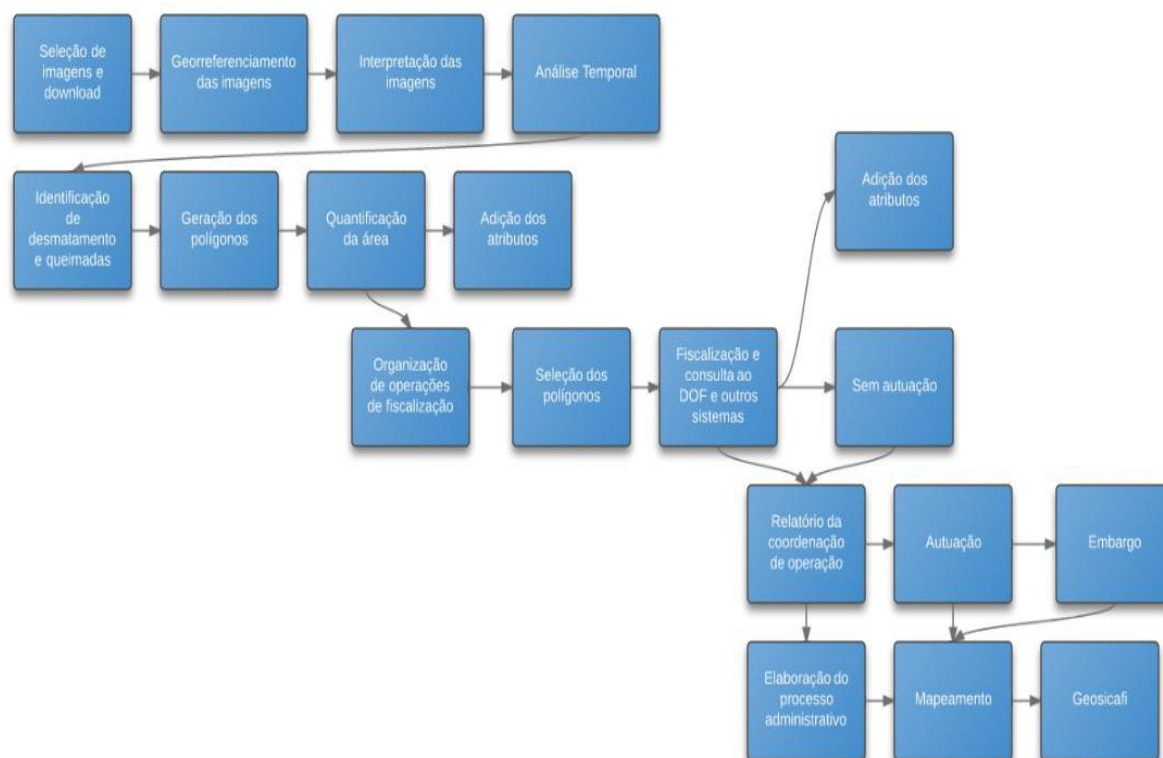


Figura 3: Fluxograma metodológico.

3 Resultados

Os dados levantados durante o monitoramento possibilitaram o planejamento e execução de 05 operações de fiscalização entre 2010 e 2012, nas quais foram lavrados um total de R\$ 1.139.067,00 em multas e acarretaram no embargo de 825,49 hectares. A Tabela I apresenta um resumo dos resultados das operações de fiscalização deflagradas a partir do monitoramento realizado pelo Núcleo de Geoprocessamento do IBAMA/CE.

OPERAÇÃO DE FISCALIZAÇÃO	2010		2011	2012		TOTAL
	CIRANDA	SÃO JOSÉ	MANDACARU	CERES	BORBOREMA	
ALVOS INDICATIVOS	60	74	137	58	61	390
ALVOS VISITADOS	26	30	11	11	4	82
MULTAS APLICADAS (R\$)	129.554,00	389.313,00	139.200,00	149.000,00	332.000,00	1.139.067,00
ÁREA EMBARGADA (ha)	89,27	454,52	80	34,39	167,31	825,49

Tabela I – Resumo dos resultados das operações de fiscalização deflagradas com os dados do monitoramento ambiental. Fonte: IBAMA (2012).

Os primeiros testes de aplicação da metodologia, realizados ainda no ano de 2009, possibilitaram o refinamento do trabalho de interpretação das imagens. Nesta etapa, alguns alvos indicativos levantados foram caracterizados em campo como áreas que já tinham sido degradadas e áreas de pastos. A incorporação de imagens de outros satélites CBERS 2B (HRC) e de imagens de radar ALOS na rotina de trabalho possibilitaram, assim como as imagens disponibilizadas no programa Google Earth, que serve para se fazer a comparação das

cobertura vegetal antes da degradação, fornecendo assim informações a respeito da existência ou não de cobertura vegetal.

Dos alvos indicativos gerados em 2010, mais de 40% destes foram visitados pelas equipes de fiscalização. O percentual de visita em 2011 e 2012 diminuiu consideravelmente em função da redução da força de trabalho da fiscalização do IBAMA/CE justamente no trimestre setembro/outubro/novembro de ambos os anos. A realização de forças tarefas nestes períodos visando a contenção do aumento do desmatamento na amazônia, acarretou no convocação de equipes de fiscalização de vários estados que foram redirecionados para as frentes de fiscalização nos municípios localizados no arco do desmatamento (Rondônia, norte do Mato Grosso, sul e oeste do Pará e oeste do Maranhão).

Não obstante praticamente a totalidade dos alvos indicativos serem confirmados em campo como desmatamento e/ou queimada, nem todas as área visitadas acarretam em autuação e embargo por parte do IBAMA. Parte destas áreas que sofreram intervenção estão amparadas por licença ou autorização ambiental em outras não é possível identificar o autor assim como os proprietários, em muito casos relacionados aos incêndios florestais boa parte dele ocorrem por conta de fogo provocado por caçadores e coletores de mel.

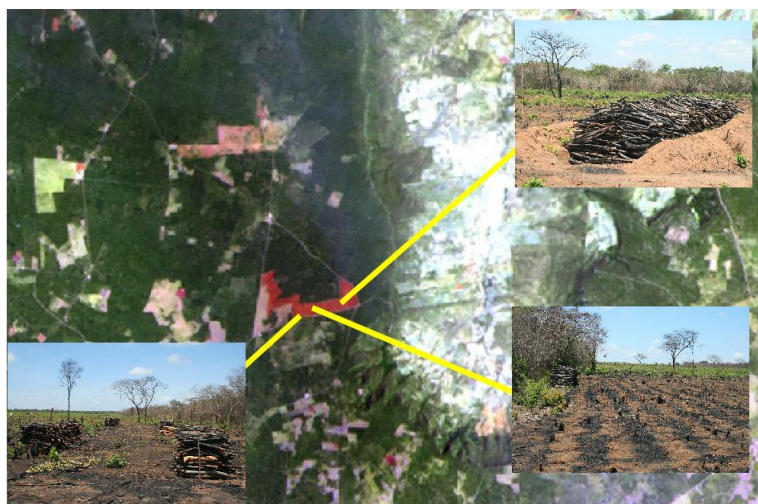


Ilustração 1: Imagens Landsat 5 TM órbita-ponto 217-65 bandas 753 de 27/09/2009 município de Santana do Cariri-CE.

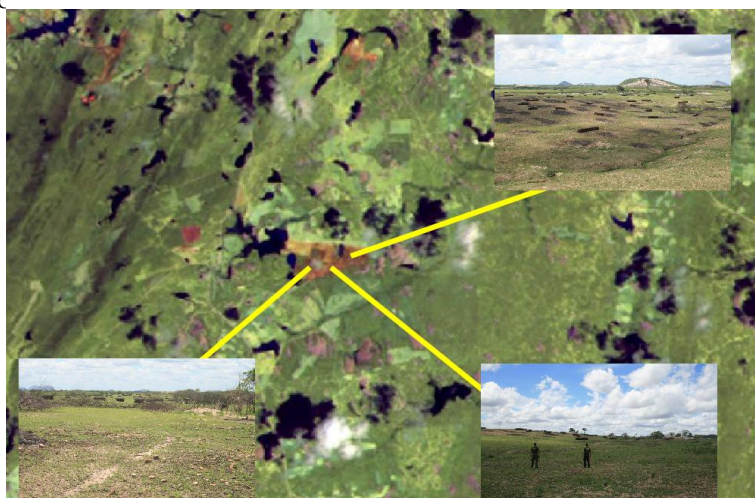


Ilustração 2: Imagem Landsat 5 TM órbita-ponto 217-64 bandas 345 de 11 de novembro de 2009, município de Quixadá-CE. Desmatamento e uso do fogo.

4 Considerações Finais

A utilização da metodologia de monitoramento da Caatinga no estado do Ceará proposta pelo Núcleo de Geoprocessamento mostrou-se bastante eficiente para auxiliar a rotina de trabalho da Divisão de Fiscalização da Superintendência do IBAMA no Ceará. A visita *in loco* aos alvos indicativos mostrou a confirmação de desmatamento e/ou queimada de praticamente em boa parte dos alvos levantados.

As imagens do satélite indiano Resource Sat-1 IRS-P6 se mostram eficientes para o atendimento da fiscalização das áreas degradadas, mesmo sendo um satélite de média resolução é possível identificar essas áreas.

O monitoramento das áreas que sofreram modificação da paisagem fornece importante subsídio para balizar a atuação da fiscalização do IBAMA/CE, direcionando a fiscalização para as regiões mais carentes da atuação dos órgãos de fiscalização ambiental. O monitoramento também tem a mune a fiscalização de valiosas ferramentas que dão maior eficiência, precisão e segurança ao seu trabalho.

Referências Bibliográficas

FUNCEME – Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. Monitoramento hidroambiental das chuvas. Disponível em: <<http://www.funceme.br>> Acesso em: 13 out. 2010.

IBGE. **Sistema IBGE de Recuperação de Dados Automático – SIDRA**, 2008. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br>. Acesso em 08 de novembro de 2010.

INPE. **Mudanças Climáticas Globais e o Impacto no Bioma Caatinga** INPE, 2008a. Disponível em: http://mudancasclimaticas.cptec.inpe.br/~rmclima/pdfs/apresentacoes/8_Apresentacao_MMA_Caatinga.pdf Acesso em 10 de novembro de 2010.

INPE. **Metodologia DETER**, 2008b. (versão 2.0 – 09/julho/2008). Disponível em: http://www.obt.inpe.br/deter/metodologia_v2.pdf. Acesso em 17 de outubro de 2012.

JENSEN, J.R. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. São José dos Campos: Parêntese, 2009. 604 p.

MMA, **Áreas Prioritárias para Conservação, Uso Sustentável e Repartição de Benefícios da Biodiversidade Brasileira: Atualização - Portaria MMA nº9, de 23 de janeiro de 2007**. / Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Biodiversidade e Florestas. – Brasília: MMA, 2007. (Série Biodiversidade, 31)

MMA, **Biodiversidade da Caatinga: Áreas e Ações Prioritárias para a Conservação**. Organizadores: José Maria Cardoso da Silva, Marcelo Tabarelli, Mônica Tavares da Fonseca, Livia Vanucci Lins – Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente: Universidade Federal de Pernambuco, 2003.

MMA, **Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação**. Organização: Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos, Coordenação Técnica de Combate à Desertificação, 2005.

MENESES, Paulo Roberto; ALMEIDA, Tati de, organizadores, et ali. **Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto**. Disponível em: <http://www.cnpq.br/documents/10157/56b578c4-0fd5-4b9f-b82a-e9693e4f69d8>, Acesso em 1 de novembro de 2012. CNPQ. Brasília 2012