

IDENTIFICAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DA ÁREA AFETADA PELO INCÊNDIO NA ESTAÇÃO ECOLÓGICA DO TAIM – RS EM MARÇO DE 2013 POR MEIO DE IMAGENS DE SENSORIAMENTO REMOTO

IDENTIFICATION AND MEASUREMENT OF THE AFFECTED AREA BY THE FIRE IN MARCH 2013 IN TAIM ECOLOGICAL STATION THROUGH REMOTE SENSING IMAGES

Luis Fernando Flenik Costa¹, María Silvia Pardi Lacruz¹, Manoel de Araújo Sousa Júnior², Elisine Alba², Pablo Santos Berthes da Silva²

¹ Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais - CRS, Campus da Universidade Federal de Santa Maria, 97105-970 – Santa Maria, RS, Brasil, flenikcosta@gmail.com, lacruz@dsr.inpe.br

² Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima nº 1000 Cidade Universitária, 97105-900, Santa Maria, RS, Brasil, manoel@ufsm.br, lisi_alba@hotmail.com, pablo_santos0715@hotmail.com

RESUMO

O objetivo deste trabalho é quantificar a área de cicatriz de incêndio e frente de fogo durante o incêndio de março de 2013 na Estação Ecológica do Taim (ESEC do Taim) até a sua recuperação superficial. Para essa análise foram utilizadas imagens do sensor *MODIS* de refletância diária (MOD09) com resolução de 250 metros para obter os polígonos de frente de fogo e cicatriz de incêndio e uma imagem do sensor *OLI/Landsat* para confecção de um mapa de uso da terra. Os polígonos de cicatriz e frente de incêndio foram obtidos mediante a vetorização dos mesmos nas imagens *MODIS*, o mapa de uso da terra foi obtido através da classificação da imagem Landsat 8. Os resultados obtidos mostram que a maior área de cicatriz de incêndio pode ser observada na data de 14/04/2013 e a maior área de frente de fogo foi observada na imagem de 30/03/2013. A classe de uso da terra com maior área atingida pelo incêndio foi a de banhado. Por último, mas não menos importante se observou através das imagens *MODIS* que superficialmente a área se recuperou em aproximadamente um mês tendo superado as expectativas das autoridades para esse desastre, que previam a recuperação da parte aérea em até um ano.

Palavras-chave: Estação Ecológica do Taim, incêndio, banhado, *MODIS*.

ABSTRACT

The objective of this work is to quantify the area of fire scar and fire front during the fire in March 2013 in the Taim Ecological Station until it's superficial recovery. In this analysis were used images from MODIS sensor of daily rate reflectance (MOD09) with resolution of 250 meters, to obtain the polygons of fire scar and fire front, and an OLI/LANDSAT image to obtain a land use/land cover map. The polygons of scar and fire front were obtained by the vectorization of the MODIS images and the land use/land cover map was obtained by the Landsat 8 image classification. The results show that the biggest area of fire scar can be observed on 04/14/2013 image and the biggest area of fire front can be observed on 03/30/2013 image. It could be noticed, that the most affected class in percentage was banhado. At last but not least important have been observed through MODIS images that superficially the area recovered in approximately one month, have overcome the expectation of the authorities to this disaster which foreseen the aerial recovery in about one year.

Keywords: Taim Ecological Station, fire, swamp, MODIS

INTRODUÇÃO

Os banhados são descritos como áreas inundadas ou saturadas pela água superficial ou proveniente do solo, com frequência e duração regular que sejam suficientes para que haja em circunstâncias normais a vegetação

típica adaptada à vida de solo saturado (KURTZ, 2000). Na mesma linha de pensamento GUASSELLI (2005) os define como componentes dinâmicos dos ecossistemas que suportam alta diversidade biológica, produtividade primária e secundária, sendo que os mesmos modulam o escoamento das águas, dos nutrientes e outros materiais através da paisagem, e provêm componentes de habitat de vida selvagem. A área de estudo localizada na estação ecológica do Taim (ESEC do Taim) ainda segundo GUASSELLI (2005) tem o seu sistema hidrológico caracterizado essencialmente por um *continuum* de áreas alagáveis, sendo composto por banhados e lagoas entre outros. A área da ESEC do Taim abriga uma riquíssima diversidade de fauna, com 220 espécies de aves, 21 de répteis, 8 de anfíbios, 51 de peixes e 28 mamíferos, além de crustáceos, moluscos e insetos (ROSA, 2008).

Segundo ROSA (2008) o maior incêndio ocorrido até 2007 em uma área de banhado na ESEC do Taim foi de 600 hectares, sendo que em anos anteriores foram registradas ocorrências, em média, de 100 hectares. Pelos registros da estação a autora observou que fevereiro foi o mês em que ocorreram mais registros de incêndio no Taim, e que a grande maioria dos incêndios no geral, ocorreu no período de verão.

No ano de 2008 segundo o site de notícias Zero Hora (2013) houve um incêndio no final de janeiro que consumiu cerca de 4.000 hectares da área da ESEC do Taim, sendo até então o maior ocorrido no local. Entretanto no final de março de 2013 houve uma ocorrência onde segundo o site de notícias G1 (2013) foram queimadas cerca de 5.600 hectares durante 10 dias de incêndio, que só acabou devido ao esforço dos bombeiros e das chuvas que chegaram no dia 04 de abril. Segundo o Instituto Chico Mendes de Biodiversidade (ICMBIO, 2013) a recuperação da área afetada pelo incêndio da ESEC do Taim em 2013 pudesse levar até um ano. O estudo da evolução do incêndio e quantificação da cicatriz e frente de fogo pode dar uma idéia da localização espacial das áreas que foram mais afetadas e a área consumida diária durante os dias de incêndio na ESEC do Taim.

Este trabalho tem como objetivo geral a quantificação da área de frente de fogo e cicatriz de incêndio para a estação ecológica do Taim, durante os dias de incêndio em março de 2013 até a sua posterior recuperação, utilizando imagens do sensor *MODIS*. Os objetivos específicos são: obtenção de um mapa de uso da terra da área em estudo tendo como base as classes usadas no trabalho de KURTZ (2000), e obtenção da área de cada classe afetada pelo incêndio.

METODOLOGIA

A ESEC do Taim é uma unidade de conservação federal com 33.815 hectares situada entre a lagoa Mirim e o Oceano Atlântico, criada através do decreto nº 92.963 de 21 de julho de 1986 (GIOVANNI, 2004).

A área do projeto está localizada entre as coordenadas geográficas 32° 35' 50.5" a 32° 49' 13.02" latitude Sul, e 52° 23' 46.81" a 52° 41' 13.61" longitude Oeste, entre os municípios de Santa Vitória do Palmar e Rio Grande.

Para o trabalho foram utilizadas as imagens do sensor *MODIS* (*Moderate Resolution Spectroradiometer*) dos satélites Terra e Aqua, mais especificamente as do produto *MOD09* de estimativa diária da reflectância da superfície, com resolução espacial de 250 metros para o período desde o início do incêndio em 26 de março de 2013 até o dia 26 de abril do mesmo ano. Se utilizaram as composições coloridas 7 (R), 2 (G) e 1 (B) por apresentarem boa discriminação da área de cicatriz de incêndio e frente de fogo. Estas imagens foram utilizadas para a delimitação da frente de fogo e da cicatriz de incêndio assim como para monitorar o processo de recuperação da área e se obtiveram do site <http://lance-modis.eosdis.nasa.gov/imagery/subsets/?project=fas>.

Adicionalmente se utilizou uma imagem do sensor *OLI* (*Operational Land Imager*) do satélite Landsat 8 de 30/08/2013 obtida do site <http://earthexplorer.usgs.gov/>, para confecção do mapa de uso da terra. A cena selecionada é da data mais próxima do incêndio que não apresentava cobertura de nuvens.

Após a aquisição das imagens foi criado um banco de dados no software SPRING (Sistema de Processamento de Imagens Georreferenciadas) versão 5.2.6 e posteriormente um projeto com as coordenadas

citadas anteriormente, usando o modelo da Terra LAT/LONG e o datum SIRGAS – 2000.

As cenas *MODIS* utilizadas não apresentavam nuvens na área de interesse, assim foram usadas as imagens da plataforma Terra de 31/03 e do Aqua de 26/03, 28/03, 30/03 e 31/03, correspondente à semana em que o incêndio estava ativo, para delimitar a frente de fogo e a cicatriz de incêndio. Para monitorar a recuperação superficial da área se utilizaram as imagens do satélite Terra nas datas 07/04, 14/04, 18/04 e 26/04; durante o período de 01/04 a 06/04 não houve cenas sem cobertura de nuvens.

Posterior à importação das imagens foram delimitados os polígonos de frente de fogo nas imagens correspondente à semana do incêndio, assim como os polígonos de cicatriz de incêndio em todas as cenas *MODIS*. Após a obtenção dos vetores foi quantificada a área de cada polígono e analisada a progressão do incêndio e a dinâmica de recuperação da área.

No processamento da imagem Landsat 8 foram utilizadas as bandas 2 a 7. O primeiro passo consistiu na atenuação dos efeitos atmosféricos com o intuito de melhorar a qualidade da imagem que sofre interferência atmosférica por causa da presença de nuvens entre outros fatores que modificam o valor de reflectância que chega ao sensor. Para realizar a atenuação atmosférica se utilizou o método de subtração do pixel escuro (CHAVES, 1988) tomando como referência para cada banda, valores de pixels em áreas de corpos d'água sem sedimentos e áreas de sombras de nuvens.

Uma vez realizada a atenuação atmosférica o próximo passo consistiu na a segmentação da imagem utilizando o algoritmo de crescimento de regiões e posteriormente se realizou a classificação supervisionada por regiões que utiliza a distância de Bhattacharya com um limiar de aceitação de 90%. As classes discriminadas neste estudo se basearam no mapa de uso da terra do trabalho de KURTZ (2000), estas são: banhados, dunas móveis, dunas com vegetação e lagoas. Adicionalmente, foram incluídas as classes campo, floresta plantada e solo exposto que não constavam no trabalho de KURTZ (2000) e a classe de água considerou além das lagoas, todos os corpos de água na imagem.

Por último se integraram os polígonos de frente de fogo e cicatriz de incêndio com o mapa de uso da terra, e se quantificou a área dos polígonos que pertenciam a cada classe.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise das imagens *MODIS*, plataforma Aqua para as datas de 26/03, 28/03, 30/03 e 31/03 demonstra que houve um aumento muito rápido da área do incêndio (Tabela 1). Observou-se que entre as imagens de 26/03 e 28/03 houve um aumento de mais de 550 hectares na frente de fogo, concomitantemente a área de cicatriz de incêndio também aumentou chegando a 2.348,60 hectares no mesmo período. No dia 30/03 pode-se observar a maior área de frente de fogo sendo ela igual a 969,457 hectares e no dia 31/03 a maior área de cicatriz de incêndio com 5.279,828 ha.

Tabela 1. Área dos polígonos de frente de fogo e cicatriz de incêndio para as imagens do satélite Aqua para as datas de 26, 28, 30 e 31 de março de 2013.

Table 1. Fire front and fire scar polygons area from Aqua satellite images dating March 26, 28, 30 and 31, 2013.

Data das imagens	Frente de Fogo (ha)	Cicatriz de Incêndio (ha)
26/03	111,941	-
28/03	671,330	2.348,260
30/03	969,457	4.706,462
31/03	738,071	5.279,828

Na seqüência de imagens da Figura 1, pode-se ver a forma agressiva do incêndio, onde o aumento do

tamanho da área afetada chega a mais de 5 mil hectares nos primeiros seis dias do incêndio. A identificação e o monitoramento de eventos dessa magnitude com um sensor de resolução espacial moderada, com uma alta resolução temporal, sendo primordial para este tipo de estudo, embora devido a resolução do pixel de 250 metros podem ocorrer imprecisões para alvos pequenos.

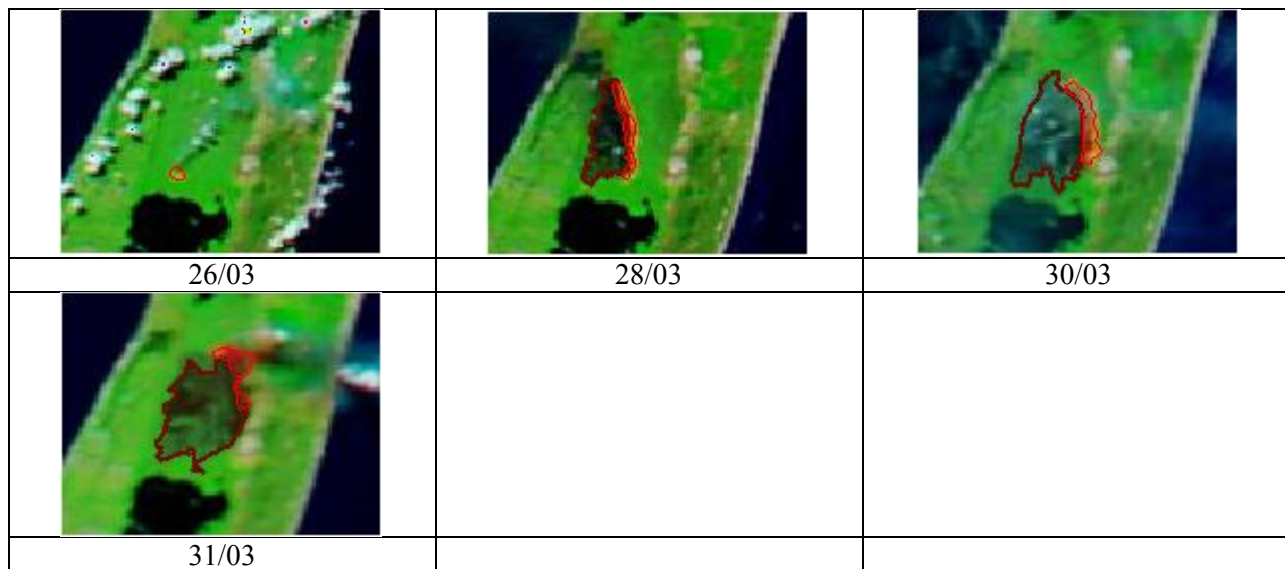


Figura 1. Imagens de 26, 28, 30 e 31 de março de 2013 referentes ao satélite Aqua e polígonos de frente de fogo (vermelho) e cicatriz de incêndio (marrom) para as respectivas imagens.

Figure 1. Images dating March 26, 28, 30 and 31 of 2013 from Aqua satellite so as the fire front (red) and fire scar (brown) to it's respective images.

A área de frente de fogo e cicatriz de incêndio para a imagem de 31 de março de 2013 do satélite Terra, pode se observar que a área é inferior a observada pelo satélite Aqua, isso ocorre devido à diferença de tempo entre a obtenção das imagens do satélite Terra que passa pela parte da manhã e do satélite Aqua que passa pela parte da tarde, sendo que a imagem apresenta uma cicatriz de incêndio com tamanho de 5.037,35 hectares e uma frente de fogo de 721,88 hectares (Figura 2).

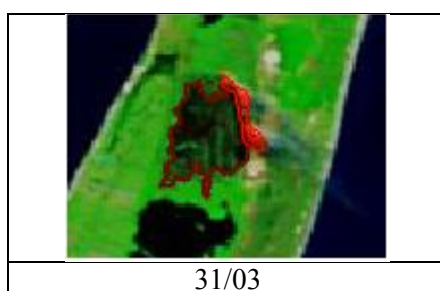


Figura 2. Imagem de 31 de março referente ao satélite Terra e polígonos de frente de fogo (vermelho) e cicatriz de incêndio (marrom) para a respectiva imagem.

Figure 2. Images dating March 31 of 2013 from satellite Terra so as the fire front (red) and fire scar (brown) to it's respective image.

A Tabela 2 evidencia a cicatriz posterior ao incêndio, pode-se observar que entre as imagens de 07/04 e 14/04 há um aumento na área, isso ocorreu por que área do polígono foi confundida com a área alagada dentro da estação, porém nas outras duas imagens se observa uma diminuição gradativa na área. As imagens onde foram obtidas as medidas da cicatriz de incêndio são mostradas na Figura 3.

Tabela 2. Área em hectares dos polígonos de cicatriz de incêndio para as imagens do satélite Terra para as datas de 07, 14, 18 e 26 de abril de 2013.

Table 2. Area in hectares from polygons of fire front and fire scar, of satellite Terra images dating April 07, 14, 18 and 26 of 2013.

Data	Cicatriz de Incêndio (ha)
07/04	5.182,847
14/04	5.382,711
18/04	5.094,815
26/04	4.991,701

Pode-se observar que na imagem de 26/04 (Figura 3) a cicatriz de incêndio já é difícil de ser discriminada devido à recuperação da vegetação. Pode-se verificar ainda nessas imagens que a nordeste da área de cicatriz encontra-se uma área escura, a qual pode ser confundida com a cicatriz de incêndio, porém a mesma é uma área de banhado que foi discriminada quando comparada a outras imagens MODIS e inclusive na imagem Landsat 8 utilizada.

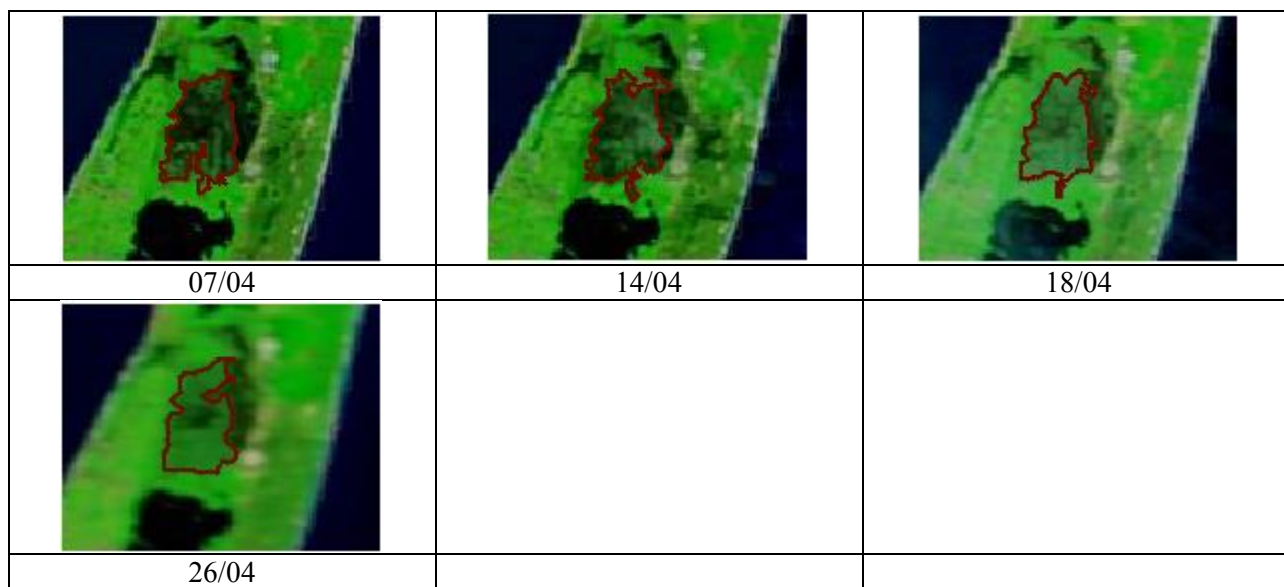


Figura 3. Imagens das datas de 07, 14, 18 e 26 de Abril de 2013 e os respectivos polígonos de cicatriz de incêndio (cor marrom) para as imagens MODIS do satélite Terra.

Figure 3. Images dating April 07, 14, 18 and 26 of 2013 from satellite Terra and the fire scar (brown) to it's respective image.

Com a classificação da imagem OLI/Landsat 8 foi possível obter o mapa de uso da terra (Figura 4). Pode-se observar no mapa que no centro à predominância da classe de banhado, a leste a classe de dunas com vegetação e a oeste a classe de campos.

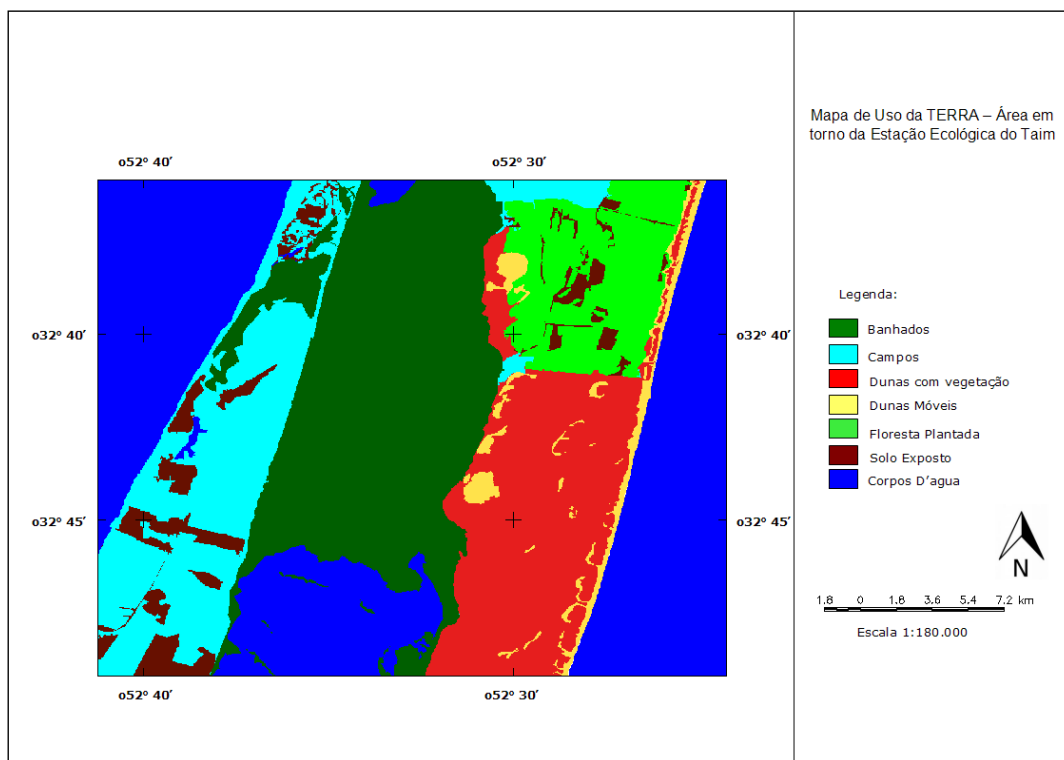


Figura 4. Mapa de uso da terra.
 Figure 4. Land use map.

O cruzamento entre o mapa de uso da terra e os polígonos de cicatriz de incêndio em todas as datas das imagens *MODIS* utilizadas indicaram a totalidade das cicatrizes dentro da classe banhado. Entretanto, a integração dos planos de informação de uso da terra e os polígonos de frente de fogo mostraram que as áreas se distribuíram em diferentes classes. Nos dias 26/03 e 28/04 nas imagens da plataforma Aqua, as áreas de frente de fogo se encontraram 100% dentro da área de banhado. Na imagem do dia 30/03 do Aqua a área de frente de fogo estava 99,997 % dentro da classe de banhado e 0,003% dentro da classe de dunas com vegetação. Na imagem do dia 31/03 da plataforma Terra a área de frente de fogo estava 90,087% dentro da classe de banhado, 4,389% na classe de dunas com vegetação e 5,524% dentro da classe de dunas móveis. Na imagem do dia 31/03 da plataforma Aqua a área de frente de fogo estava 98,792% dentro da classe de banhado e 1,208% dentro da classe de dunas com vegetação.

Nos dados comentados acima se pode observar que na imagem de 31/03 da plataforma Terra a classe de dunas móveis foi atingida pela frente de fogo, porém no mesmo dia à tarde na imagem da plataforma Aqua este comportamento não foi observado, isto é explicado quando se compara as imagens nos dois turnos, assim se observa que a frente de fogo muda de local, provavelmente por causa do vento, não atingindo então a classe citada.

Observou-se que a classe com maior porcentagem de área atingida foi a de banhado em todas as datas, isso acontece por que a vegetação de banhado é formada por gramíneas, ciperáceas e macrófitas aquáticas que em estações de clima seco acabam formando um combustível natural para o fogo.

CONCLUSÕES

A quantificação das áreas de cicatriz de incêndio e frente de fogo e a obtenção do mapa de uso da terra foi satisfatória. O incêndio começou na parte da tarde, pois se observada a imagem de 26/03/2013 que é o primeiro dia do incêndio, esta foi obtida através do satélite Aqua. Os resultados mostram que a data com

maior frente de fogo foi no dia 30/03/2013, em uma imagem Aqua sendo que a frente de fogo chegando ao final da semana tendeu a diminuir de tamanho. A maior área com cicatriz de incêndio foi posterior à semana do incêndio, mais especificamente na data de 14/04/2013, porém como observado anteriormente o tamanho dessa área pode ter sido induzida ao erro por ter sido confundida com área alagada próxima a cicatriz devido à resolução espacial da imagem. Na análise do cruzamento das classes de cicatriz de incêndio e frente de fogo, a maior área atingida foi a de banhado em ambas as classes. Também se pode observar que pelas datas das imagens do sensor *MODIS* a área demorou cerca de um mês para voltar ao seu estado de verdor. Por fim este trabalho pode ser usado pelas autoridades que gerenciam a estação ecológica do Taim, como uma referência para melhor entender o incêndio ocorrido em março de 2013.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq pelas bolsas pesquisa e desenvolvimento, processos 301000/2014 – 0 e 303818/2013-1.

REFERÊNCIAS

CHAVEZ, P.S. An improved dark-object subtraction technique for atmospheric scattering correction of multispectral data. *Remote Sensing of Environment*, v. 24, p. 459-479, 1988.

GIOVANNI, S.G.T. Estudo de Variabilidade Espacial da Vegetação no Banhado do Taim, RS. 267 Pág. Tese de Doutorado Submetida a programa de pós-graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre Março de 2004.

GUASSELLI, A.L. Dinâmica da Vegetação no Banhado do Taim, RS. 173 Pág. Tese de Doutorado Submetida a programa de pós-graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, julho de 2005.

KURTZ, F.C. Zoneamento Ambiental em Banhados. 110 Pág. Dissertação de Mestrado submetida ao programa de pós-graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, Abril de 2000.

ROSA, S.F. Descrição e análise das atividades desenvolvidas na estação ecológica do Taim. 52 pág. Relatório de Estágio Supervisionado como requisito parcial para a obtenção do grau de engenheiro (a) florestal na Universidade Federal de Santa Maria. 2008.

Site de Notícias Zero Hora, 2013. Disponível em: <http://zerohora.clicrbs.com.br/rs/geral/noticia/2013/04/incendio-no-taim-lembra-desastre-ocorrido-em-2008-na-mesma-area-4094347.html>. Acesso em: 25/04/2014.

Site de Notícias G1, 2013. Disponível em: <http://g1.globo.com/rs/rio-grande-do-sul/noticia/2013/04/incendio-recente-na-reserva-ecologica-do-taim-superou-desastre-de-2008.html>. Acesso em 24/04/2014.

Site ICMBIO, 2013. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/portal/comunicacao/noticias/20-geral/3888-apos-incendio-taim-ja-da-sinais-de-recuperacao.html> . Acesso em 23/04/2014.