

Estimativa da biomassa queimada no estado de Rondônia para os anos de 2000 a 2011

Francielle da Silva Cardozo¹

Gabriel Pereira²

Guilherme Augusto Verola Mataveli¹

Yosio Edemir Shimabukuro¹

Elisabete Caria Moraes¹

¹ Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Caixa Postal 515 - 12227-010 - São José dos Campos - SP, Brasil
{cardozo, mataveli, yosio, bete}@dsr.inpe.br

² Universidade Federal de São João del-Rei - UFSJ
Departamento de Geociências - DEGEO
Avenida Visconde do Rio Preto, s/n, Colônia do Bengo, São João del-Rei, MG – Brasil. CEP
36301-360
pereira@ufsj.edu.br

Abstract. Reliable burned area and biomass burning emissions inventories are important assimilation data in air quality numerical models. Consequently, the objective of this study is to estimate the amount of burned biomass derived from fire scars mapped and validated in MODIS images for Rondônia state between 2000-2011 years. The mapping was obtained by the use of Linear Spectral Mixture Model (LSMM), segmentation of shadow fraction and manual edition. The above ground biomass data was obtained in shapefile format of Saatchi et al., (2009). The data were resampled to the same spatial resolution of MODIS sensor and the analysis of biomass burned was obtained from the cross-tabulation in SPRING. The results indicates that burned areas occurs mainly in forest extraction areas, cattle areas and permanent diversified crops. In this context, in the 12 years studied, the fire caused the loss of 2,074 Tg of biomass that was consumed by fires. Thus, is very important improved data about the total burned area, as well as, inventories of biomass consumed by fire as input data in numerical models of air quality that will promote better estimation of weather systems and provide more reliable estimates of trace gases and aerosols that are released into the atmosphere.

Palavras-chave: biomass burning, greenhouse gases, inventories, biomassa queimada, gases do efeito estufa, inventários.

1. Introdução

As queimadas são práticas comuns em grande parte da superfície terrestre, o que gera prejuízos econômicos e sociais, além de serem responsáveis por mudanças no uso e cobertura da terra e consideradas como uma das fontes mais importantes de emissões de gases traços e aerossóis para a atmosfera (VERAVERBEKE et al., 2014).

Com os avanços nos estudos sobre as queimadas e com o advento de novos satélites e produtos possibilitou-se a obtenção de mais informações sobre as mesmas além da sua localização e distribuição espacial (WOOSTER et al., 2003). É reconhecido atualmente que a queima de biomassa florestal influencia na distribuição dos ecossistemas terrestres, no balanço de carbono e na composição da atmosfera (ECKMAN et al., 2010). Desta forma, os gases traços e aerossóis emitidos durante a queima de biomassa possuem um importante papel no balanço de energia e no clima, sendo, portanto, necessário gerar estimativas dessas emissões para melhor compreender seus impactos sobre o clima e a interação biosfera/atmosfera (MOUILLOT et al., 2014).

Devido à ação antrópica, observa-se nas últimas décadas o aumento da concentração dos gases traços na atmosfera, sendo a queima da biomassa uma das suas principais fontes de emissão, e têm-se proposto iniciativas visando diminuir essas emissões, como, por exemplo, o Protocolo de Kyoto e o Protocolo Etanol Verde no estado de São Paulo (KAISER et al., 2012;

FRANÇA, 2013). Sendo assim, a quantificação confiável das emissões é necessária a fim de compreender os ganhos ambientais gerados a partir da adoção dessas iniciativas.

No entanto, a validação dos inventários de emissão a partir de dados obtidos em campo é difícil de ser realizada, devido aos altos custos envolvidos nos trabalhos de campo e ao fato de que dados pontuais geralmente não são representativos das queimadas, já que esse fenômeno é muito dinâmico. Com isso, uma alternativa para validar os inventários de emissão é o uso de inventários de área queimada, uma vez que a biomassa queimada e suas emissões estimadas a partir do mapeamento da área queimada apresentam um custo relativamente baixo e proporcionam validar as estimativas obtidas em toda a área de estudo analisada.

Neste contexto, os inventários de área queimada e biomassa queimada são de fundamental importância na composição de uma série confiável para a assimilação em modelos numéricos de qualidade do ar, que poderão aprimorar a previsão do tempo e as estimativas de liberação de poluentes, pois os gases e aerossóis emitidos pelas queimadas alteram significativamente a incidência de radiação solar e, conseqüentemente, o balanço de radiação, o balanço hídrico, a microfísica das nuvens, a composição química da atmosfera, a troca e os fluxos de calor entre superfície e atmosfera, entre outros elementos meteorológicos.

Conseqüentemente, o objetivo deste trabalho consiste na avaliação da biomassa que foi queimada no estado de Rondônia nos anos de 2000 a 2011 a partir do inventário de áreas queimadas mapeadas e validadas em imagens do sensor MODIS.

2. Área de Estudo

A área de estudo abrange o Estado de Rondônia, localizado nas coordenadas geográficas $09^{\circ}45' 8''$ de latitude sul e $66^{\circ}50' 59''$ de longitude oeste, conforme Figura 1.

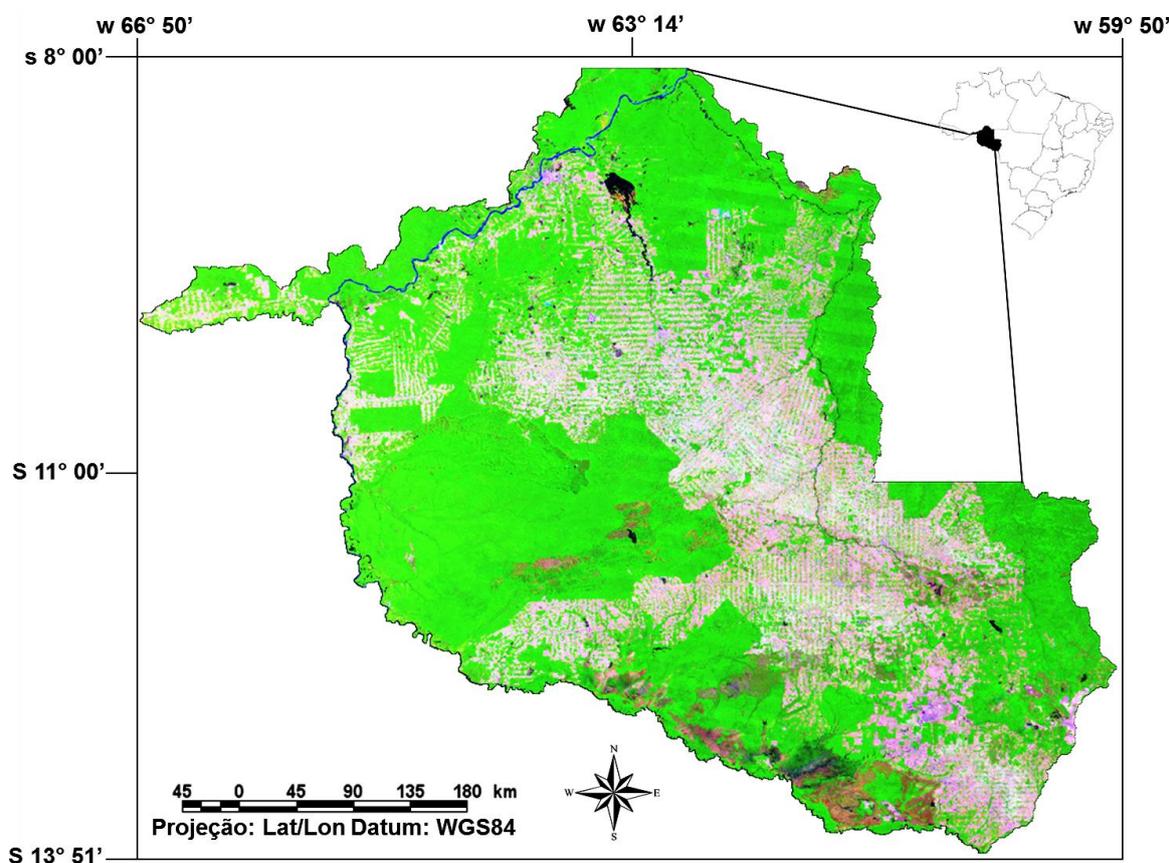


Figura 1. Localização da área de estudo. Estado de Rondônia, produto MOD09 do sensor MODIS, composição 1B2G6R, dia 08/09/2010.

A vegetação predominante na área de estudo, segundo dados do IBGE (2004), é a vegetação secundária e atividades agrárias da Região da Floresta Ombrófila Aberta, com 73.306 km², localizada na grande mancha desmatada na área central do Estado. Atualmente, segundo o mapa de uso da terra do IBGE (2012), essa área abrange locais com a presença de pecuária de grande porte, cultivos permanentes diversificados e extrativismo vegetal. A segunda classe de vegetação predominante é composta pela região da Floresta Ombrófila Aberta Submontana, com 64.841 km², que apresenta atualmente uma redução de 52,5% de sua área original, substituídas por áreas de conservação de uso sustentável (13.497 km²), por áreas de pecuária de grande porte e cultivos permanentes diversificados (7.998 km²) e por áreas de extrativismo vegetal (12.572 km²) e a terceira classe é composta pela Floresta Ombrófila Aberta das Terras Baixas, com 31.972 km², que apresenta uma redução de 52,6%, devido à substituição por áreas de conservação de uso sustentável (13.268 km²) e por áreas de extrativismo vegetal (3.568 km²) (CARDOZO et al., 2014).

3. Metodologia de Trabalho

O mapeamento das áreas queimadas no estado de Rondônia foi realizado a partir de imagens do sensor *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS), a bordo dos satélites Terra e Aqua. Os produtos utilizados foram o MOD09GA e MOD09GQ, que representam a reflectância espectral da superfície diariamente, possuindo 7 bandas e resolução espacial de 500 metros (MOD09GA) e 2 bandas e resolução espacial de 250 metros (MOD09GQ). A área de estudo compreende os tiles V09, V10, H11 e H12 e o período estudado compreendeu os meses de junho a novembro dos anos de 2000 a 2011, totalizando 835 imagens utilizadas.

Primeiramente foi realizado a conversão dos dados em *Hierarchical Data Format* (HDF) para geotiff, utilizando-se para isso o aplicativo *MODIS Reprojection Tool* (MRT), na qual foram realizados os mosaicos e o recorte da área de estudo, originando ao final imagens com 7 bandas e 250 metros de resolução espacial. Após as etapas de pré-processamento, foi utilizado o Modelo Linear de Mistura Espectral (MLME) para a identificação das cicatrizes de queimadas. A extração dos *endmembers* foi realizada no programa *Environment for Visualizing Images* (ENVI) e o MLME foi utilizado a partir de um *script* criado no *Interactive Data Language* (IDL), gerando as imagens fração sombra, que realça os alvos de baixa refletância representados pelas áreas queimadas.

Após a aplicação do MLME, todas as imagens fração sombra resultantes foram inseridas no Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas (SPRING). O próximo passo consistiu da segmentação onde foram atribuídos os limiares de similaridade 12 e área 20, onde foram atribuídos os polígonos das áreas queimadas às suas respectivas classes. A etapa final envolveu a edição manual do mapeamento com a finalidade de corrigir eventuais erros decorrentes da classificação.

Os dados da biomassa vegetal utilizados neste trabalho foram obtidos de <http://www-radar.jpl.nasa.gov/carbon/ab/fbc.htm>, que fornece um dado vetorial em formato *shapefile* contendo a distribuição espacial da biomassa florestal viva acima do solo na bacia Amazônica. O produto foi originado a partir de uma metodologia que combina um mapa de uso e cobertura da terra, métricas derivadas do sensoriamento remoto e mais de 500 pontos da biomassa florestal obtidos em campo. O mapa possui resolução espacial de 1 km e separa a biomassa em 11 classes com uma acurácia de 70%. Os dados em campo foram obtidos no período de 1990 a 2000 e o mapa representa a distribuição média da biomassa sobre a bacia Amazônica (SAATCHI et al., 2009). Os dados foram reamostrados para a mesma resolução espacial do sensor MODIS e a análise da biomassa queimada foi obtida a partir da tabulação cruzada no SPRING.

4. Resultados e Discussão

A Figura 2 mostra as áreas queimadas que ocorreram no estado de Rondônia nos anos de 2000 a 2011. Percebe-se que há uma grande variabilidade na ocorrência das queimadas no decorrer dos anos, concentradas principalmente na área central da região norte do estado, no meio leste e no sul do estado, sendo que o ano de 2005 apresentou as maiores ocorrências, compreendendo 7,7% de todo o estado, seguido de 2010 (6,13%) e 2004 (5,8%).

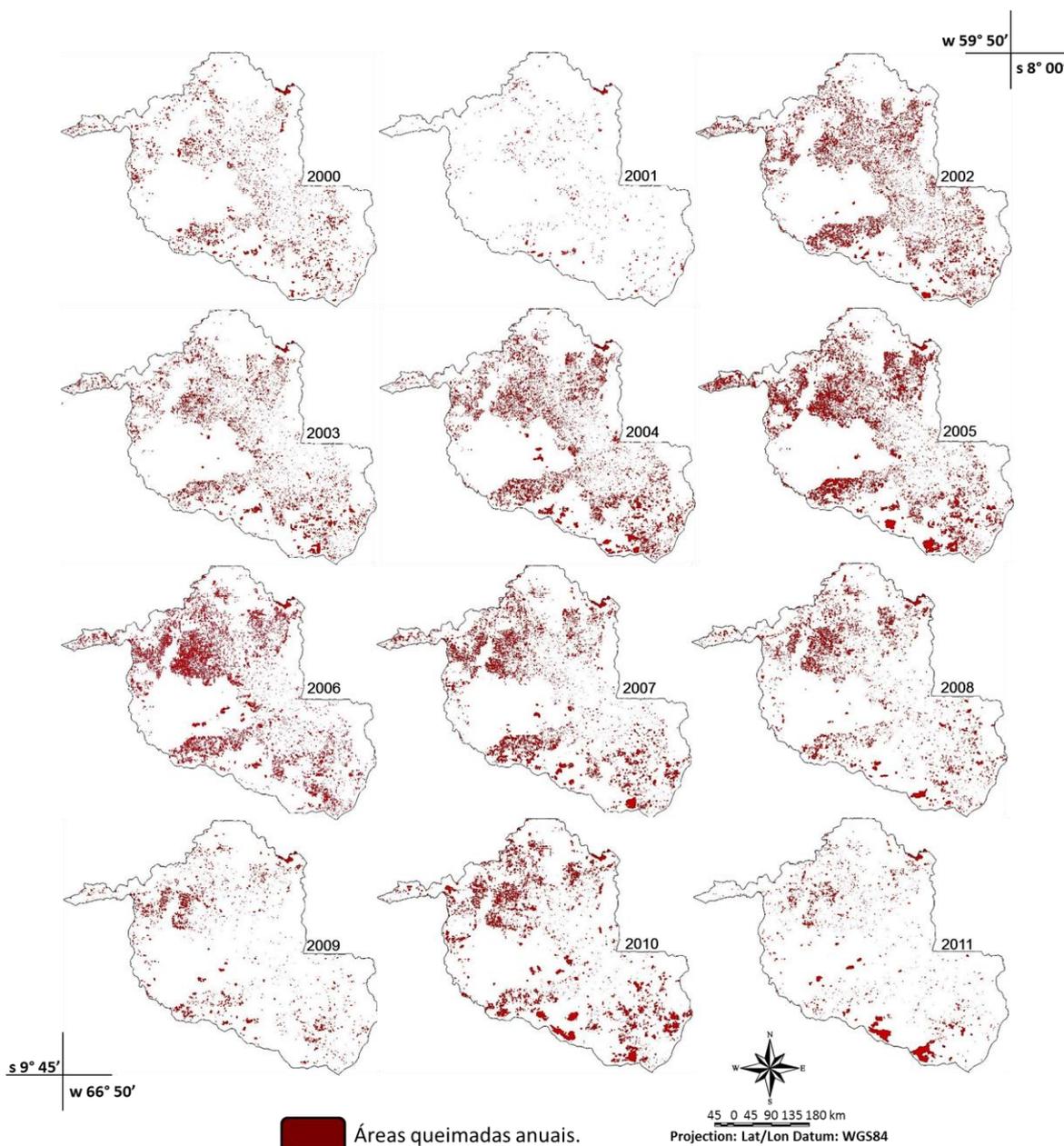


Figura 2. Áreas queimadas no estado de Rondônia de 2000 a 2011.

De uma forma geral as queimadas são utilizadas em maioria em áreas de extrativismo vegetal, seguida por áreas de pecuária de grande porte e cultivos permanentes diversificados e por áreas de pecuária de grande porte, totalizando 17,6% da área total do estado (CARDOZO et al., 2014). Assim, percebe-se que as queimadas na área de estudo ocorrem principalmente devido ao uso e cobertura da terra, com o intuito de abertura e manutenção de locais destinados às práticas agropecuárias. A Figura 3 mostra o mapa da distribuição da biomassa viva acima do solo para o estado de Rondônia, obtida de Saatchi et al., (2009).

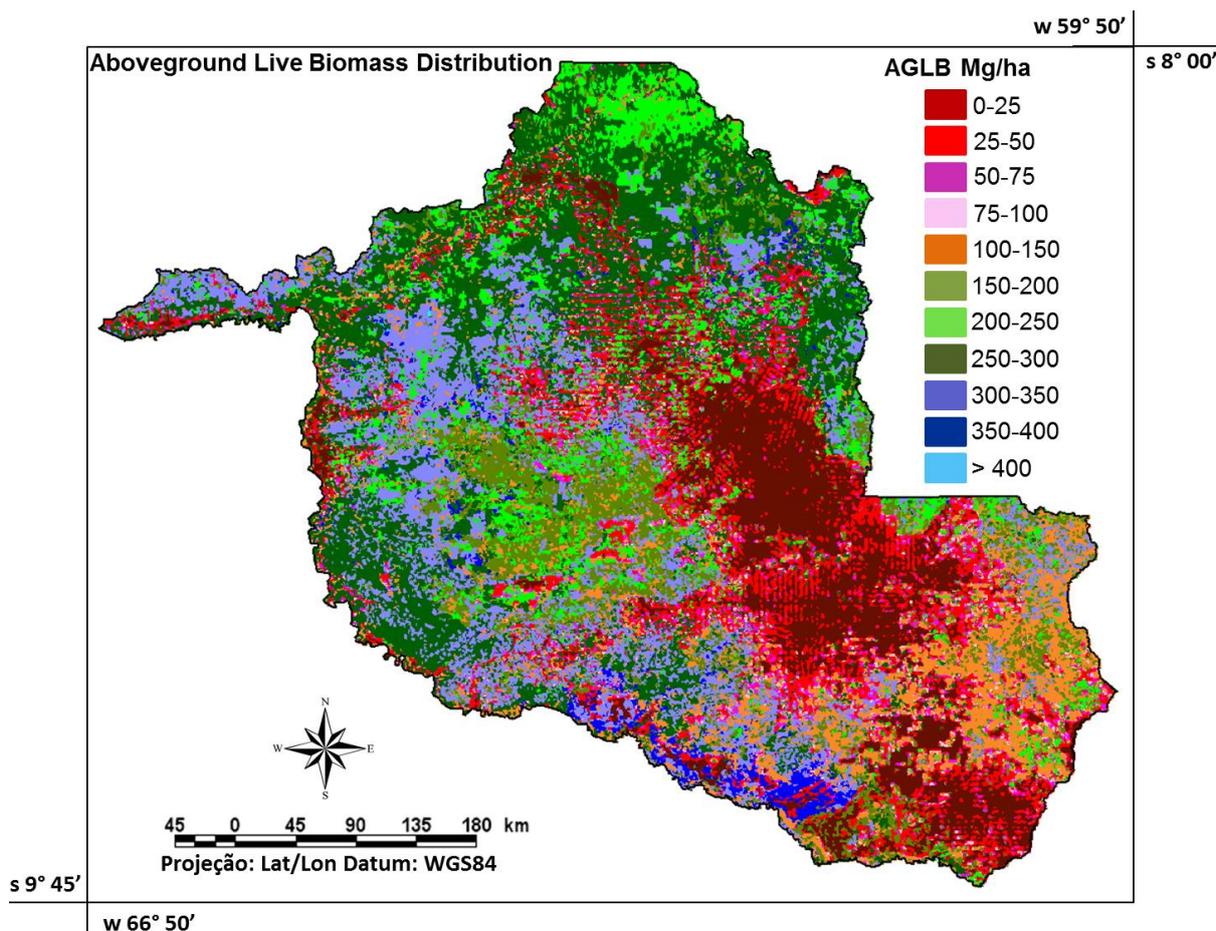


Figura 3. Mapa da distribuição da biomassa viva acima do solo para o Estado de Rondônia.

Percebe-se que a classe presente em maior extensão na área de estudo é representada pela classe 250-300 Mg/ha (toneladas por hectare), com 54.004 km² de extensão, localizada principalmente em áreas de florestas, seguidas das classes 0-25 Mg/ha (34.906 km²) e 25-50 Mg/ha (30.107 km²), localizadas em áreas de pastagens e agricultura. A classe em menor proporção na área de estudo é representada pela classe > 400 Mg/ha, localizada em áreas de florestas, seguida pela classe 350-400 Mg/ha, localizadas em áreas de influência fluvial/lacustre e pela classe 75-100 Mg/ha, localizada em áreas de pastagens. A Figura 4 mostra o gráfico gerado da tabulação cruzada com as áreas queimadas e a respectiva biomassa que foi queimada para os 12 anos analisados no estado de Rondônia.

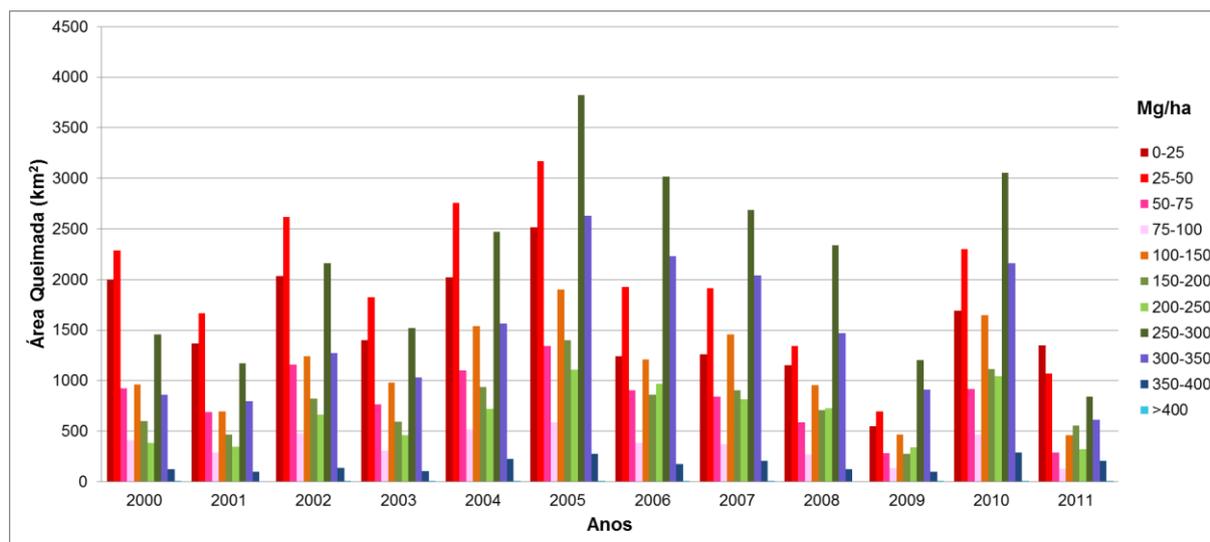


Figura 4. Gráfico da tabulação cruzada entre as áreas queimadas e a biomassa queimada no estado de Rondônia para os anos de 2000 a 2011.

Percebe-se que a classe 250-300 Mg/ha, presente em maioria em área de florestas, apresentou a maior área de biomassa que foi consumida pelo fogo, em torno de 25.736 km² queimados. Se assumirmos a biomassa média da classe em questão, pode-se estimar em 707,74 Tg (teragrama) o total de biomassa consumida pelo fogo e liberada para a atmosfera nos 12 anos analisados. Para esta classe, os anos que apresentaram os maiores valores foram 2005, 2010, 2006, 2007, 2008, 2004 e 2002, evidenciando a abertura de novas áreas para a inserção da agropecuária.

Em sequência vem a classe representada por 25-50 Mg/ha, com 23.555 km² de áreas de biomassa consumida pelo fogo, com notável destaque em todos os anos, com exceção de 2009 e 2011, totalizando 88,33 Tg de biomassa queimada. Essa classe de biomassa está localizada principalmente em áreas destinadas a pecuária de grande porte e às áreas de cultivos, evidenciando que as queimadas que ocorrem nessas regiões são destinadas à limpeza e manutenção para a inserção de novos cultivos e crescimento da vegetação herbácea para o gado.

A terceira maior classe de biomassa que foi consumida pelo fogo está representada pela classe 0-25 Mg/ha, também localizada em áreas para a pecuária e cultivos, totalizando 18.566 km², e em sequência denota-se a classe 300-350 Mg/ha, com 17.574 km² de áreas de biomassa consumida pelo fogo, queimando, respectivamente, 23,20 e 571,15 Tg de biomassa florestal. Sendo assim, percebe-se que o uso da terra, principalmente relacionado a abertura e manutenção de áreas destinadas à agropecuária, é a prática de manejo que está ligada com as queimadas que ocorrem em Rondônia, totalizando 132.208 km² de áreas queimadas entre os anos de 2000 e 2011.

5. Conclusões

Percebeu-se nesse estudo que as queimadas ocorrem em grandes áreas da superfície no estado de Rondônia, com destaque para os anos de 2005, 2010 e 2004, principalmente em área de extrativismo florestal representada pelas florestas e áreas de pecuária de grande porte e cultivos permanentes diversificados, localizadas na área central coincidindo com a grande macha desmatada característica do estado.

Neste contexto, nos 12 anos analisados, as queimadas provocaram a perda de 2.074 Tg de biomassa florestal. Desta forma, ressalta-se a importância de dados aprimorados sobre a área total que foi queimada, assim como os inventários da biomassa consumida pelo fogo decorrentes destas queimadas, pois são dados primordiais para a inserção em modelos

numéricos de qualidade do ar, que promoverão o aprimoramento da previsão do tempo e fornecerão estimativas mais confiáveis acerca dos gases traço e aerossóis que estão sendo liberados para a atmosfera, tornando possível o conhecimento acerca da modificação da química atmosférica e do balanço de energia, que provocam mudanças climáticas locais, regionais e até globais.

Referências

Cardozo, F. S.; Pereira, G.; Shimabukuro, Y. E.; Moraes, E. C. Avaliação das áreas queimadas no Estado de Rondônia - Amazônia Brasileira. **Revista Brasileira de Cartografia** (Online), v. 3, p. 705-716, 2014.

Eckman, T. C.; Still, C. J.; Roberts, D. A.; Michaelsen, J. C. Variations in subpixel fire properties with season and land cover in Southern Africa. **Earth Interactions**, v.4, n.6, p. 1-29, 2010.

França, D. A. **Emissões associadas à queima da palha da cana-de-açúcar no estado de São Paulo e seus impactos na qualidade do ar**. 2013. 143 p. Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, 2013. Disponível em: <<http://urlib.net/8JMKD3MGP7W/3E5M4B8>>. Acesso em: 03 nov. 2014

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Mapa de vegetação do Brasil**. Rio de Janeiro, 2004.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Manual técnico da vegetação Brasileira**. Rio de Janeiro, 2012.

Kaiser, J. W.; Heil, A.; Andreae, M. O.; Benedetti, A.; Chubarova, N.; Jones, L.; Morcrette, J. J.; Razinger, M.; Schultz, M. G.; Suttie, M.; Van Der Werf, G. R. Biomass burning emissions estimated with a global fire assimilation system based on observed fire radiative power. **Biogeosciences**, v.9, n.1, p. 527-554, 2012.

Mouillot, F.; Schultz, M. G.; Yue, C.; Cadule, P.; Tansey, K.; Ciais, P.; Chuvieco, E. Ten years of global burned area products from spaceborne remote sensing-A review: Analysis of user needs and recommendations for future developments. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v. 26, p. 64-79, 2014.

Saatchi, S. S., Houghton, R. A.; Alves, D.; Nelson, B. 2009. LBA-ECO LC-15 Amazon Basin Aboveground Live Biomass Distribution Map: 1990-2000. Data set. Available on-line [<http://daac.ornl.gov>] from Oak Ridge National Laboratory Distributed Active Archive Center, Oak Ridge, Tennessee, U.S.A. doi:10.3334/ORNLDAAAC/908.

Veraverbeke, S.; Stravos, E. N.; Hook, S. J. Assessing fire severity using imaging spectroscopy data from the Airborne Visible/Infrared Imaging Spectrometer (AVIRIS) and comparison with multispectral capabilities. **Remote Sensing of Environment**, v. 154, p. 153-163, 2014.

Wooster, M. J.; Zhukov, B.; Oertel, D. Fire radiative energy for quantitative study of biomass burning: derivation from the BIRD experimental satellite and comparison to MODIS fire products. **Remote Sensing of Environment**, v.86, p. 83-107, 2003.