

Metodologia de monitoramento de desmatamento na Angola por imagens de satélite Landsat-8

Mateus Benchimol Ferreira de Almeida^{1,2*}, Wagner Barreto da Silva^{2,3}

(1)Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Programa de Doutorado em Meio Ambiente

(2)Instituto Militar de Engenharia, Programa de Mestrado em Engenharia Cartográfica

(3)Diretoria de Serviço Geográfico, 5º Centro de Geoinformação

*mateusbenchimol@hotmail.com

RESUMO: As florestas da Angola estão sendo desmatadas, o que preocupa as autoridades do país. Assim sendo, torna-se necessária a existência de uma metodologia que faça frente ao referido problema, para servir de apoio ao controle e gestão dos recursos florestais, bem como para o estabelecimento de políticas públicas, incidindo de modo a atenuar os desmatamentos, viabilizando a aplicação. O presente artigo objetiva propor uma metodologia de monitoramento de desmatamento por imagens de satélite Landsat-8. A metodologia proposta baseia-se no uso de técnicas de Sensoriamento Remoto. Este artigo considera como área de estudo, uma região de floresta tropical.

PALAVRAS-CHAVE: Desmatamento, Sensoriamento Remoto, Floresta tropical, Landsat-8, Angola.

ABSTRACT: Angola's forests are being deforested, which worries the authorities. Therefore, it becomes necessary to have a methodology that makes facing to this problem, to provide support to the control and management of forest resources as well as for the establishment of public policy, focusing in order to mitigate the deforestation, enabling the application. This article aims to propose a deforestation monitoring methodology by Landsat-8 satellite imagery. The proposed methodology is based on the use of Remote Sensing techniques. This article considers as study area, a region of tropical forest.

KEYWORDS: Deforestation, Remote Sensing, Rainforest, Landsat-8, Angola.

1. INTRODUÇÃO

Dada a atual situação dos desmatamentos ocorridos nas florestas da Angola, verifica-se oportuno desenvolver uma pesquisa sobre essa temática, visto que a Angola não possui uma metodologia de estimativa e controle de desmatamento.

Na Angola, o desmatamento clandestino é crime, segundo o inciso III do artigo 39º da Constituição da Angola do direito ao ambiente, que afirma que “a lei pune os atos que ponham em perigo ou lesem a preservação do ambiente” [1]. Porém, sem uma metodologia de monitoramento de desmatamento, torna-se muito difícil fazer vigorar a lei. Tal fato tem constituído uma grande preocupação para as autoridades angolanas.

Sendo a Angola um país em fase de reconstrução [2], ainda é alto o *deficit* de fontes de energia disponíveis para a sociedade. Em grande parte do país, principalmente nas regiões distantes das cidades, a madeira é a principal fonte de energia, assim os cidadãos cortam as árvores de modo a poderem sobreviver; a matéria-prima é usada para vários fins como: lenha, madeira para construção de casas, mesas, cadeiras, canoas para auxílio à pesca, entre outros. Além disso, também existem empresas madeireiras que realizam a extração ilegal de madeira, danificando severamente o meio ambiente. Sendo a vegetação um dos mais importantes componentes dos ecossistemas [3], a perda de habitat pode ser considerada a principal ameaça à biodiversidade em ambientes terrestres [4].

Segundo as buscas realizadas, não há registros de que a Angola possua uma metodologia sistemática que vise calcular, controlar, atenuar e, se possível, reverter a situação do desmatamento no seu território, sendo esta a principal contribuição da presente pesquisa.

O sensoriamento remoto tem sido bastante usual nas medições e monitoramento de importantes características biofísicas e atividades humanas na Terra [3]. Assim, o presente artigo objetiva propor uma metodologia de monitoramento de desmatamento por meio de sensoriamento remoto.

Nesta pesquisa, existe a preocupação de elaborar uma metodologia simples que possa ser facilmente replicada anualmente por profissionais técnicos na Angola.

2. ESTUDOS RELACIONADOS

O desmatamento tem sido um importante objeto de estudo a nível nacional e a nível internacional, à escala local e global. Nesta seção, são apresentados dois estudos interessantes para o presente artigo, isto é, o estudo internacional do desmatamento global e o monitoramento da Amazônia Legal pelo PRODES. O primeiro estudo trata da estimativa do desmatamento global de uma forma aproximada, fornecendo dados interessantes principalmente para os países que não possuem metodologias para estimar os seus próprios desmatamentos. O segundo estudo apresenta o sucesso do Brasil no monitoramento do desmatamento da Amazônia Legal. A seguir, são abordados os respectivos estudos.

2.1. Estudo Internacional do Desmatamento Global

Neste estudo, mapeou-se a perda e o ganho florestal global entre os anos 2000 a 2012, por meio de imagens de satélite Landsat com resolução espacial de 30 metros [5]. No *ranking* da perda florestal mundial, segundo este artigo, está a Rússia em primeiro lugar com 365.015 km², e um ganho de 162.292 km², a seguir é o Brasil com uma perda de 360.277 km² e um ganho de 75.866 km²; em terceiro lugar é os Estados Unidos com uma perda de 263.944 km² e um ganho de 138.082 km². Angola encontra-se na 19ª posição com uma perda florestal de 19.320 km² e um ganho de 638 km² [6]. Segundo o artigo, o Brasil tem usado dados do Landsat para a elaboração de documentação das tendências do desmatamento no seu território. Isso foi fundamental para a formulação das suas políticas e implementações. O artigo refere que, até o momento, somente o Brasil produz e partilha informação espacial explícita da extensão florestal e da sua alteração anual. Os mapas e estatísticas apresentadas podem ser usados pelos países em falta da informação de perda florestal, como uma referência inicial, como um incentivo à produção de mapas a nível nacional, e como uma base de comparação para o estudo da evolução das metodologias de monitoramento de cada país [5].

2.2. Monitoramento da Amazônia legal pelo PRODES

O Projeto de Monitoramento do Desmatamento na Amazo-

nia Legal por Satélite (PRODES) foi criado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) em 1988, como demanda do Governo do Brasil para o cálculo anual da taxa de desmatamento na Amazônia Legal brasileira por meio de imagens de satélite. Desde então, o INPE tem publicado as taxas anuais de desmatamento, sem nunca ter interrompido o PRODES [7].

O PRODES mapeia a dinâmica do desmatamento por corte raso, identificando áreas maiores que 6,25ha. A partir de 2002, os seus produtos passaram a ser divulgados na internet. Nos dias de hoje, os produtos do PRODES sobre a cobertura de terra da Amazônia fundamentam muitas decisões do Governo do Brasil relativamente à gestão de terras na região em âmbito nacional e internacional [7].

Inicialmente, a metodologia do PRODES consistia na interpretação visual de imagens Landsat para a detecção dos polígonos de desmatamento, recebendo o nome de PRODES analógico. Entre 2003 e 2005, o PRODES adotou a interpretação por meio de classificação digital assistida pelo computador para a identificação das áreas desmatadas, possibilitando o cálculo da taxa de desmatamento dos respectivos anos, recebendo o nome de PRODES digital [7]. O PRODES Digital consistia na composição colorida das imagens Landsat nas bandas do infravermelho médio, infravermelho próximo e vermelho, seguido da aplicação do Modelo Linear de Mistura Espectral (MLME), segmentação e classificação. A partir de 2005 até os dias de hoje, o INPE passou a utilizar o software TerraAmazon como base tecnológica e a interpretar as imagens de forma visual, delimitando os polígonos diretamente na tela do sistema [7].

Uma prova do reconhecimento do PRODES vem da revista científica *Science*, afirmando que o sistema de monitoramento de florestas tropicais do Brasil é motivo de inveja do mundo [8]. Já em [9], conclui-se que um dos melhores exemplos de monitoramento operacional para quantificar mudanças na cobertura da terra é o trabalho do INPE em mapear o desmatamento na Amazônia Legal [9].

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesta seção, aborda-se o arcabouço conceitual que constitui o embasamento teórico-científico para a elaboração da metodologia proposta nesse artigo.

3.1. Modelo Linear de Mistura Espectral

Num determinado espaço geográfico, os alvos no terreno tendem a ser mais heterogêneos do que homogêneos; desse modo, na passagem do satélite por esse espaço, dentro do seu campo de visada instantâneo (IFOV), os detectores registram a radiação eletromagnética refletida por diferentes alvos no terreno que compõe a cena, sendo que a resposta espectral registrada em cada detector do satélite é uma média das respostas espectrais de alvos diferentes dentro de um mesmo elemento de resolução do terreno. Conseqüentemente, os pixels de uma imagem também acabam por ser afetados, recebendo o nome de “pixels misturados” [10].

O MLME tem a finalidade de estimar a proporção dos componentes da mistura espectral, para cada pixel das bandas selecionadas do sensor, resultando assim, nas imagens-fração com o mesmo nome dos respectivos pixels puros.

O MLME é expresso matematicamente pelas Eq 1 e Eq 2 apresentadas a seguir:

$$\Sigma F_i = F_1 + F_2 + F_3 = 1 \quad (1)$$

$$DN_\lambda = F_1 vege_{\lambda,1} + F_2 solo_{\lambda,2} + F_3 agua_{\lambda,3} + E_\lambda \quad (2)$$

onde DN_λ é o número digital de um determinado pixel na banda λ da imagem Landsat-8; F_1 , F_2 e F_3 são proporções da vegetação, solo e água que compõem o respectivo pixel; $vege_\lambda$, $solo_\lambda$ e $agua_\lambda$ correspondem aos componentes puros de vegetação, solo e água respectivamente; E_λ é o erro de estimação intrínseco para cada banda [11].

3.1.1 Imagens-fração

As imagens-fração são produtos gerados pelo MLME descrito na seção 3.1. As imagens-fração podem ser vistas como uma forma de reduzir a dimensionalidade dos dados, bem como uma forma de realçar as informações de maior interesse [10].

As imagens-fração têm uma grande variedade de aplicações em diferentes áreas tais como: floresta, agricultura, uso da terra, água, áreas urbanas, entre outras, sendo uma técnica consistente e usual em várias regiões do mundo [10].

3.2. Artigo 39º (Direito ao ambiente) da Constituição da República de Angola

1. Todos têm o direito de viver num ambiente sadio e não poluído, bem como o dever de o defender e preservar.

2. O Estado adota as medidas necessárias à proteção do ambiente e das espécies da flora e da fauna em todo o território nacional, à manutenção do equilíbrio ecológico, à correta localização das atividades econômicas e à exploração e utilização racional de todos os recursos naturais, no quadro de um desenvolvimento sustentável e do respeito pelos direitos das gerações futuras e pela preservação das diferentes espécies.

3. A lei pune os atos que ponham em perigo ou lesem a preservação do ambiente» [1].

4. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo da presente pesquisa, representada por um retângulo vermelho na Figura 1, corresponde a uma região de floresta tropical da Angola, com uma extensão superficial de 2221 km².



Fig 1: Localização da área de estudo.

5. METODOLOGIA

Nesta seção, apresenta-se o traçado da metodologia proposta, conforme se descreve abaixo.

5.1. Imagens LANDSAT-8

Para que a metodologia proposta fosse desenvolvida, necessitou-se da informação espacial do terreno, isto é, das imagens de satélite dos anos de interesse das quais são extraídas as informações desejadas. Nesta metodologia, utilizaram-se imagens Landsat-8 em composição colorida R6G5B4, isto é, nas bandas do infravermelho médio, infravermelho próximo e vermelho. A escolha da composição colorida R6G5B4 deveu-se à satisfatória capacidade de distinção dos alvos no terreno. Os anos de interesse correspondem aos anos de 2013, 2014 e 2015, devido à data de lançamento do Landsat-8, em 11 de fevereiro de 2013 [12], mais dois anos consecutivos, de modo a testar a metodologia. Considera-se que o desmatamento ocorre apenas na época seca [7], por isso tomou-se como data de referência para a aquisição das imagens, o dia 1º de agosto [7]. Além disso, a probabilidade de obter imagens livres de nuvens é maior, uma vez que, em Angola, as chuvas começam no início do mês de setembro.

5.2. Modelo linear de mistura espectral (MLME)

O MLME foi o primeiro processamento ao qual as imagens originais em composição colorida R6G5B4 foram submetidas. Da aplicação do MLME, obtiveram-se as imagens-fração de vegetação, solo e água, que, em geral, são os alvos presentes em qualquer cena terrestre [10]. O pixel puro é aquele pixel que melhor caracteriza um elemento, quer seja a vegetação, solo ou água. O pixel puro foi selecionado a olho.

5.3. Segmentação e testes

Posteriormente ao cálculo do MLME, realizou-se separadamente a segmentação das imagens-fração resultantes. Esta segmentação foi realizada pelo método de crescimento de regiões que requer a definição de dois limiares, isto é, o limiar de similaridade e o limiar de área. Estes limiares precisam ser selecionados de tal modo que a segmentação resultante seja precisa. Assim, realizou-se um teste por tentativa e erro.

5.3.1. Seleção dos Limiares

Após a realização dos testes sobre as imagens-fração dos anos de interesse, obtiveram-se os resultados das segmentações para os respectivos anos, e observou-se quais os limiares de similaridade e de área que corresponderam às melhores segmentações.

Assim sendo, foram selecionados os limiares de similaridade e de área que melhor segmentaram nos três anos de interesse.

5.4. Classificação

Após a realização dos testes e da obtenção da melhor segmentação, esta última e a sua respectiva imagem-fração foram tomadas como insumo para o processo de classificação. Este procedimento foi aplicado para cada ano de interesse. O método de classificação utilizado foi a classificação não-supervisionada, em que o classificador foi o algoritmo dis-

ponível no SPRING 5.2.7 denominado Isoseg.

5.5. Pós-Classificação

As classificações das imagens dos anos de interesse foram convertidas ao formato vetorial e importadas numa plataforma de Sistemas de Informação Geográfica (SIG). Assim, a cada objeto foi atribuído uma classe correspondente ao seu uso e ocupação do solo, usando como referência a composição colorida R6G5B4 das respectivas imagens Landsat-8.

5.6. Validação

A validação consiste na sobreposição do mapa final de desmatamento nas imagens em alta resolução do Google Earth, seguida de uma análise minuciosa entre objetos do mapa e os detalhes das imagens em alta resolução, permitindo corroborar ou corrigir as classes atribuídas a cada objeto, melhorando significativamente a probabilidade de acerto da metodologia proposta.

5.7. Avaliação

A avaliação consiste na análise e estimativa dos resultados obtidos por meio do mapa final de desmatamento, de modo a poder indicar as taxas de desmatamento para os anos de interesse, assim como a taxa dos demais elementos também mapeados.

5.8. Materiais utilizados

Os materiais necessários para a elaboração da presente pesquisa foram os seguintes:

Três imagens de satélite Landsat-8 dos anos de 2013, 2014 e 2015 (sensor OLI, com as órbitas-ponto (path: 181; row: 66), adquiridas respectivamente nos dias 06/08/2013, 09/08/2014 e 12/08/2015; atlas de Angola de 2012 que contém o mapa de vegetação de Angola; informação vetorial (*shapefile*) georreferenciada correspondente ao território angolano, para o georreferenciamento do mapa de vegetação de Angola. O mapa de vegetação de Angola foi útil para a seleção da área de estudo, permitindo a seleção de uma região de floresta tropical.

Os softwares utilizados para o processamento dos dados foram o SPRING 5.2.7, o ArcGIS 10.2.2 e o Google Earth 7.1 para a validação do mapa final por meio de imagens de alta resolução.

6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para a elaboração da presente metodologia, foi fundamental a aquisição de imagens de satélite Landsat-8, conforme a Figura 2.

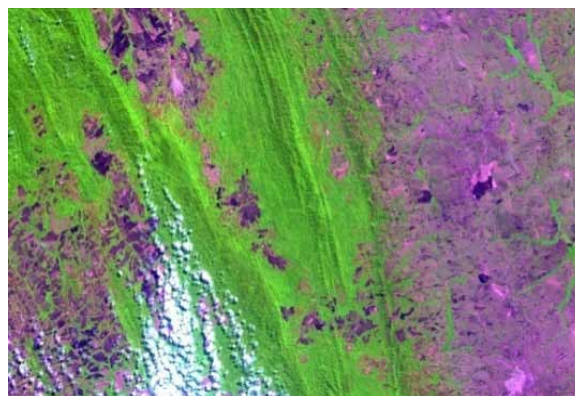


Fig 2: Imagem original de 2013, em composição colorida R6G5B4.

O processamento das imagens Landsat-8, na presente pesquisa, consistiu no cálculo do MLME, segmentação e classificação de imagens, conforme a metodologia descrita na seção 5. Esse trabalho foi realizado sobre três imagens de satélite Landsat-8, isto é, nos três anos consecutivos 2013, 2014 e 2015 numa região de floresta tropical.

Após o cálculo do MLME, obteve-se, para cada imagem em composição R6G5B4, três produtos, isto é, a imagem-fração água, imagem-fração solo e a imagem-fração vegetação, conforme a Figura 3.

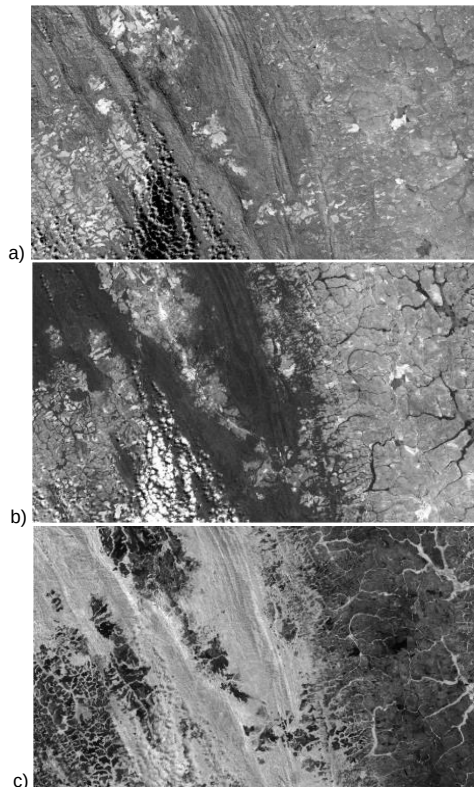


Fig 3: Resultado da aplicação do MLME. a) Imagem-fração água. b) Imagem-fração solo. c) Imagem-fração vegetação.

Posteriormente, foram segmentadas todas as imagens-fração e aplicou-se o teste dos limiares de similaridade e de área. Na área de estudo, apresentou melhor segmentação a imagem-fração solo, com limiar de similaridade 15 e limiar de área 15, para os 3 anos de interesse. Na Figura 4 apresenta-se a imagem segmentada do ano de 2013.

Seguidamente à segmentação das imagens, realizou-se o processo de classificação. Para o processo de classificação de imagem, utilizou-se a imagem-fração solo da área de estudo e a correspondente imagem segmentada. Esse procedimento foi aplicado para as imagens dos 3 anos consecutivos.

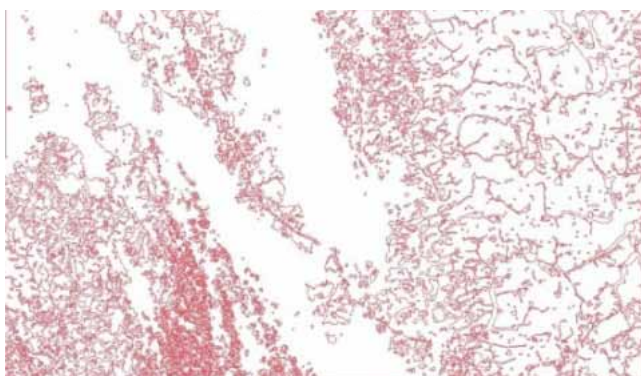


Fig 4: Imagem-fração solo segmentada com os limiares de similaridade 15 e limiar de área 15, correspondente ao ano de 2013.

O método de classificação utilizado foi a classificação não-supervisionada, em que o classificador foi o algoritmo disponível no SPRING denominado Iseseg. Na etapa da segmentação das imagens-fração, um algoritmo extrai os atributos estatísticos das regiões, isto é, médias e matrizes de covariância. Esses dados estatísticos são necessários na fase da classificação pelo Iseseg.

Os resultados da classificação foram controlados a partir de um limiar de aceitação. Desse modo, na região de floresta tropical, a classificação não-supervisionada pelo Iseseg apresentou melhores resultados com o limiar de aceitação no valor de 95% para os anos de 2013 e 2014, e 99% para o ano de 2015. Na Figura 5 apresenta-se a imagem classificada do ano de 2013.

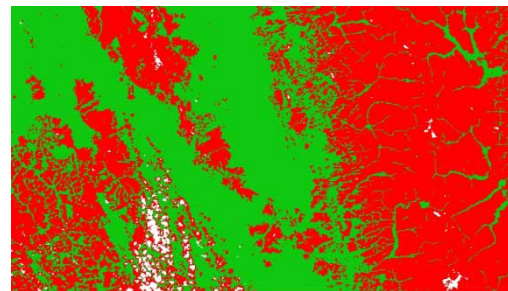


Fig 5: Imagem-fração solo classificada com o limiar de aceitação 99%, correspondente ao ano de 2013.

Os resultados das classificações dos 3 anos de interesse realizadas nesta área de estudo apresentaram uma ótima distinção entre a floresta tropical e o desmatamento, porém houve uma ligeira confusão na classe de nuvem.

A totalidade de classes identificadas nas diferentes imagens da presente pesquisa foi: Floresta, Desmatamento, Nuvem e Não-floresta.

A classe de Floresta representa a cobertura vegetal correspondente às florestas tropicais. A classe de Não-Floresta representa as regiões não identificadas pela presente metodologia. A classe Nuvem corresponde às áreas das imagens cobertas por nuvens e suas respectivas sombras. A classe Desmatamento representa aquelas regiões que podem ter sido desmatadas por populares para as suas atividades vitais, por empresas legais/ilegais para a derrubada de árvores, pelo próprio Governo da Angola para a realização da derubadas de obras, ou mesmo por criminosos clandestinos.

Na Figura 6 apresentam-se o mapa de uso e ocupação do solo da região de floresta tropical correspondentes ao ano de 2013. Um processamento análogo também foi realizado para os anos de 2014 e 2015.

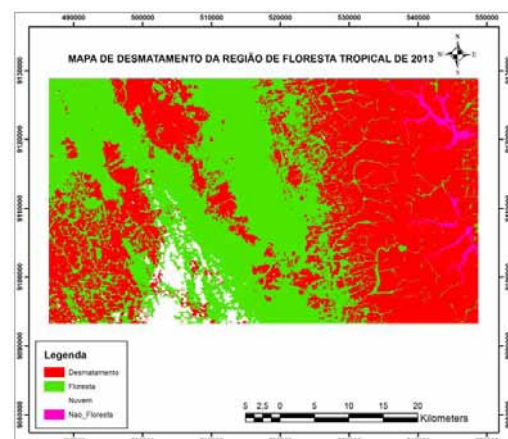


Fig 6 - Mapa de uso e ocupação do solo da área de floresta tropical referente ao ano de 2013.

A presença de nuvens ocultou determinadas regiões, o que influenciou no valor das taxas de desmatamento e remanescentes florestais. Assim, foi necessário estimar o desmatamento sob nuvem nos 3 anos de interesse, para tal, aplicou-se o mesmo procedimento da metodologia do PRODES [7].

Após a aplicação das técnicas de processamento de imagens segundo a metodologia proposta e do tratamento dos dados na plataforma SIG, obteve-se o mapa final de desmatamento da região de floresta tropical dos 3 anos de interesse, conforme a Figura 7. Assim, obteve-se para o ano de 2013 um desmatamento de 1.159,1 km², cujos polígonos são representados no respectivo mapa em cor amarela. No ano de 2014, o incremento de desmatamento foi de 171,9 km², os polígonos são representados em cor vermelha. Já no ano de 2015, o incremento de desmatamento foi de 80,45 km², os polígonos são representados em cor azul. Na Figura 8 apresenta-se as estimativas de desmatamento dos 3 anos consecutivos.

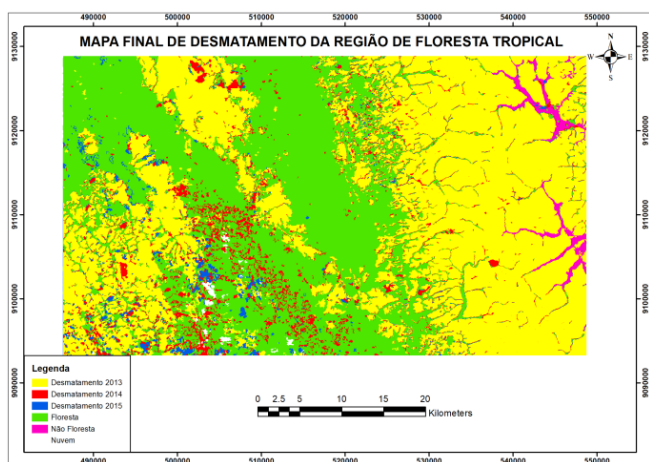


Fig 7: Mapa de desmatamento da região de floresta tropical dos anos de 2013, 2014 e 2015 em conjunto.

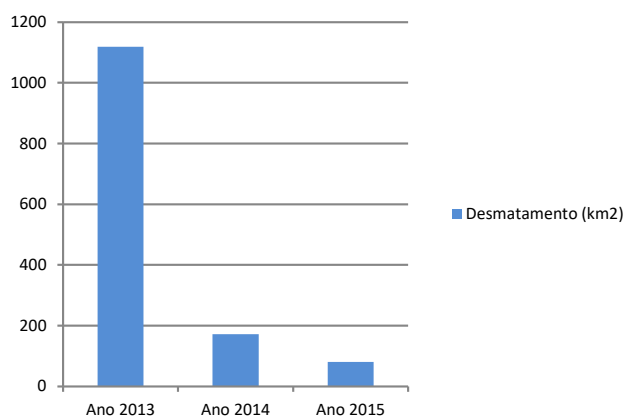


Fig 8: Estimativas de desmatamento dos anos 2013, 2014 e 2015.

A seguir, apresentam-se as estimativas dos desmatamentos e dos incrementos sob nuvem.

Dados observados de 2013:

Desmatamento = 1118,9km² = INC
 Floresta = 1011,7km² = AF
 Nuvem = 76,5km² = NUV

Cálculo do incremento de desmatamento estimado sob

nuvens de 2013:

$$\text{inc_nuv}_{2013} = \text{NUV} \cdot \text{INC} / (\text{AF} + \text{INC})$$

$$\text{inc_nuv}_{2013} = 40,2\text{km}^2$$

Cálculo do incremento total desmatamento de 2013:

$$\text{inc_total}_{2013} = \text{INC} + \text{inc_nuv}$$

$$\text{inc_total}_{2013} = 1.159,1 \text{ km}^2$$

Dados observados de 2014:

Desmatamento = 132,9km² = INC
 Floresta = 813,1km² = AF
 Nuvem = 134,5km² = NUV

Cálculo do incremento de desmatamento estimado sob nuvens de 2014:

$$\text{inc_nuv}_{2014} = \text{NUV} \cdot \text{INC} / (\text{AF} + \text{INC})$$

$$\text{inc_nuv}_{2014} = 18,9\text{km}^2$$

Cálculo do incremento total desmatamento de 2014:

$$\text{inc_total}_{2014} = \text{INC} + \text{inc_nuv}_{2014} + \text{inc_nuv}_{2013} / 2$$

$$\text{inc_total}_{2014} = 171,9\text{km}^2$$

Dados observados de 2015:

Desmatamento = 53,9km² = INC
 Floresta = 834,2km² = AF
 Nuvem = 60,4km² = NUV

Cálculo do incremento de desmatamento estimado sob nuvens de 2015:

$$\text{inc_nuv}_{2015} = \text{NUV} \cdot \text{INC} / (\text{AF} + \text{INC})$$

$$\text{inc_nuv}_{2015} = 3,7\text{km}^2$$

Cálculo do incremento total desmatamento de 2015:

$$\text{inc_total}_{2015} = \text{INC} + \text{inc_nuv}_{2015} + \text{inc_nuv}_{2014} / 2 + \text{inc_nuv}_{2013} / 3$$

$$\text{inc_total}_{2015} = 80,45\text{km}^2$$

Esses cálculos foram realizados conforme a metodologia do PRODES [7].

6.1 Validação dos Resultados

O processo de validação foi realizado após a obtenção do mapa final da região de floresta tropical dos anos de 2013, 2014 e 2015 em conjunto. A validação do mapa final consistiu em verificar nas imagens de satélite em alta resolução do Google Earth as classes atribuídas às feições vetoriais do mapa final por meio de sobreposição. Assim, realizou-se uma análise minuciosa de cada objeto mapeado, da sua classe correspondente e o seu uso do solo em alta resolução no Google Earth, permitindo corroborar ou modificar a respectiva classe do objeto. Assim, foi possível validar o mapa.

Na Figura 9 apresentam-se imagens da validação do mapa e da identificação de desmatamento, de regiões florestais e de regiões de Não-Floresta. É possível observar os elementos

do terreno com bastante clareza. Como se pode ver, as imagens do Google Earth apresentaram muitos detalhes da área de estudo, o que contribuiu significativamente na qualidade da presente pesquisa.

Apesar do detalhamento apresentado nas imagens de satélite do Google Earth, a recolha de dados in situ é fundamental para a validação da metodologia. No presente estudo, essa vertente não foi explorada por falta de recursos financeiros por parte dos autores, no entanto, uma vez que a metodologia seja institucionalizada na Angola, será possível aperfeiçoá-la e enviar profissionais a campo para a comprovação dos resultados no terreno.

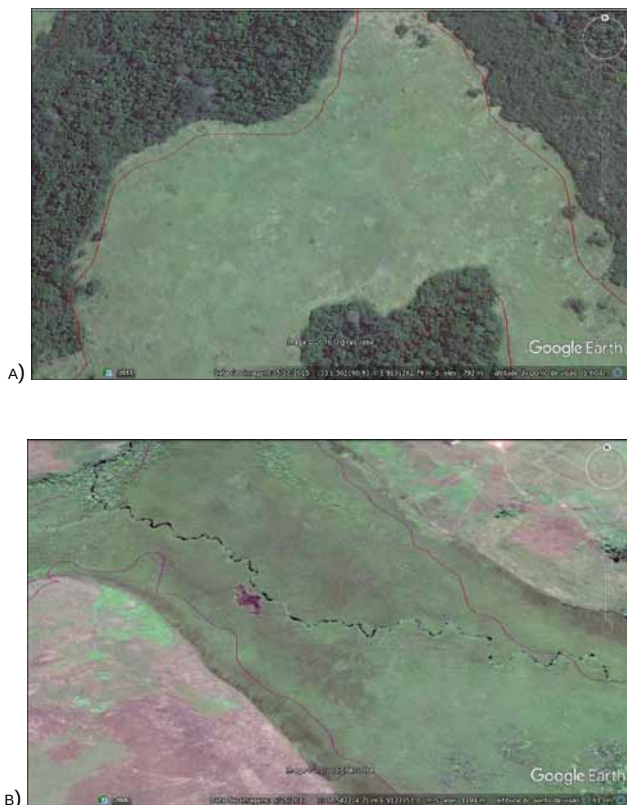


Fig 9: Validação do mapa de desmatamento por meio de sobreposição nas imagens de alta resolução do Google Earth. a) Identificação de desmatamento e de regiões florestais. b) Identificação de Não-floresta.

7. CONCLUSÃO

A presente pesquisa vem como um incentivo para trabalhos da mesma natureza por parte das autoridades competentes, por parte de pesquisadores, da parte privada, por parte de universidades e de outras instituições relacionadas, a fim de juntarem forças e fazerem frente ao problema do desma-

tamento de modo a conservarem as suas florestas, e consequentemente a fauna e a flora, potencializando os serviços ecossistêmicos das florestas e garantindo o bem-estar social.

O mapa final de desmatamento da região de floresta tropical dos 3 anos consecutivos obtido pela metodologia proposta permitiu a obtenção dos polígonos de desmatamentos ao longo dos anos, possibilitando um acompanhamento das tendências ao longo dos anos, além de se saber em que locais os desmatamentos estão ocorrendo com maior ou menor intensidade, permitindo uma atuação mais eficiente por parte das autoridades competentes.

A segmentação das imagens-fração solo obteve um resultado interessante ao apresentar os mesmos limiares de similaridade 15 e de área 15, no processamento das imagens dos 3 anos consecutivos, o que permite serem novamente utilizadas para estudos futuros nessa mesma área de estudo, dispensando a necessidade de novos testes de limiares.

Com a metodologia proposta, será possível aos técnicos angolanos elaborarem mapas anuais de desmatamento das florestas tropicais da Angola, permitindo o monitoramento das florestas e a aplicação de políticas públicas mais eficientes, capazes de assegurarem melhor o bem-estar das florestas, e consequentemente, da fauna, da flora e da sociedade a nível nacional e global.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ANGOLA. Constituição. Luanda, Imprensa Nacional - E.P., 2010, 95p.
- [2] BUNGA, G. Reconstrução de Angola é um bom exemplo. *Jornal de Angola*, Disponível em: <http://jornaldeangola.sapo.pt/reportagem/reconstrucao_de_angola_e_um_bom_exemplo>. Acesso: 23 outubro 2015.
- [3] JENSEN, John R.. Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres. 2. ed. São Paulo: Parêntese, 2011. 598 p.
- [4] PIRATELLI, A. J., MERCIVAL, R. F. Conservação da biodiversidade: dos conceitos às ações. 1. Ed. Rio de Janeiro: Technical Books Editora, 2013, 272 p.
- [5] HANSEN, M. C., POTAPOV, P. V., MOORE, R., HANCHER, M., TURUBANOVA, S. A., TYUKAVINA, A., THAU, D., STEHMAN, S. V., GOETZ, S. J., LOVELAND, T. R., KOMMAREDDY, A., EGOROV, A., CHINI, L., JUSTICE, C. O., TOWNSHEND, J. R. G.. High-resolution global maps of 21st-century forest cover change, *Science AAAS, Dakota do Sul*, v. 342, p. 850-853, 2013.
- [6] HANSEN, M. C., POTAPOV, P. V., MOORE, R., HANCHER, M., TURUBANOVA, S. A., TYUKAVINA, A., THAU, D., STEHMAN, S. V., GOETZ, S. J., LOVELAND, T. R., KOMMAREDDY, A., EGOROV, A., CHINI, L., JUSTICE, C. O., TOWNSHEND, J. R. G.. Supplementary materials for: High-resolution global maps of 21st-century forest cover change, *Science AAAS, Dakota do Sul*, 20 p., 2013.
- [7] CÂMARA, G., VALERIANO, D., VIANEI, J. Metodologia para o cálculo da taxa anual de desmatamento na Amazônia legal. São Paulo: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 2013. 37 p.
- [8] KINTISCH, E.. Carbon emissions - improved monitoring of rainforests helps pierce haze of deforestation, *Science, New York*, v. 316, n. 5824, p. 536-537, 2007.
- [9] HANSEN, M. C., SHIMABUKURO, Y. E., POTAPOV, P., PITTMAN, K.. Comparing annual modis and prodes forest cover change data for advancing monitoring of brazilian forest cover, *Remote Sensing of Environment, Dakota do Sul*, v. 112, p. 3784-3793, 2008.
- [10] PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E.; KUPLISH, T. M. Sensoriamento remoto da vegetação. 2. ed. São Paulo, Oficina de textos, 2012. 160p.
- [11] LILLESAND, T. M., KIEFER, R. W., CHIPMAN, J. W.. Remote sensing and image interpretation. 7. ed. United States of America: John Wiley & Sons inc., 2015. 720 p.
- [12] NASA, USGS. Landsat 8 History. 2014. Disponível em: <http://landsat.usgs.gov/about_ldcm.php>. Acesso: 5 fevereiro 2015.
- [13]
- [14]