

UTILIZAÇÃO DO SOFTWARE CLASLITE NO CONTROLE DO DESMATAMENTO ¹

USE OF CLASLITE SOFTWARE TO CONTROL DEFORESTATION ¹

Débora Luana PASA²; José Américo de MELLO FILHO²; Federico MAGNANI³; Elena MEZZINI³; Maiara TALGATTI^{2,4}

RESUMO - O objetivo do trabalho foi quantificar a porcentagem de área de vegetação nativa, desmatamento e distúrbios em municípios da província de Bologna - Itália, por meio do uso de imagens de satélite Landsat e pelo método de mapeamento do *software* CLASlite, que tem como principal ferramenta a fragmentação dos pixels e o uso de uma biblioteca espectral que contempla a variabilidade de Vegetação Fotossintética - VF, Vegetação Não Fotossintética - VNF e Substrato descoberto - S. Foi verificado que a região estudada possui 46.075,47 ha de florestas nativas em 2010, sendo o município de Granaglione o que possui a maior área de florestas nativas e a menor porcentagem de desmatamento. O CLASlite mapeou as áreas desflorestadas entre os anos de 2012 e 2013, dividindo-as em distúrbios (286,17 ha) e desmatamentos (669,06 ha), que foram comparados aos dados disponibilizados pela Polizia Forestale de Bologna, que declararam a supressão de 1.454,25 ha, subestimando a classificação realizada pelo CLASlite. A variação na quantificação das áreas dar-se-á inicialmente pelos diferentes métodos e datas de aquisição das informações e presença de nuvens e sombras na imagem. Além disso, a baixa resolução espacial do Landsat traz uma maior variabilidade dentro de um mesmo pixel e mesmo realizando o fracionamento, podem ocorrer confusões entre as classes de uso do solo, visto que a biblioteca do algoritmo classificador possui amostras de florestas tropicais. Conclui-se que o uso do CLASlite, assim como os demais SIGs, são de grande importância e auxílio no mapeamento de áreas de vegetação nativa e desmatamento, porém, recomenda-se neste caso adequar os limiares de S, VF e VNF a fim de que se possa ajustar os *endmembers* também para florestas temperadas.

Palavras chave: Desmatamento; Análise ambiental; Sistema Geográfico de Informação.

ABSTRACT- The aimed of this study was to quantify the percentage of native vegetation area, deforestation and disturbances in municipalities of the province of Bologna - Italy, through the Landsat satellite imagery and by the method of mapping the CLASlite software, which has as its main tool the fragmentation of the pixels and the use of a spectral library which contemplates the variability of Photosynthetic Vegetation - VF, Non-Photosynthetic Vegetation - VNF and uncovered Substrate - S. It was verified that the studied region has 46,075.47 ha of native forests in 2010, with the municipality of Granaglione having the largest area of native forests and the lowest percentage of deforestation. CLASlite has mapped the deforested areas between the years 2012 and 2013, dividing them into disturbances (286,17 ha) and deforestation (669.06 ha), which were compared to the data provided by Polizia Forestale of Bologna, which declared the suppression of 1,454.25, underestimating the classification performed by CLASlite. The variation in the quantification of the areas will initially be different methods and dates of information acquisition and presence of clouds and shadows in the image. In addition, the low spatial resolution of Landsat brings greater variability within a same pixel and even doing the fractionation, confusions may occur between classes of land use, since the classifier algorithm library has samples of tropical forests. It is concluded that the use of CLASlite, as well as other SIGs, are of great importance and help in mapping areas of native vegetation and deforestation, however, it is recommended to adjust the S, VF and VNF thresholds in order to which may be adjusted *endmembers* also for temperate forests.

Keywords: Deforestation; Environmental analysis; Geographic Information System.

¹ Recebido para análise em 19.07.2018. Aceito para publicação em 29.11.2018.

² Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima nº 1000, Cidade Universitária Bairro Camobi, CEP: 97105-900 Santa Maria – RS, Brasil.

³ Università di Bologna, Via Fanin, nº46 - I40127 Bologna, CEP: 01131710376, Itália.

⁴ Autor para correspondência: Maiara Talgatti - maiara.talgatti@hotmail.com

1 INTRODUÇÃO

A redução da vegetação nativa de maneira desproporcional e exagerada gera grande desequilíbrio em todo o ecossistema, fazendo com que a biodiversidade de flora e também de fauna desapareça junto com a vegetação. Mudanças na cobertura florestal podem afetar de forma drástica os ecossistemas, incluindo a riqueza da biodiversidade, regulação do clima, armazenamento de carbono e abastecimento de água. Ainda, a diminuição das áreas de florestas naturais em todo o mundo tem ocorrido devido principalmente a incêndios, derrubada e retirada da madeira para fins comerciais, utilização das terras para fins agropecuários, ou por fenômenos naturais.

Conforme Casagrande (2009), as questões socioeconômicas e ambientais que emergem do mundo globalizado, devido às altas taxas de explorações de bens naturais pela agricultura, pastagens e extrativismo vegetal, têm relevante importância no planejamento territorial e econômico de uma região. Dessa forma, conhecer as características do meio físico dos locais em estudo, faz com que o legislador, conhecendo a área, possa adotar medidas adequadas bem como acompanhar as modificações na paisagem natural.

Na tentativa de auxiliar o controle do desmatamento, a fim de evitar os impactos significativos da perda de florestas, utilizam-se técnicas de geoprocessamento, através de Sistema de Informações Geográficas - SIG e Sensoriamento Remoto.

O SIG pode ser considerado um sistema baseado em computador, que permite ao usuário coletar, manusear e analisar dados georreferenciados. Um SIG pode ser visto como uma combinação de hardware, software, dados, metodologias e recursos humanos, que operam de forma harmônica para produzir e analisar informação geográfica (Teixeira e Christofolletti, 1997). O uso de SIGs, para auxiliar na avaliação ambiental apresenta um enorme potencial, pois proporciona uma análise rápida, econômica e eficiente dos dados em períodos curtos de tempo, já que constantemente o ambiente sofre modificações (Poelking, 2007).

Para acompanhar o ritmo de desmatamento e quantificar essas áreas, desenvolveu-se um novo software, denominado CLASlite. Este utiliza a base de dados de florestas tropicais e visa apoiar e ampliar a capacidade dos governos, organizações não governamentais e instituições acadêmicas para que possam mapear e monitorar as florestas, utilizando imagens obtidas por satélites, gratuitamente.

Desta maneira, almejou-se com esta pesquisa verificar a eficácia do software CLASlite para delimitação das áreas desmatadas em florestas temperadas, na região Província de Bologna - Itália, especificamente nos 13 municípios pertencentes à *Comunità Montana degli Appennini Bolognese*, utilizando como base as imagens do satélite Landsat, e vinculando as imagens aos dados de corte de vegetação da região de estudo, bem como de outros mapas florestais.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 ÁREA DE ESTUDO

A Emilia-Romagna é uma das vinte regiões que compõem a Itália. O relevo é predominantemente irregular e montanhoso, com planícies. O clima é considerado mediterrâneo, com estações secas no verão e invernos instáveis e úmidos. As localidades em estudo situam-se ao Sul da província de Bologna e são denominadas: Camugnano, Castel d'Aiano, Castel di Casio, Castiglione dei Pepoli, Gaggio Montano, Granaglione, Grizzana Morandi, Lizzano in Belvedere, Marzabotto, Monzuno, Porretta Terme, San Benedetto Val di Sambro, Vergato (Figura 1).

Atualmente ocorre uma expansão da floresta temperada na Itália, principalmente devido ao abandono da vida no campo. A Itália possui 10 milhões de hectares de floresta e esse número cresce a cada ano (FAO, 2012), no entanto, o problema das florestas italianas, bem como todas as do velho continente, não é tanto de superfície, mas sim de acidez e da ação humana que acarretam a fragmentação do manto florestal, ocasionando grandes perdas da função protetiva da floresta, da biodiversidade e consequentemente da função econômica (Pompei, 2003).

2.2 AQUISIÇÃO DE DADOS

Os dados de corte de vegetação foram adquiridos em hectares, por meio do sistema de *Polizia Forestale* da Província de Bologna, que reúne todas as informações relacionadas ao corte de florestas na região, juntamente com um mapa florestal da província de Bologna disponibilizado por CISA (2010).

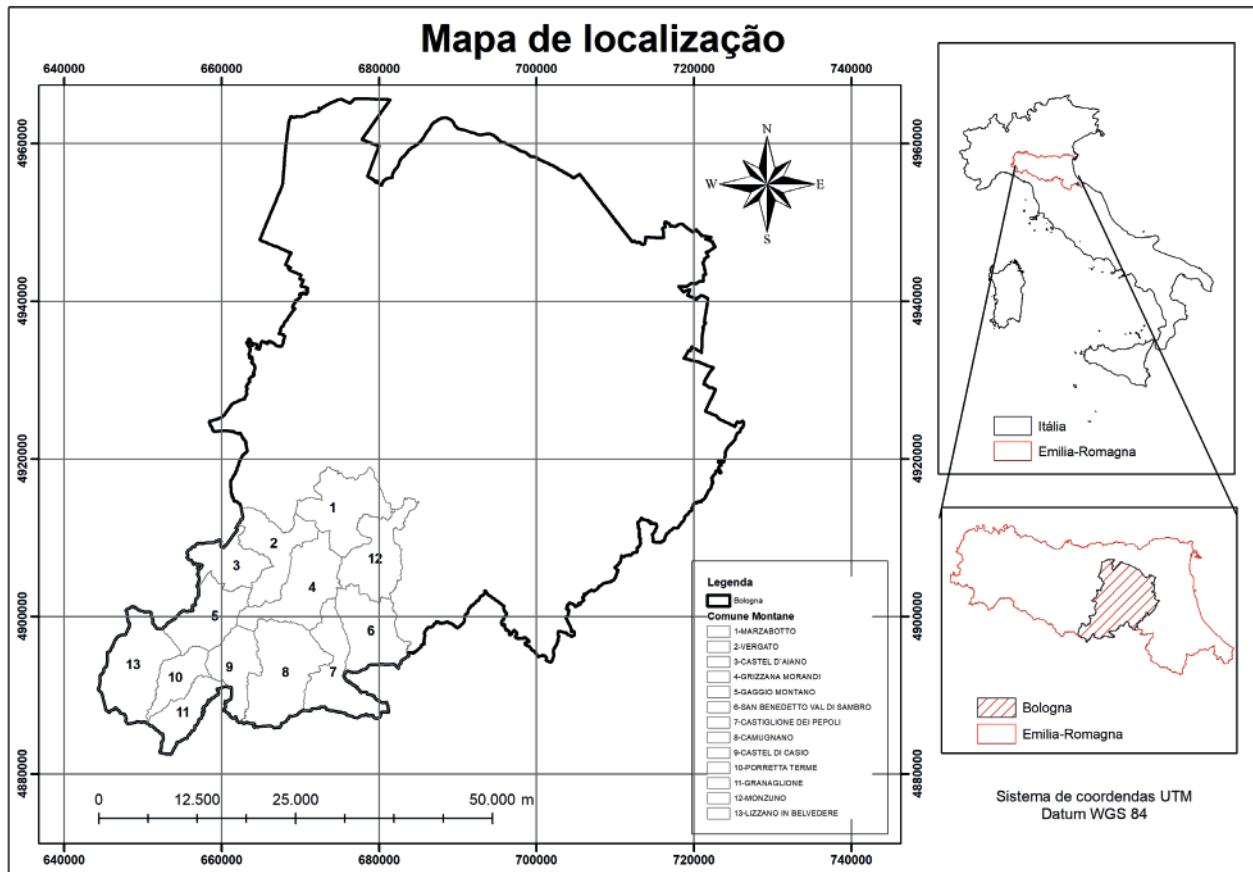


Figura 1. Mapa de localização da área de estudo.

Figure 1. Location map of the study area.

2.3 SOFTWARE CLALSITE

CLASlite (sigla em inglês para *Carnegie Landsat Analysis System*) é um programa que foi desenvolvido em 2007, por Gregory Asner e sua equipe do Instituto Carnegie. Seu objetivo principal é identificar o desmatamento, levando como base as florestas tropicais.

Para o mapeamento das áreas desmatadas foram seguidas algumas etapas (Figura 2), elencadas abaixo:

1ª etapa: Aquisição e preparação das imagens. Utilizaram-se duas imagens do satélite

Landsat 5/TM e Landsat 7/ETM dos anos de 2012 e 2013. As imagens foram adquiridas no site do Serviço de Pesquisa Geológica dos Estados Unidos - USGS, (2017) e georreferenciadas ao Elipsóide WGS-84, projeção UTM e as bandas foram empilhadas em ordem decrescente. Em seguida fez-se a calibração radiométrica, em que se converteram os dados gravados em cada pixel, em unidades quantitativas de refletância. Na mesma operação fez-se também a correção atmosférica, minimizando a influência que os componentes atmosféricos podem ter no valor de refletância registrada para cada pixel. O resultado da calibração é uma imagem de refletância, que

fornece bandas espectrais calibradas de dados brutos da refletância da superfície aparente.

2ª etapa: Fracionamento dos pixels: A determinação da cobertura do solo deu-se a nível de subpixel em toda a imagem, transformando uma imagem de refletância em uma imagem fracionada de cobertura florestal, por meio do fracionamento dos pixels. Essa etapa inovadora do CLASlite torna-se fundamental, pois na maioria das vezes um único pixel inclui vários tipos de cobertura de solo, ou seja, o pixel é heterogêneo. Para superar esse obstáculo, CLASlite possui uma função chamada *AutoMCU*, que determina os diferentes tipos de cobertura do solo dentro de um único pixel (Asner et al., 2004).

O AutoMCU, ou Algoritmo de Monte Carlo (Asner, 1998; Asner e Heidebrecht, 2002; Asner et al., 2004), fornece uma análise quantitativa da cobertura fracional ou percentual (0 - 100%) de vegetação viva e morta, e do substrato descoberto dentro de cada pixel da imagem de satélite. A vegetação viva é tecnicamente referida como Vegetação Fotossintética - VF porque mantém propriedades espectrais únicas associadas aos pigmentos fotossintéticos foliares, ao teor de água do dossel e à quantidade de folhagem no dossel. A fração de vegetação morta ou senescente é denominada Vegetação Não Fotossintética - VNF, com características espectrais associadas a compostos de carbono secos em folhas mortas e madeira exposta. Finalmente, a Superfície descoberta é frequentemente dominada pelo solo mineral exposto, mas também pode ser constituída por rochas e infraestrutura humana (por exemplo, tijolos).

Assim, o CLASlite faz uso de “*endmember*”, que são coleções de amostras com toda a variabilidade de cada uma das classes de Vegetação Fotossintética, Vegetação Não Fotossintética e Superfície descoberta. A biblioteca de “*endmember*” é composta de espectros de referência escolhidos como representantes puros de um dado material de superfície, que abrangem a variabilidade espectral dentro desse material de superfície. Essas bibliotecas são derivadas de bancos de dados de campo de florestas tropicais e de imagens de satélite, fornecendo as assinaturas de reflectância espectral para cada tipologia analisada.

A biblioteca de Superfície descoberta - S incorpora uma gama diversificada de tipos de solo

mineral, níveis de matéria orgânica superficial e condições de umidade. A biblioteca de espectros de VNF (Vegetação Não Fotossintética) inclui a serapilheira, vegetação em senescência, resíduos de desmatamento e outros constituintes de carbono seco coletados de uma ampla gama de espécies em diferentes estados de decomposição. A biblioteca da Vegetação Fotossintética - VF contempla os dados espectrais do dossel das florestas, coletados usando o sensor Hyperion de Observação da Terra (EO-1) (Ungar et al., 2003), que é o único espectrômetro de imagens lançado pela NASA para aplicações ambientais. Os dados foram coletados em muitos locais de controle de florestas tropicais na América Latina, principalmente no Brasil entre 1999- 2012, fornecendo milhões de observações espectrais feitas em resolução de 30 m (Asner et al., 2005).

Dessa forma, com a biblioteca de “*endmember*” o AutoMCU trabalha como uma abordagem probabilística baseada na física do dossel (Asner, 1998) que reduz cada pixel da imagem nas três frações de cobertura constituintes de VF, VNF e S.

3ª etapa: Classificação da cobertura florestal: Após a finalização de todo o processo, o software CLASlite classifica a imagem em: Floresta e Não floresta, considerando os seguintes parâmetros:

Floresta: $VF \geq 80\%$ e $S < 20\%$

Não floresta: $VF < 80\%$ ou $S \geq 20\%$

4ª etapa: Detecção das mudanças florestais: O CLASlite possui recurso totalmente automatizado para detectar a mudança de floresta entre uma série temporal de imagens tiradas da mesma área geográfica ao longo do tempo. A análise temporal é a abordagem mais precisa para a detecção de perda de floresta (desmatamento), ganho (regeneração) ou degradação (áreas de perturbação florestal persistente). Neste caso, utilizou-se como base a imagem do ano de 2012 e comparou-se as informações com a imagem do ano de 2013.

A análise do CLASlite gera duas imagens no final do processo: Uma imagem de distúrbio e outra de desmatamento. A classificação do pixel como desmatamento ou distúrbio é dada por meio de alguns critérios, como pode ser visualizado na Tabela 1.

Tabela 1. Critérios para mapeamento de desmatamento e distúrbios.

Table 1. Criteria for mapping deforestation and disturbances.

Desmatamento	Distúrbio
$(PV1-PV2) \geq 25$	$((NPV2-NPV1) \geq 10) \text{ e } ((PV1-PV2) > 10))$
$((S1 \leq 5) \text{ e } ((S2-S1) \geq 15))$	$((S1 \leq 5) \text{ e } ((S2-S1) > 10) \text{ e } (S2 \leq 15))$
$((PV2 < 80) \text{ e } (NPV2-NPV1) > 20))$	

Conforme Asner et al. (2009) (Figura 2), para ser classificado como desmatamento, o pixel deve perder 25% ou mais de sua fração de Vegetação Fotossintética ou possuir inicialmente baixo teor de Superfície descoberta - S, aumentando de forma acentuada em um intervalo de tempo (dia, mês ou ano). Esse critério pode explicar o desmatamento florestal seguido de uma rebrota, ou a extração de algumas árvores no meio de uma floresta, pois um pixel com muito VF possui pouca

Superfície descoberta, sendo assim, conforme VF vai diminuindo, S aumenta. No entanto, se $S=100$, a Superfície descoberta pode ser considerada como solo exposto ou superfície lisa. Dessa forma, se S passar de 5 para 60, por exemplo, quer dizer que perdeu uma parte de sua cobertura vegetal, porém pode estar em processo de regeneração. O último critério que especifica um pixel como desmatamento é um grande aumento na Vegetação Não Fotossintética - VNF.

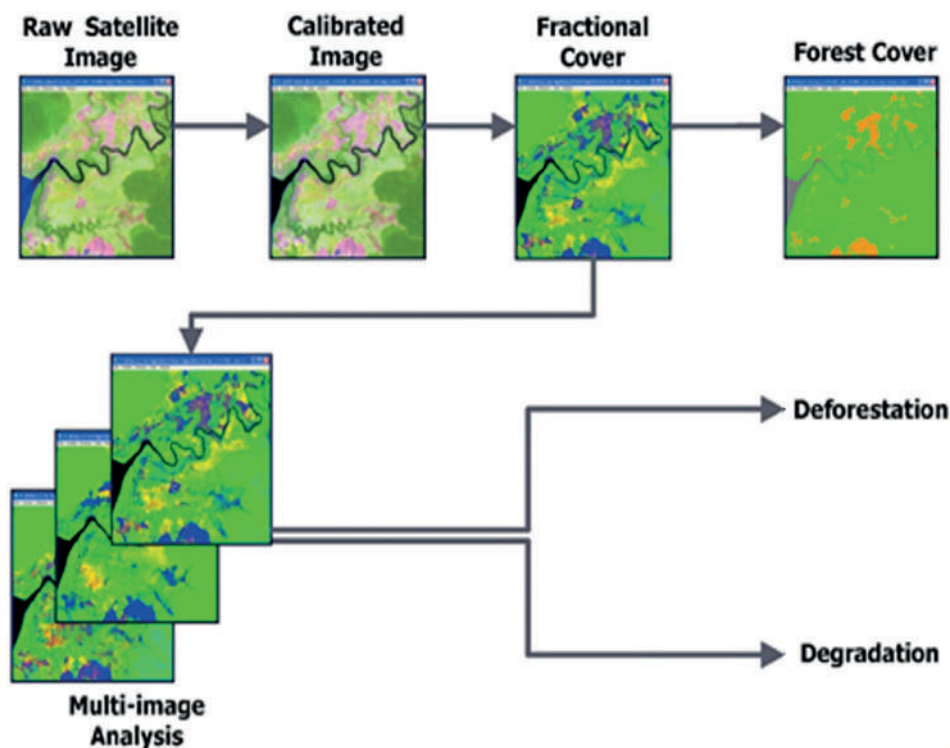


Figura 2. Resumo do funcionamento do sistema CLASlite.

Fonte: <http://CLASlite.carnegiescience.edu/en/about/software.html>, 2018.

Figure 2. Summary of CLASlite system operation.

Source: <http://CLASlite.carnegiescience.edu/en/about/software.html>, 2018.

2.4 ANÁLISES DOS DADOS DE DESMATAMENTO

Após a classificação da imagem pelo software CLASlite, foram gerados os mapas temáticos, calculando-se a área de desmatamento e de distúrbios.

Em seguida, de posse do mapa florestal de Bologna (CISA, 2010) foi possível quantificar a área de vegetação nativa e verificar quais regiões possuem os maiores percentuais de desmatamentos e distúrbios, levando em consideração os dados da classificação da imagem pelo software CLASlite e também os dados disponibilizados pelo sistema da *Polizia Forestale*, da Província de Bologna (Figura 3).

As informações de ambos os dados foram cruzadas, calculando-se a porcentagem de desmatamento, distúrbios e área de vegetação nativa para cada um dos municípios.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os graves processos de degradação e destruição das florestas são as principais causas da redução da superfície florestal na Itália e também nas florestas do mundo inteiro. A classificação e quantificação do desmatamento é fator importante para mensurar a devastação ambiental e realizar o planejamento ambiental, rural e urbano e a realização de medidas compensatórias para mitigar o impacto ambiental.

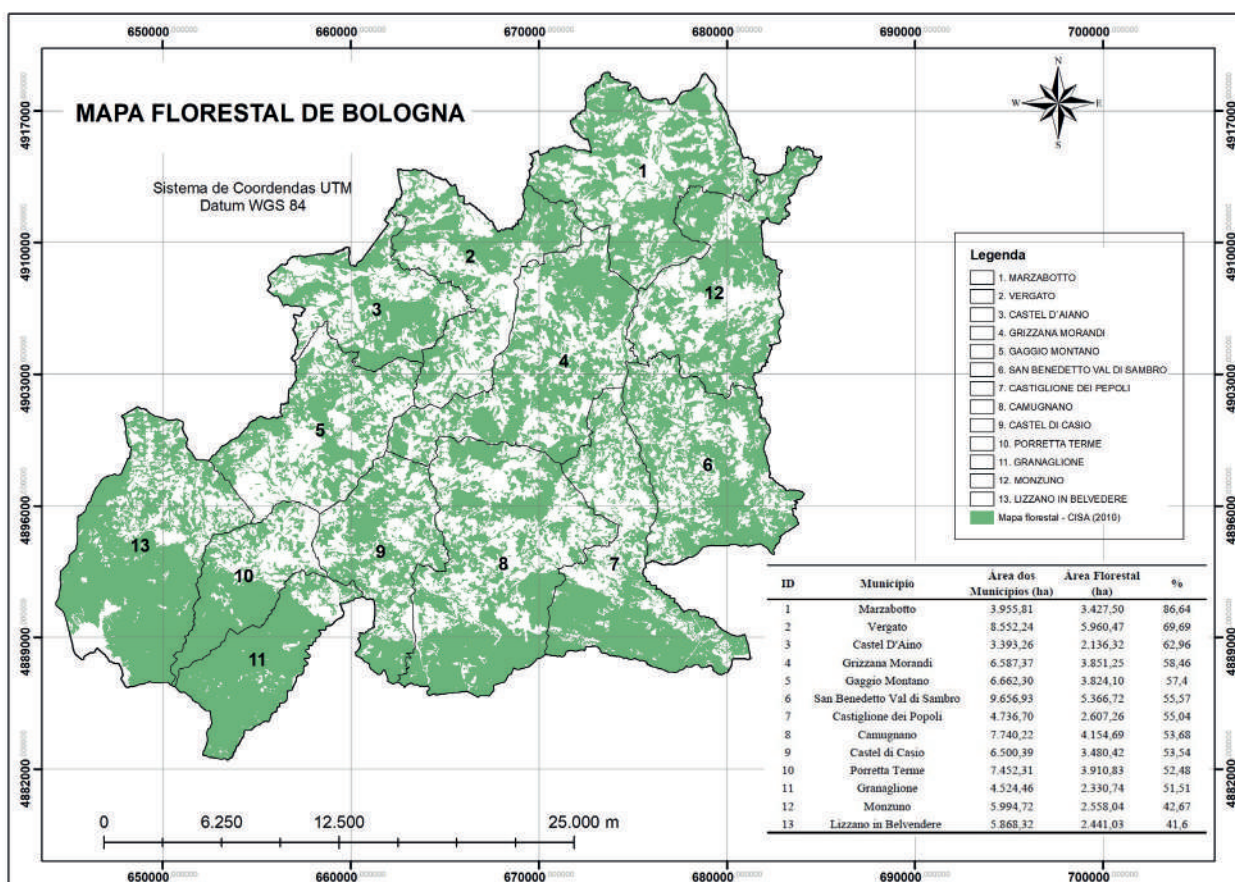


Figura 3. Mapa de quantificação florestal dos 13 municípios em estudo.

Figure 3. Forest quantification map of the 13 municipalities under study.

O mapa florestal de CISA (2010) demonstrou uma área total de 46.075,47 ha de florestas nativas em todo o território estudado. Conforme avaliação também realizada individualmente, foi possível quantificar a área florestal em cada um dos municípios em estudo. Na Figura 3 pode ser visualizada a área total de floresta nativa mapeada na região, bem como o percentual de área com floresta em cada um dos municípios estudados. Percebe-se que o município de Granaglione possui a maior porcentagem de área florestal de toda a região, com 86,64%.

De forma contrária, o município de Gaggio Montano possui a menor área florestal, com

41,60%. Pelas análises das imagens de satélite dos anos de 2012 e 2013, a área de floresta desmatada na região foi de 955,23 ha, divididos entre distúrbios (286,17 ha) e desmatamentos (669,06 ha). Asner et al. (2009), afirma que as áreas onde houve ocorrência recente de corte raso, extração ou outra perturbação florestal, são facilmente identificadas com os algoritmos de CLASlite. Tanto o desmatamento como o crescimento de floresta secundária podem também ser rastreados, além de ser possível diferenciar os temas desmatamento e perturbação florestal (Figura 4).

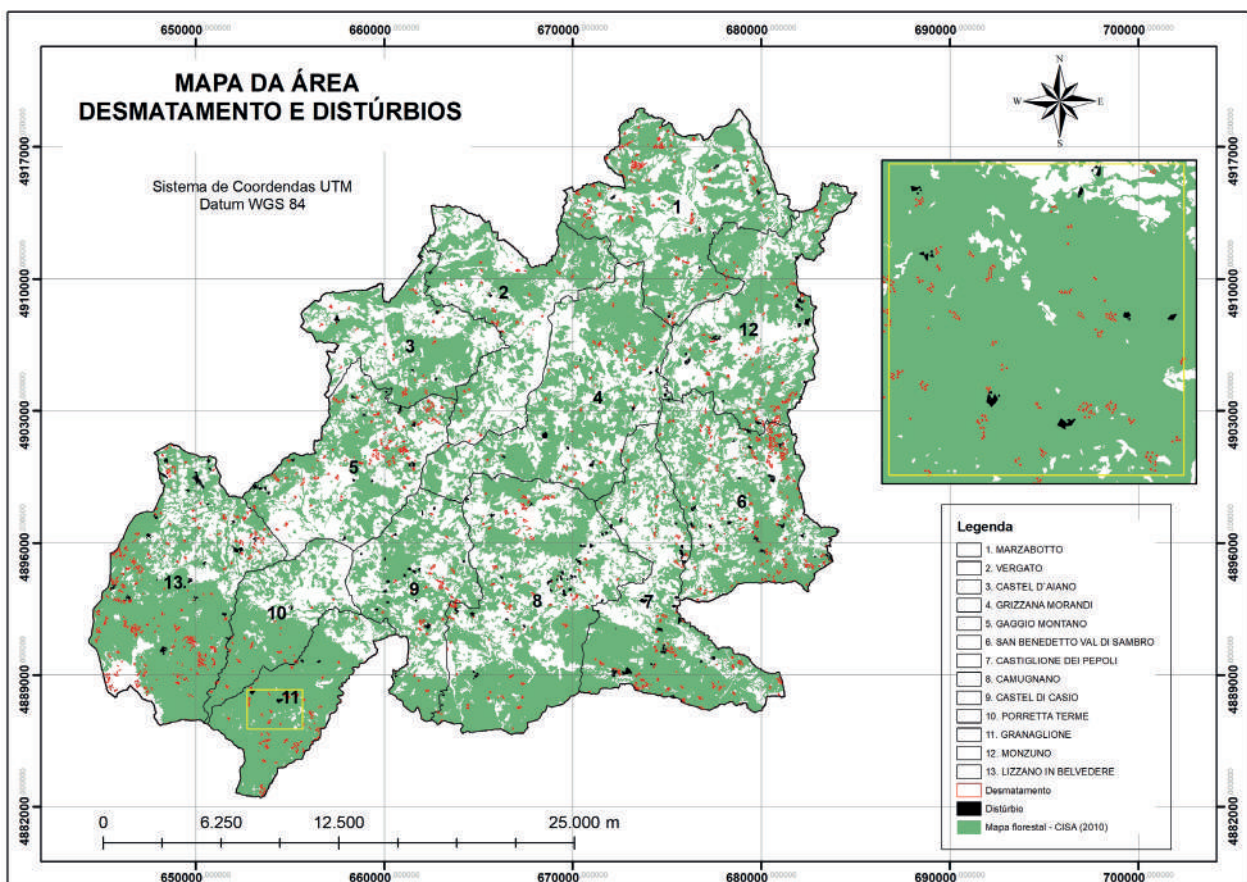


Figura 4. Mapa dos locais onde ocorreram desmatamentos e distúrbios na região.

Figure 4. Map of places where deforestation and disturbances occurred in the region.

Ao realizar-se o cálculo das áreas sem floresta para cada um dos municípios, foi possível identificar que a localidade que possui maior quantidade de área desflorestada foi o Município de Camugnano com 139,37 ha onde ocorreram distúrbios e desmatamentos. Já o município de Granaglione é o que possui a menor área desmatada, totalizando apenas 9,84 ha, e a maior área com floresta nativa, com 3.427,5 ha (86,64%

do território). Esse fato é claramente explicado devido à geografia, visto que o local é um dos mais montanhosos da região analisada, possuindo menores áreas disponíveis para agricultura e para as demais atividades não florestais.

Os valores de área desmatada e de distúrbios, em hectare, das demais regiões podem ser visualizados na Tabela 2.

Tabela 2. Total de desmatamentos e distúrbios classificados por CLASlite nos 13 municípios.

Table 2. Total deforestation and disturbances classified by CLASlite in the 13 municipalities.

Municípios (ha)	Área desmatada (ha)	Área com distúrbios (ha)	Soma (ha)
Camugnano	105,87	33,5	139,37
Monzuno	97,18	22,42	119,6
Castel di Casio	70,32	33,5	103,82
Marzabotto	82,95	26,93	109,88
Grizzana Morandi	72,64	55,32	127,96
Castiglione dei Pepoli	33,7	40,7	74,4
San Benedetto Val di Sambro	69,84	26,035	95,87
Vergato	36,94	10,88	47,82
Lizzano in Belvedere	36,7	15,67	52,37
Gaggio Montano	24,68	9,07	33,75
Porretta Terme	22,47	5,07	27,54
Castel d'Aiano	9,27	3,9	13,17
Granaglione	7,1	2,74	9,84
Total	669,66	285,73	955,39

Para confrontar os dados da classificação das imagens de satélite, foram obtidos os dados de corte de vegetação, declarados no sistema da *Polizia Forestale*, da Província de Bologna. Na tabela 3 podem ser visualizadas as porcentagens de áreas mapeadas por CLASlite em relação à área desmatada que foi declarada.

Percebe-se que toda a área desmatada classificada pelo software CLASlite, foi menor do que a área declarada de desflorestamento. Apenas as regiões de Porretta Terme e Lizzano in Belvedere obtiveram valores acima de 80% de áreas igualmente mapeadas, em relação ao desmatamento declarado

no banco de dados da *Polizia Forestale* e da área identificada pelas análises do software CLASlite.

Dessa forma, verificou-se uma diferença de 498,86 ha de área desmatada que foi subestimada, ou seja, 34,30% a menos na análise feita por CLASlite. Porém, essa diferença representa apenas 0,61 % da área total de estudo e 1,08 % do total de vegetação nativa encontrada. Estudo similar com CLASlite foi realizado no Brasil (Asner et al., 2009), onde foi analisado 480 imagens feitas de 1999 a 2002 dos Estados do Pará, Mato Grosso, Rondônia, Roraima e Acre.

Tabela 3. Relação entre dados da Polizia Forestale e os dados classificados por CLASlite.

Tabela 3. Relação entre dados da Polizia Forestale e os dados classificados por CLASlite.

Municípios	Desmatamento declarado	Desmatamento classificado	Área desmatada em relação à área declarada (%)	Déficit de área mapeada (ha)	Déficit de área mapeada %
Camugnano	207,71	139,37	67,1	68,34	32,9
Monzuno	186,73	119,6	64,05	67,13	35,95
Castel di Casio	181,47	103,82	57,21	77,65	42,79
Marzabotto	175,46	109,88	62,62	65,58	37,38
Grizzana Morandi	163,16	127,96	78,42	35,2	21,57
Castiglione dei Pepoli	151,48	74,4	49,11	77,08	50,88
San Benedetto Val di Sambro	125,33	95,87	76,49	29,46	23,5
Vergato	76,77	47,82	62,29	28,95	37,71
Lizzano in Belvedere	61,81	52,37	84,72	9,44	15,27
Gaggio Montano	47,79	33,75	70,62	14,04	29,38
Porretta Terme	31,45	27,54	87,56	3,91	12,43
Castel d'Aiano	29,42	13,17	44,76	16,25	55,23
Granaglione	15,64	9,84	62,91	5,8	37,08
Total	1454,25	955,39	----		

Nesses estudos iniciais, o CLASlite foi usado para mapear a extração seletiva de árvores, com uma estimativa de erro, entre 11 e 14%.

O Município de Castel d'Aino, possui a maior diferença entre os dados, 55,23% de área desmatada não mapeada. A região de Porretta Terme obteve a menor diferença (12,43%), evidenciando uma melhor classificação nesse local.

Em estudos realizados por Bryan et al., (2013), em Bornéo, ilha pertencente à Indonésia e à Malásia, pode-se perceber grandes diferenças entre as florestas devastadas nas localidades de Sarawak, Sabah e Brunei. Essas áreas são caracterizadas pela grande perda florestal, devido à exploração madeireira e ao extrativismo do óleo da palmeira. Anteriormente às análises realizadas com CLASlite, não se tinha dados coerentes sobre as mudanças ocorridas na paisagem, devido às más medições realizadas em campo ou por imagens de satélite com grande porcentagem de cobertura de nuvens e sem as devidas correções.

O uso de sensoriamento remoto é uma ferramenta importante para comparar dados de campo com os dados obtidos de forma indireta. No entanto, muitos são os obstáculos que podem interferir no momento da classificação florestal por imagens de satélite. O desmatamento mapeado com imagens Landsat no software CLASlite mostrou uma subestimação de 498,86 ha de área. Esse fato pode ser explicado devido às imagens apresentarem nuvens e sombras, consequência do relevo montanhoso da região. Além disso, outras perturbações atmosféricas podem ser responsáveis por esse resultado. Os principais causadores desse problema são os aerossóis atmosféricos, vapor d'água e outros gases, como oxigênio e ozônio. Além disso, os dados de supressão de vegetação, considerados no período de 2012/2013, não estabelecem uma data determinada, dessa forma, o dia e o mês das imagens podem contribuir com a diferença verificada.

A baixa resolução espacial das imagens Landsat (30 x 30 metros), também pode interferir no

momento do mapeamento, visto que quanto maior o pixel, maior será a variabilidade interna. Dessa forma, o algoritmo AutoMCU utilizado com auxílio de *endmember*, pode confundir-se mais facilmente, mesmo com a fragmentação, visto que a biblioteca espectral leva em consideração amostras de florestas tropicais. Esse algoritmo procura automaticamente pixels contendo o máximo de informações referentes a um elemento na paisagem, tais como água, solo, vegetação ou sombra. Isso serve de guia para a localização dos pixels referenciais usados na análise de mistura espectral (Asner et al., 2003).

A fragmentação dos pixels no CLASlite é realizada de forma automatizada pelo AutoMCU com uma abordagem probabilística baseada na física do dossel (Asner, 1998) para desfragmentar cada pixel da imagem nas três frações de cobertura componentes, VF, VNF e S. Ao contrário dos demais tipos de classificadores, não há fragmentação do pixel e este é classificado de forma integral, considerando apenas a informação espectral de cada pixel como um todo para encontrar regiões homogêneas (Classificadores pixel a pixel), como por exemplo o Classificador MAXVEL, ou utilizam, além de informação espectral de cada pixel, a informação espacial que envolve a relação com seus vizinhos (Classificadores por regiões) como o Classificador Battacharya (Silva, 2015).

Deve-se também considerar que os “*endmembers*” de CLASlite são de florestas tropicais. O limiar de S, VF e VNF, conforme Asner et al. (2009), podem ser usados em todos os tipos de florestas, mas em alguns casos deve ser ajustado. Conforme estudos realizados através da biblioteca *endmember*, descobriu-se que um pixel com floresta possui uma porcentagem \geq de 80% de cobertura florestal em florestas tropicais. Além disso, VF deve possuir uma porcentagem menor de 20% da classe de substrato. Fatores como esse, em florestas temperadas e com menor densidade de copa, afetam diretamente a interpretação dos dados.

4 CONCLUSÃO

Verificou-se que as regiões estudadas nesse trabalho possuem uma ampla cobertura florestal. Em média 57,02% do total do território de cada município é ocupado por floresta nativa.

A classificação efetuada por CLASlite revelou 955,23 ha de área desmatada e segundo o

banco de dados da *Polizia Forestale* local, entre 2012 e 2013 foram desmatados 1.454,25 ha de florestas. A diferença na quantificação das áreas ocorreu pelos diferentes métodos de aquisição de dados, baixa resolução espacial da imagem, interferência atmosférica, presença de nuvens e sombras na imagem, visto que não foi possível adquirir uma imagem com todos os parâmetros adequados para a data das análises.

O ajuste dos limiares de Vegetação Fotossintética - VF, Vegetação Não Fotossintética - VNF e Superfície descoberta - S devem ser feitos considerando as características da área estudada, para garantir maior precisão aos dados. Para tanto, devem ser inseridas amostras da variabilidade espectral das florestas temperadas, que sejam capazes de aumentar a variabilidade de “*endmembers*” da biblioteca.

A ferramenta testada nesse estudo, CLASlite, viabiliza e incrementa os demais métodos de mapeamento de desmatamento e são fundamentais no planejamento territorial de um país, como a Itália, que não possui condições climáticas favoráveis ao plantio de florestas para exploração, devendo manejar suas florestas nativas para suprir toda demanda de madeira e seus derivados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASNER, G. P. Biophysical and biochemical sources of variability in canopy reflectance. **Remote sensing of Environment**, v. 64, n. 3, p. 234-253, 1998.

ASNER, G.P.; HEIDEBRECHT, K.B. Spectral unmixing of vegetation, soil and dry carbon cover in arid regions: comparing multispectral and hyperspectral observations. **International Journal of Remote Sensing**, v. 23, n.19, p. 3939-3958, 2002.

ASNER, G.P.K.; BALAJI, A.; e PAEZ-ACOSTA, G. Mapeamento automatizado do desmatamento tropical e a degradação das florestas: CLASlite. **Journal of Applied Remote Sensing**, v. 3, p. 1-24, 2009.

ASNER, G.P.; BUSTAMANTE, M.M.C.; TOWNS END, A.R. Scale dependence of biophysical structure in deforested lands bordering the Tapajós National Forest, Central Amazon. **Remote Sensing of Environment**, v. 87, p.507-520, 2003.

ASNER, G.P.; CARLSON, K.M.; MARTIN, R. E. Substrate age and precipitation effects on Hawaiian forest canopies from spaceborne imaging spectroscopy. **Remote Sensing of Environment**, v. 98 p. 457-467, 2005.

ASNER, G.P.; KELLER, M.; SILVA, J.N. MSpatial and temporal dynamics of forest canopy gaps following selective logging in the eastern Amazon. **Global Change Biology**, v.10, n.5, p. 765-783, 2004.

BRYAN J.E; SHERMAN, P. L.; ASNER, G.P; KNAPP, D. E.; AORO, G.; LOKES, B. Extreme Differences in Forest Degradation in Borneo: Comparing Practices in Sarawak, Sabah, and Brunei. **PLoS ONE**, v.8, n.7, 2013.

CASAGRANDE, B. **Caracterização do meio físico e avaliação do desmatamento no município de Cacoal – RO de 1987-2007, utilizando técnicas de geoprocessamento**. 2009. 119 f. Dissertação e Mestrado (Mestrado em Geografia e gestão do território) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia– MG.

CISA - Centro Innovazione Sostenibilità Ambientale (2010). **RAPPORTO sulle emissioni comunali e sugli stock forestali di CO2 dei Municipios dell'Appennino bolognese**. Porretta Terme, Bologna. Disponível em: <<http://www.centrocisa.it/materiale/pubblicazioni/RapportoCO2.pdf>> Acesso em: 10 jan. 2015.

FAO - Food and Agricultural Organization of the United Nations, Global Forest Land-Use Change 1990-2005, **FAO Forestry Paper No. 169** (Food and Agricultural Organization of the United Nations, Rome, 2012). Disponível em: <<http://www.fao.org/forestry/fra/en/>> Acesso em: 05 fev. 2015.

POMPEI, E. **Espansione delle foreste italiane negli ultimi 50 anni: il caso della Regione Abruzzo**. 2003. Tese (Dottorato di Ricerca in Ecologia Florestale) - Università degli Studi della Toscana, Viterbo.

POELKING, E.L. **Aptidão, evolução e conflitos de uso das terras no município de Itaara, RS**. 2007, 67 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria.

SERVIÇO DE PESQUISA GEOLÓGICA DOS ESTADOS UNIDOS - USGS. Disponível em: <<http://earthexplorer.usgs.gov/>>. Acesso em: 18 jul. 2018.

SILVA, V.M. **Classificação de imagens por sensoriamento remoto: Análise comparativa das metodologias Pixel a Pixel e Segmentação por Região**. 2014. 41 f. Monografia (Especialização em Geoprocessamento) - Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte.

TEIXEIRA, A.L.ttA; CHRISTOFOLETTI, A. **Sistema de Informação Geográfica** - Dicionário Ilustrado. Ed. Hucitec, 1997. 244 p.

UNGAR, S.G.; et al. Overview of the Earth Observing One (EO- 1) mission. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v. 41, n.6, p. 1149-1159, 2003.