



ESCOLA SUPERIOR DE CONSERVAÇÃO AMBIENTAL E SUSTENTABILIDADE

**ANÁLISE DA DINÂMICA ATUAL DO DESMATAMENTO NA APA DO PRATIGI E
SUAS IMPLICAÇÕES FUTURAS PARA AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS**

Por

BRUNO MELO DA MATTA

NAZARÉ PAULISTA, 2015



ESCOLA SUPERIOR DE CONSERVAÇÃO AMBIENTAL E SUSTENTABILIDADE

**ANÁLISE DA DINÂMICA ATUAL DO DESMATAMENTO NA APA DO PRATIGI E SUAS
IMPLICAÇÕES FUTURAS PARA AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS.**

Por

BRUNO MELO DA MATTA

COMITÊ DE ORIENTAÇÃO

**ALEXANDRE UEZU
CLINTON N. JENKINS
EDUARDO H. DITT**

**TRABALHO FINAL APRESENTADO AO PROGRAMA DE MESTRADO
PROFISSIONAL EM CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE E DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL COMO REQUISITO PARCIAL À OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE**

**IPÊ – INSTITUTO DE PESQUISAS ECOLÓGICAS
NAZARÉ PAULISTA, 2015**

Ficha Catalográfica

Matta, Bruno Melo.

Análise da dinâmica atual do desmatamento na APA do Pratigi e suas implicações futuras para as mudanças climáticas, 2015. 100 pp.

Trabalho Final (mestrado): IPÊ – Instituto de Pesquisas ecológicas

1. Desmatamento
2. Modelagem
3. REDD+
 - I. Escola Superior de Conservação Ambiental e Sustentabilidade, IPÊ

BANCA EXAMINADORA

LOCAL E DATA

Prof. Dr.

Prof. Dr.

Prof. Dr.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, inicialmente, aos meus pais (Sylvio e Reinalda) por todos os ensinamentos, orientações e por sempre me mostrarem o caminho do compromisso, da ética e da moral, sem o apoio deles não teria sido possível chegar aonde eu cheguei.

Agradeço, a minha esposa, Mônica, pela paciência, pelo suporte, apoio e pelas valiosas orientações ao longo do período do mestrado, sem você o caminho percorrido teria sido muito mais complicado e difícil.

Agradeço a OCT por me apoiar durante os estudos possibilitando o desenvolvimento das análises realizadas nessa dissertação, permitindo conciliar as minhas atribuições profissionais com as acadêmicas.

Gostaria de agradecer toda a equipe da OCT, pelas valiosas trocas de experiências ao longo dos anos que estive envolvido nas ações realizadas na APA do Pratigi, em especial, Roque Fraga, Maurício Paim, Volney Fernandes, Rogério Ribeiro e Renan Kamimura!

Agradeço aos meus orientadores (Alexandre Uezu, Clinton Jenkins e Eduardo Ditt) pelos conselhos, orientações metodológicas, sugestões que foram extremamente uteis para o melhoramento do estudo, assim como em seu aprimoramento, permitindo uma maior robustez científica nas análises desenvolvidas, meu muito obrigado!

Agradeço aos docentes e discentes da ESCAS/IPÊ, 3º turma da Bahia, pelos momentos passados juntos, nas importantes discussões que houve ao longo das aulas, com relação a questões vinculadas a conservação da biodiversidade e desenvolvimento sustentável.

Resumo

O estudo da dinâmica do desmatamento é de extrema importância para a melhor compreensão dos fenômenos e processos que determinam a mudança do uso da terra. Na região do Bioma Mata Atlântica (um *hotspot* de biodiversidade), uma análise desse porte permite o desenho de ações efetivas para a conservação dos fragmentos florestais ainda existentes. Após mais de 500 anos de exploração dos recursos naturais no Bioma o baixo recobrimento da cobertura vegetal e o nível crítico de fragmentação são uma preocupação para a geração dos serviços ecossistêmicos prestados pelas florestas, para a maior parte da população brasileira. Mesmo com a existência de legislações específicas (Lei nº11.428/2006) para a proteção e conservação da Mata Atlântica, o desmatamento ainda existe no Bioma, sendo ainda considerado como uma prática comum em muitas regiões. Na região do Corredor Central da Mata Atlântica, por exemplo, onde se localiza a APA do Pratigi, ainda existem importantes remanescentes e maciços florestais. Na APA do Pratigi, em 2011, 49% do seu território possuía cobertura florestal, o que demonstra a importância da região para a conservação da biodiversidade e fomento de atividades sustentáveis. No entanto, no período entre 2000 e 2011, o desmatamento na região teve um incremento de 9%, equivalente a aproximadamente 14 mil hectares, chegando a uma média de 1273 hectares por ano no período. Esse desmatamento ocorrido acarretou em um grande impacto para os serviços ecossistêmicos prestados pelas florestas da APA, principalmente para o clima, em função da emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE) para a atmosfera. Devido à importância das florestas para a mitigação das mudanças climáticas as atividades de conservação florestal que evitem o desmatamento são foco de extensas discussões para serem incluídas no mercado regulatório. Enquanto no mercado oficial de carbono não é possível obter créditos de carbono devido ao desmatamento evitado, o mercado voluntário torna-se uma opção. Um exemplo é o Padrão Verificável de Carbono (Verified Carbon Standard, VCS). A elaboração de um projeto de desmatamento evitado, também conhecido como REDD ou REDD+ (Reduced Emissions from Deforestation and Degradation) no padrão VCS pode ser uma alternativa para a redução de emissões de GEE para a atmosfera contribuindo para a conservação da biodiversidade e para o desenvolvimento sustentável. Dentre as metodologias existentes, optou-se por utilizar nesse estudo a VM0015 que possui o maior potencial de aplicabilidade para a APA do Pratigi dentre as existentes no padrão VCS. O objetivo

geral do estudo foi de compreender os processos históricos da dinâmica do desmatamento no período entre 2000-2011 na APA do Pratigi, situada na região do Baixo Sul da Bahia, no período entre 2000-2006 a taxa média anual do desmatamento foi de 1,21%; já no segundo período da análise entre 2006-2011 a taxa média anual do desmatamento foi de 1,55%. Em 2000, na APA do Pratigi, a área desmatada era de aproximadamente 38.312 ha, o que corresponde a 22%; já em 2011 houve a área desmatada representava 31% da APA, com aproximadamente 52.319 ha.

Através da análise temporal da dinâmica do desmatamento foi possível desenvolver um modelo de mudanças do uso da terra na área de estudo, que possibilitou estimar o desmatamento futuro na APA até 2041, considerando a continuidade da prática comum no período de referência. Foram selecionados como variáveis explicativas do desmatamento os vetores: distância do desmatamento em 2000, distância das sedes municipais, distância das comunidades, distância de estradas e distância da hidrografia. Foi possível estimar, também, as implicações do desmatamento previsto para as mudanças climáticas com um desmatamento de 31.322 ha na APA do Pratigi no intervalo de 2011-2041, com uma taxa média anual estimada de desmatamento de 1,2%; podendo representar a emissão total de 10.443.422 tCO₂ para a atmosfera, considerando o cenário de linha de base. No cenário de desenvolvimento de um projeto de carbono de REDD+ visando à certificação no padrão VCS e a comercialização dos créditos gerados, isso poderia representar potencialmente uma receita bruta de USD 43 milhões em 30 anos de projeto.

Sumário

| | |
|--|----|
| 1. INTRODUÇÃO | 11 |
| 1.1. Mata Atlântica..... | 11 |
| 1.2. A Influência do desmatamento nas mudanças climáticas | 14 |
| 1.3. REDD+ (Reduced Emissions From Deforestation and Degradation) | 17 |
| 2. OBJETIVOS | 22 |
| 2.1. Objetivo Geral | 22 |
| 2.2. Objetivos Específicos..... | 22 |
| 3. MATERIAIS E MÉTODOS | 22 |
| 3.1. Área de estudo..... | 22 |
| 3.2. Referencial Metodológico..... | 24 |
| 3.3. Mapeamentos de uso ocupação da terra | 25 |
| 3.4. Validação do mapeamento de uso e ocupação da terra (2000, 2006 e 2011)..... | 28 |
| 3.4.1. Cálculo do tamanho amostral para determinação da estimativa “p”..... | 28 |
| 3.4.2. Escolha das amostras..... | 29 |
| 3.4.3. Processo de validação..... | 29 |
| 3.4.4. Matriz de Confusão | 30 |
| 3.5. Modelagem das mudanças do uso da terra | 30 |
| 3.6. Análise da dinâmica do uso da terra | 31 |
| 3.7. Análise dos vetores e causas do desmatamento..... | 31 |
| 3.8. Redes Neurais..... | 38 |
| 3.9. Predições de mudanças | 40 |
| 3.10. Validação do modelo..... | 41 |
| 3.11. Estimativa das emissões de Gases de Efeito Estufa..... | 42 |
| 4. RESULTADOS..... | 45 |
| 5. DISCUSSÕES..... | 73 |
| 6. CONCLUSÃO..... | 90 |
| 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 91 |

Sumário de figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1. Mapa de localização do Mosaico de APAs do Baixo Sul da Bahia, em destaque a APA do Pratigi com os municípios abrangidos (Fonte: PDCIS, 2013). | 23 |
| Figura 2. Mapa de biomassa acima do solo na APA do Pratigi (Mg/ha), dados BACCINI <i>et al.</i> 2012. | 44 |
| Figura 3. Mapa de uso e ocupação da terra de 2000 da APA do Pratigi, Bahia. | 49 |
| Figura 4. Mapa de uso e ocupação da terra de 2006 da APA do Pratigi, Bahia. | 50 |
| Figura 5. Mapa de uso e ocupação da terra de 2011 da APA do Pratigi, Bahia. | 51 |
| Figura 6. Mapa da dinâmica e geografia do desmatamento na APA do Pratigi (2000-2011). | 54 |
| Figura 7. Mapa dos Projetos de Assentamento (PA) da Reforma Agrária do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), na APA do Pratigi, BA. | 57 |
| Figura 8. Mapa da distância (m) do desmatamento ocorrido até 2000, na APA do Pratigi, BA. | 58 |
| Figura 9. Mapa da declividade (graus), na APA do Pratigi, BA. | 59 |
| Figura 10. Mapa de distância (km) das sedes municipais, na APA do Pratigi, BA. | 60 |
| Figura 11. Mapa de distância (m) da hidrografia, na APA do Pratigi, BA. | 61 |
| Figura 12. Mapa de distância (m) das estradas, na APA do Pratigi, BA. | 62 |
| Figura 13. Mapa de distância (m) das comunidades, na APA do Pratigi, BA. | 63 |
| Figura 14. Gráfico apresentando os indicadores dos 10 melhores modelos testados no estudo. | 66 |
| Figura 15. Histograma da frequência dos valores de vulnerabilidade (potencial de transição) no período entre 2006-2011, com relação às áreas que efetivamente apresentaram mudança no mesmo período analisado. | 67 |
| Figura 16. Histograma da frequência dos valores de vulnerabilidade (potencial de transição) no período entre 2006-2011, com relação às áreas que não apresentaram mudança (persistência) no mesmo período analisado. | 68 |
| Figura 17. Mapa do potencial de transição (vulnerabilidade) da classe Floresta para a classe Desmatamento na APA do Pratigi utilizado para modelar as mudanças futuras do uso da terra. | 70 |
| Figura 18. Mapa de uso e ocupação da terra, estimado para APA do Pratigi em 2041 e contendo a evolução do desmatamento no período de análise (2011-2041). | 71 |
| Figura 19. Utilização do fogo para limpeza de área em pousio em 2013, comunidade Roda d'água, Piraí do Norte, APA do Pratigi, Bahia. | 79 |
| Figura 20. Área recém-desmatada, busca de terras férteis em 2012, na comunidade do Rio do Meio, Igrapiúna, APA do Pratigi, Bahia. | 79 |
| Figura 21. Um retrato do uso e ocupação da terra. Percebe-se uma nova frente de desmatamento sobre o fragmento florestal (demanda de terras férteis), enquanto pastagens abandonadas estão sobre “pousio” – processo de regeneração em 2012, na comunidade Juliana, Piraí do Norte, APA do Pratigi, Bahia. | 81 |
| Figura 22. Extração seletiva de madeira realizada na comunidade do Riachão para fins energéticos, município de Igrapiuna, APA do Pratigi, Bahia. | 82 |
| Figura 23. Extração seletiva de madeira realizada na comunidade PA Mata do Sossego para fins de construção civil, município de Igrapiuna, APA do Pratigi, Bahia. | 83 |

Sumário de tabelas

| | |
|---|----|
| Tabela 1. Origem dos dados de mapeamento do uso e ocupação da terra utilizados no estudo atual. | 26 |
| Tabela 2. Agrupamento das classes dos dados de uso da terra fornecidos pela OCT..... | 27 |
| Tabela 3. Matriz de informações das variáveis escolhidas para o modelo..... | 33 |
| Tabela 4. Matriz de erros para validação do mapa de uso e ocupação da terra de 2000 da APA do Pratigi..... | 46 |
| Tabela 5. Matriz de erros para a validação do mapa de uso e ocupação da terra de 2006 da APA do Pratigi..... | 46 |
| Tabela 6. Matriz de erros para a validação do mapa de uso e ocupação da terra de 2011 da APA do Pratigi..... | 47 |
| Tabela 7. Dados da cobertura e uso da terra no período de referência (2000-2011)..... | 52 |
| Tabela 8. Matriz de mudança do uso da terra no intervalo entre os anos de 2000-2006, em hectares, APA do Pratigi, Bahia..... | 52 |
| Tabela 9. Matriz de mudança do uso da terra no intervalo entre os anos de 2006-2011, em hectares, APA do Pratigi, Bahia..... | 53 |
| Tabela 10. Análise de sensibilidade “Jackknife” para seleção das variáveis explicativas com maior potencial de explicação das mudanças do uso da terra. | 56 |
| Tabela 11. Resultados da análise de sensibilidade para escolha do modelo com maior potencial de explicação das mudanças do uso da terra do período em análise..... | 65 |
| Tabela 12. Resultado estimado da transição entre Floresta para Desmatamento. | 72 |
| Tabela 13. Análise da Estatística dos valores de Biomassa, Carbono e Dióxido de Carbono na APA do Pratigi (Fonte dos dados: BACCINI <i>et al.</i> 2012). | 72 |
| Tabela 14. Resultado estimado das emissões totais de GEE (em tCO ₂) na APA do Pratigi no período analisado | 73 |
| Tabela 15. Pressões e ameaças sofridas pela biodiversidade da APA do Pratigi e seus efeitos. | 83 |
| Tabela 16. Compilação dos dados dos projetos de REDD+ listados na base de dados do VCS e que utilizaram a metodologia VM0015..... | 76 |

1. INTRODUÇÃO

1.1. Mata Atlântica

A Mata Atlântica é um Bioma formado por um conjunto de formações florestais (Florestas: Ombrófila Densa, Ombrófila Mista, Estacional Semidecidual, Estacional Decidual e Ombrófila Aberta), além da existência de ecossistemas associados como as restingas, manguezais e campos de altitude, que se estendem originalmente por aproximadamente 1.300.000 km² em 17 estados do território brasileiro (MMA, 2014).

Essa conformação possibilita a ocorrência de impressionante riqueza de espécies e grande número de endemismos nesse bioma, o que fez com que a Mata Atlântica fosse considerada um dos *hotspots* mundiais de biodiversidade. Os *hotspots* são áreas extremamente ricas em espécies endêmicas e cujos ambientes são bastante ameaçados. São consideradas áreas prioritárias para a conservação. Representam apenas 1,4% da superfície terrestre e abriga mais de 60% das espécies terrícolas de todo o mundo (CEPF, 2001).

No entanto, de acordo com RIBEIRO *et al.* (2009) a situação de fragmentação florestal do Bioma é crítica, quando se analisa a cobertura vegetal ainda existente do Bioma, de apenas 11,7% segundo. Esse estudo realizou o mapeamento sistemático do Bioma utilizando um método de acurácia mais preciso em relação a estudos similares

A ocupação urbana do Bioma é um dos grandes motivos dessa situação de degradação ambiental, de acordo com a SOSMA (2014) mais de 69% da população brasileira, ou seja, aproximadamente 131 milhões de habitantes, vivem em 3.284 municípios na Mata Atlântica. Isso representa uma forte pressão sobre os fragmentos florestais.

O início da destruição da Mata Atlântica data da chegada dos portugueses em 1500. Embora ocupada por grupos indígenas tupis relativamente numerosos, como os Tupinambás, que já praticavam a agricultura, os relatos dos viajantes e estudiosos do século XVI não registram qualquer sinal de destruição da cobertura florestal. A relação do colonizador com a floresta e seus recursos foi, desde sua origem, predatória. A falta de percepção da importância dos benefícios ambientais proporcionados pela cobertura florestal nativa e a valorização exclusiva da madeira em detrimento de produtos não madeireiros, levou à supressão de enormes áreas para expansão de lavouras e assentamentos urbanos e a adoção de práticas de exploração seletiva e exaustiva de espécies (ISA, 2001).

Desde o início da colonização europeia, com a ocupação dos primeiros espaços territoriais próximos à região costeira e a exploração do pau-brasil, muita matéria-prima passou a ser explorada. Os impactos dos diferentes ciclos de exploração vieram do ouro, da cana-de-açúcar e, posteriormente, do café. Novos ciclos econômicos de desenvolvimento e de integração nacional surgiram e instalou-se de vez um processo de industrialização e, conseqüentemente, de urbanização, com as principais cidades e metrópoles brasileiras assentadas hoje na área originalmente ocupada pela Mata Atlântica. Isso fez com que sua vegetação natural fosse reduzida drasticamente (SOSMA e INPE [2], 2009).

“Mesmo intensamente alterada, a Mata Atlântica ainda é uma das regiões mais biodiversas no mundo e é essencial para sustentar a vida de ao menos dois terços da população brasileira. Tanto as populações rurais e comunidades tradicionais quanto à população urbana dependem fortemente dos serviços ambientais que a Mata Atlântica lhes proporciona. Além disso, a manutenção da vegetação nativa oferece os serviços ambientais também às comunidades nos âmbitos regional e global.” (BECKER e SEEHUSEN, 2011).

De acordo com o MMA (2014) estima-se que na Mata Atlântica existam cerca de 20.000 espécies vegetais (cerca de 35% das espécies existentes no Brasil), incluindo diversas espécies endêmicas e ameaçadas de extinção. Essa riqueza é maior que a de alguns continentes (17.000 espécies na América do Norte e 12.500 na Europa) e por isso a região da Mata Atlântica é altamente prioritária para a conservação da biodiversidade mundial.

De fato, a Mata Atlântica foi considerada como o quarto *hotspot* mais importante do planeta, quando considerados cinco fatores: plantas endêmicas, vertebrados endêmicos, plantas endêmicas por 100 km², vertebrados endêmicos por 100 km² e porcentagem remanescente de floresta primária da área original (MYERS *et al.*, 2000). A taxa de endemismo de vegetais é das maiores conhecidas, sendo que em torno de metade das espécies vegetais que ocorrem no bioma são endêmicas (CI, 2014).

É importante contextualizar a paisagem do Bioma que possui grande parte dos seus remanescentes em pequenos fragmentos (em média menores do que 100 ha), isolados e compostos em sua grande maioria por florestas secundárias com estágios de sucessão de inicial a médio (RIBEIRO *et al.* 2009).

Alguns resultados obtidos por RIBEIRO *et al.* (2009) devem ser citados, por exemplo, do total de remanescentes, 83% possuem área menor do que 50 ha. Outra informação

extremamente relevante é que 45% das áreas núcleos dos fragmentos estão próximas da borda, o que pode ter implicações significativas em muitos dos processos ecológicos devido à influência da matriz.

Nesse estudo foi também apontado que todas as regiões biogeográficas do bioma apresentaram baixo recobrimento de áreas protegidas em suas extensões. Em alguns casos, como na região Diamantina, existem apenas 3% de unidades de conservação ou áreas protegidas em seu território. Ainda segundo RIBEIRO *et al.* (2009), a recomendação da Convenção de Diversidade Biológica (Convention on Biological Diversity, CBD) de 2002, é o estabelecimento de 10% de áreas protegidas por ecossistema. A biorregião com o maior índice no bioma Mata Atlântica é a da Serra do Mar, com 8,1% da sua extensão coberto por áreas protegidas.

No Estado da Bahia restam 35,75% da área originalmente coberta por Mata Atlântica, ou 6.711.539,39 km² (MMA, 2014). A região do sul da Bahia guarda um dos maiores recordes mundiais de diversidade de plantas arbóreas, com 458 espécies de plantas lenhosas por hectare (THOMAS *et al.* 2008) e o extremo sul baiano concentra a maior porção protegida de mata nativa no Estado, contabilizando cerca de 50.000 ha (MMA, 2012).

LOISELLE *et al.* (2010), em seu estudo sobre a avaliação do impacto do desmatamento e das mudanças climáticas sobre o tamanho e o nicho de algumas espécies de aves na Mata Atlântica, concluiu que o desmatamento na região causou um declínio no habitat e mudou os locais de nicho de quase todas as espécies analisadas.

A região de Ilhéus, por exemplo, teve uma importância econômica regional no século XIX. Segundo aponta PÁDUA (2004) esse fato se traduz pela quantidade de estudos, inventários e mapeamentos florísticos da Mata Atlântica da região. Um exemplo marcante desses estudos é a *Memória topográfica e econômica da comarca de Ilhéus*, publicado na Academia das Ciências de Lisboa em 1825, de autoria de Baltasar da Silva Lisboa (PÁDUA 2004).

PÁDUA (2004) concluiu, analisando o estudo de Baltasar, que a região possuía um grande potencial econômico, pois suas terras eram “fortíssimas, e a maior parte coberta por húmus ou massapé”. No entanto, o estudo apresentou um eixo crítico centrado na agricultura de queimadas, especialmente para a produção de mandioca. Em Camamu, cidade localizada no Baixo Sul da Bahia, uma das principais áreas produtoras, assim como “em todo o Brasil”, a lavoura era “praticada por uma cega rotina”. As grandes

devastações e incêndios eram feitos “sem nenhuma reflexão e sem princípios, só porque assim praticaram seus antepassados”.

Atualmente a dinâmica do desmatamento ainda é intensa no Bioma. De acordo com a SOSMA e o INPE (2013) o desmatamento no período entre 2011 e 2012 foi de 21.977 hectares, representando um aumento na taxa do desmatamento de 29% comparado ao período entre 2010-2011.

De acordo com o ISA (2001) os números impressionantes da destruição da Mata Atlântica demonstram a inexistência de políticas de conservação ambiental no país e a absoluta falência do sistema de fiscalização dos órgãos públicos. É bom lembrar que estes desmatamentos não estão ocorrendo em regiões distantes e de difícil acesso, ao contrário, derruba-se enormes áreas de florestas impunemente a poucos quilômetros de cidades como São Paulo, Belo Horizonte e Rio de Janeiro.

Um exemplo dessa pressão e do desmatamento foi identificado por TEIXEIRA (2005), que em seu estudo na região de Caucaia do Alto em SP identificou que no período entre 1981-2000 houve um desmatamento de 1.119 hectares em uma área de 7.461 hectares, o que representa um desmatamento de quase 15% da área total em 19 anos.

1.2. A Influência do desmatamento nas mudanças climáticas

A sociedade enfrenta no século XXI alguns desafios no que tange a sua sustentabilidade. Dentre eles destaca-se a adaptação e a mitigação das mudanças climáticas. De acordo com FYFE *et al.* (2013), a temperatura global teve um aumento médio na faixa entre 0.08 °C e 0.2°C por década, durante 1993-2012. Segundo o estudo, esse aumento global irá gerar impactos negativos em todas as atividades econômicas. Por exemplo, a continuidade do aumento da temperatura irá acarretar perda do habitat de diversas espécies, podendo, inclusive, ser a causa de sua extinção. Em 1997, em função do alto risco climático para a sociedade, foi formalizado um compromisso para a redução de emissões de GEE, o Protocolo de Quioto. Esse protocolo tinha como objetivo a redução da emissão dos seis principais gases causadores do efeito estufa: dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), hexafluoreto de enxofre (SF₆), hidrofluorcarbonos (HFCs) e perfluorcarbonos (PFCs) (BRITTEZ *et al.*, 2006). Os países signatários adotaram o limite de aumento da temperatura de 2°C ou abaixo (relativo aos níveis pré-industriais) para guiar os esforços

de mitigação com intuito de reduzir os riscos, impactos e danos das mudanças climáticas (MEINSHAUSEN *et al.*, 2009).

No protocolo de Quioto foram estabelecidas metas de redução de emissões para os países do anexo um (países desenvolvidos) e mecanismos para atingir essas metas, que são: trocas de emissões, implementação conjunta e o mecanismo de desenvolvimento limpo (MDL). Essas ferramentas permitem uma flexibilização para os países do anexo um atenderem suas metas de reduções de emissões, permitindo que se beneficiem de baixos custos de reduções de emissões fora de seus territórios (UNFCCC, 2008).

Deve ser citado ainda que dentro do protocolo de Quioto os projetos conhecidos como de uso da terra, mudanças no uso da terra e floresta (Land Use, Land Use Change and Forestry – LULUCF) foram objetos de longas negociações devido às preocupações de alguns países quanto às incertezas relacionadas às dificuldades técnicas de estimar emissões e remoções no âmbito do LULUCF. Assim, os projetos inseridos nesse tema receberam tratamentos diferenciados no protocolo de Quioto, limitando a contabilidade de emissões e remoções de projetos de LULUCF.

Devido às incertezas e restrições inseridas nos projetos florestais, no âmbito do acordo de Quioto, surgiu o mercado voluntário com algumas séries de padrões de certificação, possibilitando que as atividades de reflorestamento (*Afforestation and Reforestation - AR*) e desmatamento evitado (*Reduced Emissions from Deforestation and Degradation– REDD+*) fossem inseridas em algum mercado de transações, valorizando assim os inúmeros serviços ambientais prestados (regulação do micro clima, controle da erosão, controle hídrico, melhoria na biodiversidade e contribuição para a mitigação das mudanças climáticas).

Dentre os padrões do mercado voluntário o que merece destaque é o Verified Carbon Standard (VCS), em português, o Padrão de Carbono Verificável. Criado em 2005 pelo Climate Group, International Emissions Trading Association e o World Economic Forum, o padrão possui mais de 1000 projetos registrados que contribuíram coletivamente para a remoção de mais de 130 milhões de toneladas de GEE da atmosfera. (VCS [2], 2014). De acordo com o estudo do FOREST TRENDS (2013), conhecido como o Estado do Mercado de Carbono Florestal, o padrão VCS possui 57% do mercado de projetos voluntários de carbono.

É importante citar a contribuição fundamental das florestas na mitigação das mudanças climáticas, pois possuem um dos maiores reservatórios de carbono do planeta e

ocupam cerca de 30% da superfície terrestre (FAO 2010). O Brasil, por exemplo, possui 62% do seu território coberto por florestas, tendo a floresta Amazônica 40% do território nacional, segundo dados do INPE (2012). A Amazônia Brasileira possui cerca de 25 bilhões de toneladas de carbono (FAO 2010).

No Brasil, o setor de uso da terra e florestas contribui atualmente com o equivalente a 22% das emissões nacionais (MCT, 2013). Vale ressaltar uma diminuição significativa desse setor devido à implantação de ações integradas entre diversos setores para diminuição do desmatamento. Informação essa que demonstra o importante papel do Brasil nas buscas voluntárias de diminuição de emissões de GEE. A maior parte dessas emissões é proveniente do desmatamento na Amazônia Legal. Mesmo o setor tendo apresentado significativas reduções nos últimos anos de 10.911,7 km² em 2006 para 4.587,5 km² em 2012 as emissões associadas ao desmatamento ainda são significativas (INPE, 2012).

FEARNSIDE (1997) em seu estudo sobre a grande importância do desmatamento nas emissões de GEE na Amazônia Brasileira concluiu que a taxa de desmatamento de Floresta Ombrófila e Cerrado em 1990 foi de aproximadamente 19 mil km², o que gerou a emissão para a atmosfera de cerca de $279,7 \times 10^6$ tCO₂e.

O papel do Brasil é de protagonista nas discussões climáticas internacionais, sendo um dos poucos países que estabeleceram voluntariamente metas de redução de 37% nas projeções até 2020, dentro da Política Nacional sobre Mudanças do Clima (BRASIL, 2009). O Decreto Federal que regulamentou a PNMC (BRASIL, 2010) estabeleceu para o setor mudanças do uso da terra metas de redução das emissões por Desmatamento e Degradação de 80% na Amazônia Legal (com relação à média de 1996-2005).

Diante desse cenário surge a necessidade do estabelecimento de estratégias que visem à redução de emissões e a remoção de Gases do Efeito Estufa (GEE) de forma a mitigar as mudanças climáticas. O REDD+ é um instrumento que contém ações consideradas fundamentais para alcançar esse objetivo, contribuindo para a mitigação e adaptação das mudanças do clima, com benefícios sociais e ambientais. De acordo com BROWN *et al.* (2007) atividades que reduzem as taxas de desmatamento oferecem um significativo potencial para mitigação das emissões de GEE e conseqüentemente redução dos impactos das mudanças climáticas.

Apesar dos importantes avanços nacionais relacionados às mudanças climáticas e diminuição do desmatamento, o Brasil ainda não possui um arcabouço legal específico para projetos de REDD+. Atualmente transita no legislativo, o Projeto de Lei do Senado

que visa implantar um Sistema Nacional de REDD+ a PLS nº212/2011, SENADO (2011).

Na Bahia existe uma Legislação (BAHIA 2011) que instituiu a Política Estadual sobre Mudança do Clima, a qual tem como uma de suas diretrizes, no art. 5º, parágrafo XV, a promoção de ações para reduzir o desmatamento e as emissões líquidas de gases do efeito estufa. No entanto, a falta da regulamentação desse arcabouço legal impede que Políticas Públicas e setoriais sejam direcionadas para atividades que visem à redução do desmatamento.

Um avanço que merece ser citado no âmbito da Bahia é a do Projeto de Lei que institui a Política Estadual de Pagamento por Serviços Ambientais (BAHIA, 2013), que em seu art. 9º estabelece a modalidade de Floresta em Pé como de serviço ambiental, sendo assim passível de receber os benefícios previstos no ante Projeto de Lei. Espera-se que, com a aprovação e regulamentação desse arcabouço legal, ações de redução do desmatamento utilizando ferramentas de incentivos econômicos para conservação iniciem-se, diminuindo assim a emissões líquidas de GEE em função do desmatamento. Outra iniciativa que merece ser citada é a proposta de construção da Estratégia Nacional de REDD+, conduzida pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA), atendendo as diretrizes e critérios estabelecidos pela UNFCCC para um sistema de REDD+ internacional, com base em três principais temas: arranjos institucionais, salvaguardas e financiamentos (MMA 2012).

1.3. REDD+ (Reduções de Emissões devido o Desmatamento e Degradação Florestal)

O conceito sobre o qual o mecanismo de REDD está assentado teve origem em 2003, durante a COP-9, realizada em Milão, Itália. Naquela ocasião, um grupo de pesquisadores coordenado pelo IPAM lançou a proposta que ficou conhecida como a “Redução Compensada do Desmatamento”. Por esta proposta, os países em desenvolvimento que se dispusessem, voluntariamente, e conseguissem promover reduções das suas emissões nacionais oriundas de desmatamento, receberiam compensação financeira internacional correspondente às emissões evitadas (CGEE, 2011).

O debate de como tratar as emissões oriundas de desmatamento prosseguiu especialmente no Brasil. Durante a COP-11 em Montreal (2005), o tema desmatamento ingressou definitivamente nas discussões da UNFCCC. Por iniciativa de um bloco de nações em desenvolvimento lideradas por Papua Nova Guiné e Costa Rica, o tema ganhou volume e as florestas tropicais passaram a ser encaradas como elementos reguladores do clima. Aquelas nações passaram a argumentar que o custo para mantê-las conservadas deveria ser dividido com a comunidade internacional. Um ano depois, na COP-12 em Nairobi (2006), o Governo Brasileiro anunciou uma proposta concreta para tratar da questão do desmatamento. Mas ao invés da inclusão deste mecanismo num sistema de mercado, como originalmente o conceito foi proposto, i.e., gerador de créditos de carbono, o governo optou pela criação de um fundo voluntário alimentado por recursos de doação de países desenvolvidos que quisessem contribuir para a redução do desmatamento em países em desenvolvimento (CGEE, 2011).

O desmatamento e a perda florestal são, atualmente, responsáveis por cerca de 10% das emissões de GEE por ano no mundo, de acordo com os dados do GCP (2012) referentes ao período entre 2002-2011. O REDD+, ou as reduções de emissões do desmatamento e degradação, é uma proposta de mecanismo para combater esse fenômeno. Uma parte do REDD+ é que os países em desenvolvimento com floresta tropical sejam financeiramente incentivados pelos países desenvolvidos para redução do desmatamento e degradação florestal. Adicionalmente, poderá existir co-benefícios para a biodiversidade e para as comunidades dependentes das florestas. (AMUCHASTEGUI e FORREST, 2013).

O mecanismo do REDD+ é uma das estratégias identificadas por LAPOLA *et al.* (2013) como viáveis para a diminuição do desmatamento. No entanto, ela necessita estar integrada a um contexto mais amplo de desenvolvimento territorial, no qual o seu principal pilar é a governança, que por meio de políticas setoriais bem orientadas podem vir a obter bons resultados para conter o desmatamento. De acordo com o autor, o Pagamento por Serviços Ambientais (incluindo o REDD+) pode vir a contribuir com os esforços para zerar o desmatamento.

O desmatamento e degradação florestal estão divididos em duas categorias: planejado e não planejado, que é o mais comum em países em desenvolvimento com áreas onde a governança é baixa. Nesses casos o risco ou potencial do desmatamento está diretamente relacionado à acessibilidade para a população (GEIST e LAMBIN, 2002, SANDERSON *et al.*, 2002, FORREST *et al.*, 2008).

Além de o desmatamento ser uma fonte considerável de emissões de GEE para a atmosfera, é também o principal vetor para a extinção de espécies. O REDD+ foi formalmente reconhecido como uma opção para a mitigação das mudanças climáticas. O símbolo somatório refere-se aos co-benefícios para a conservação da biodiversidade e para as comunidades. Em tempo a extensão desses benefícios irá depender da associação ainda não testada entre padrões de desmatamento, distribuição de espécies, modos de vida tradicionais e estoque de carbono. (STRASSBURG, et al. 2012).

O desmatamento não planejado pode ocorrer como resultado de forças socioeconômicas que promovem usos alternativos da floresta (vetores) e a ausência de ações de comando e controle e de fomento a atividades sustentáveis. O não cumprimento da legislação e a ausência de direitos sobre a terra podem levar a conversão da floresta. Esse tipo de desmatamento pode incluir agricultura de subsistência ou extração ilegal de madeira, ocorrendo em terras públicas que são precariamente administradas. (VCS [3], 2013).

Os vetores que explicam a localização do desmatamento são, por exemplo: acesso para a floresta (estradas vicinais, estradas, rios navegáveis e linhas costeiras); declividade; proximidade aos mercados; proximidade às indústrias beneficiadoras (serrarias, madeireiras, beneficiadoras de produtos agrícolas, entre outros); proximidade às bordas de floresta; proximidade a assentamentos; áreas com aptidão agrícola inseridas em áreas florestais; categoria de gestão da terra; entre outros (VCS [4], 2012).

SOARES-FILHO *et al.* (2006) em seu estudo de modelagem do desmatamento na Bacia Amazônica utilizou como principal variável explicativa para determinar os padrões futuros do desmatamento a pavimentação e abertura de estradas. Na análise consideraram-se também outros investimentos em infraestrutura como, por exemplo: a construção de portos, construção de Usinas Hidrelétricas, linhas de alta tensão e oleodutos e gasodutos. No estudo citado anteriormente foi projetado uma perda aproximada da cobertura florestal de 40% em 2050. Para a análise da dinâmica do desmatamento utilizou-se o software Dinâmica e a abordagem de Pesos de Evidência.

Além do desmatamento vale citar conforme identificado por PEARSON *et al.* (2014) que a degradação florestal também é um aspecto importante para as emissões de GEE para a atmosfera, principalmente as emissões provenientes do manejo florestal, desde o corte e danos eventuais até a infraestrutura para as atividades do manejo. No estudo

o Brasil foi o país com a menor taxa de emissões de GEE para a atmosfera devido ao manejo, com um valor aproximado de 6,8 tC/ha.

O planejamento e a implementação de um projeto de Redução das Emissões devido o Desmatamento e Degradação (REDD+) envolve uma série de etapas analíticas. Dessas, incluem-se: quantificar os estoques de carbono no território, identificar as áreas com maior risco de degradação e desmatamento, análise de como as atividades do projeto irão afetar a diminuição das taxas de desmatamento e perda de carbono, estimativa do valor dos estoques de carbono e das emissões evitadas e análise da melhor localização para implementar as ações de mitigação do projeto de REDD+ (AMUCHASTEGUI e FORREST, 2013).

Dentro das análises para desenvolvimento de um projeto de REDD+ existe a elaboração da linha de base do projeto. Segundo a metodologia VM0015 do padrão Verificável de Carbono (*Verified Carbon Standard, VCS* em inglês), que visa evitar o desmatamento não planejado, a linha de base de um projeto é a soma das mudanças dos estoques de carbono e das emissões de GEE que poderiam ocorrer na ausência das atividades propostas pelo projeto de REDD+.

De acordo com BROWN *et al.* (2007) uma linha de base para um projeto de conservação tem dois principais componentes: as mudanças de uso da terra projetadas e o correspondente estoque de carbono nos reservatórios aplicáveis; sendo as mudanças de uso da terra a etapa mais complexa de ser realizada analiticamente, pois irá determinar a extensão que as atividades do projeto atingem em termos de benefícios climáticos e que são adicionais ao cenário de continuidade da prática comum. O desenvolvimento da linha de base é um elemento chave em um projeto de Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Floresta (*LULUCF, Land Use, Land Use Change and Forestry*, em inglês) para assegurar a acurácia dos benefícios climáticos (OECD e IEA 2003).

BROWN *et al.* (2007) analisou em seu estudo duas diferentes abordagens para o estabelecimento de uma linha de base do desmatamento. Avaliou modelos que não utilizam dados espaciais e modelos que necessitam de uma coleta de dados mais intensa, mas que podem ser utilizados em áreas geográficas menores. Concluiu que o modelo espacial para projeção do desmatamento apresentou melhores resultados nos indicadores analisados, pois é possível projetar a localização e o padrão do desmatamento futuro, o que pode ser de interesse de gestores públicos, agências

governamentais, órgãos ambientais e desenvolvedores de projetos de conservação florestal.

Para estabelecer uma linha de base realiza-se uma análise temporal do uso da terra, considerando um determinado período de referência. BOER *et al.* (2006) estimou a taxa do desmatamento analisando os anos de 1986 e 1992 para projetar o desmatamento até 2012. Em seu estudo ele utilizou as Cadeias de Markov que descrevem a probabilidade condicional de um determinado uso da terra em qualquer período, considerando todos os usos prévios e dependendo do uso mais recente.

A linha de base é diretamente influenciada pelos fatores potenciais de causa do desmatamento, conhecidos como vetores e agentes do desmatamento. Em termos de modelagem estatística são chamados de variáveis explicativas do desmatamento. SANTIAGO *et al.* (2007) analisou a correlação entre o desmatamento e as suas potenciais causas/explicações e concluiu que as principais variáveis explicativas em seu modelo espacial foram: densidade populacional, distância de estradas/agricultura, declividade e questões fundiárias.

É importante citar SANGERMANO *et al.* (2012), que realizou uma pesquisa com foco em estudar o potencial de benefícios de um projeto de REDD+. Nesse estudo foi relacionado o desmatamento no período de referência selecionado com os seus possíveis vetores (variáveis explicativas); para tanto, foi utilizado um método empírico de mudança do uso da terra, que possibilita extrair um conjunto de regras e serem extrapoladas para o futuro. A ferramenta de modelagem utilizada foi o Land Change Modeler, LCM (Modelador de Mudanças da Terra).

No estudo de análise do risco do desmatamento para a Usina Hidrelétrica de Belo Monte, feito pelo IMAZON (2011), foi realizada a projeção espacial do risco do desmatamento e a sua respectiva distribuição usando o modelador de mudança da cobertura do solo (LCM). As variáveis explicativas que resultaram em maior acurácia do modelo abrangeram aspectos institucionais (Áreas Protegidas, Assentamentos), biofísicos (pluviosidade) e econômicos (custo de transporte de madeira), bem como histórico da cobertura do solo (desmatamento recente).

O presente estudo tem como objetivo geral a compreensão dos processos históricos da dinâmica do desmatamento no período entre 2000-2011 na APA do Pratigi, região do Baixo Sul da Bahia. Visa também estimar o desmatamento futuro até 2041, considerando a continuidade da prática comum no período de referência e as implicações do desmatamento estimado para as mudanças climáticas.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Analisar a dinâmica do desmatamento na APA do Pratigi, no Baixo Sul da Bahia e suas implicações futuras para as mudanças climáticas.

2.2. Objetivos Específicos

1. Análise da dinâmica do desmatamento no período entre 2000-2011;
2. Determinação dos agentes e vetores do desmatamento;
3. Projeção da transição do uso da terra (linha de base)
4. Estimativa das emissões de GEE até 2041.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Área de estudo

A área foco do estudo será a APA do Pratigi (poligonal proposta pelo Programa de Desenvolvimento e Crescimento Integrado com Sustentabilidade – PDCIS). A instituição proponente do projeto é a Organização Conservação da Terra – OCT, que pretende desenvolver um projeto para Reduções das Emissões de Desmatamento e Degradação (REDD+) atendendo os requisitos dos padrões de certificação *Verified Carbon Standard (VCS)* e *Climate Community and Biodiversity Standard (CCBS)*. No entanto neste estudo será considerado apenas o padrão VCS, a dupla certificação VCS+CCB garante que o projeto além de gerar benefícios climáticos, irá contribuir positivamente para o bem estar e a diminuição da pobreza das comunidades e para a conservação da biodiversidade local.

A APA do Pratigi abrange cinco municípios do Baixo Sul da Bahia: Ituberá, Igrapiúna, Piraí do Norte, Ibirapitanga e Nilo Peçanha, conforme figura 1.

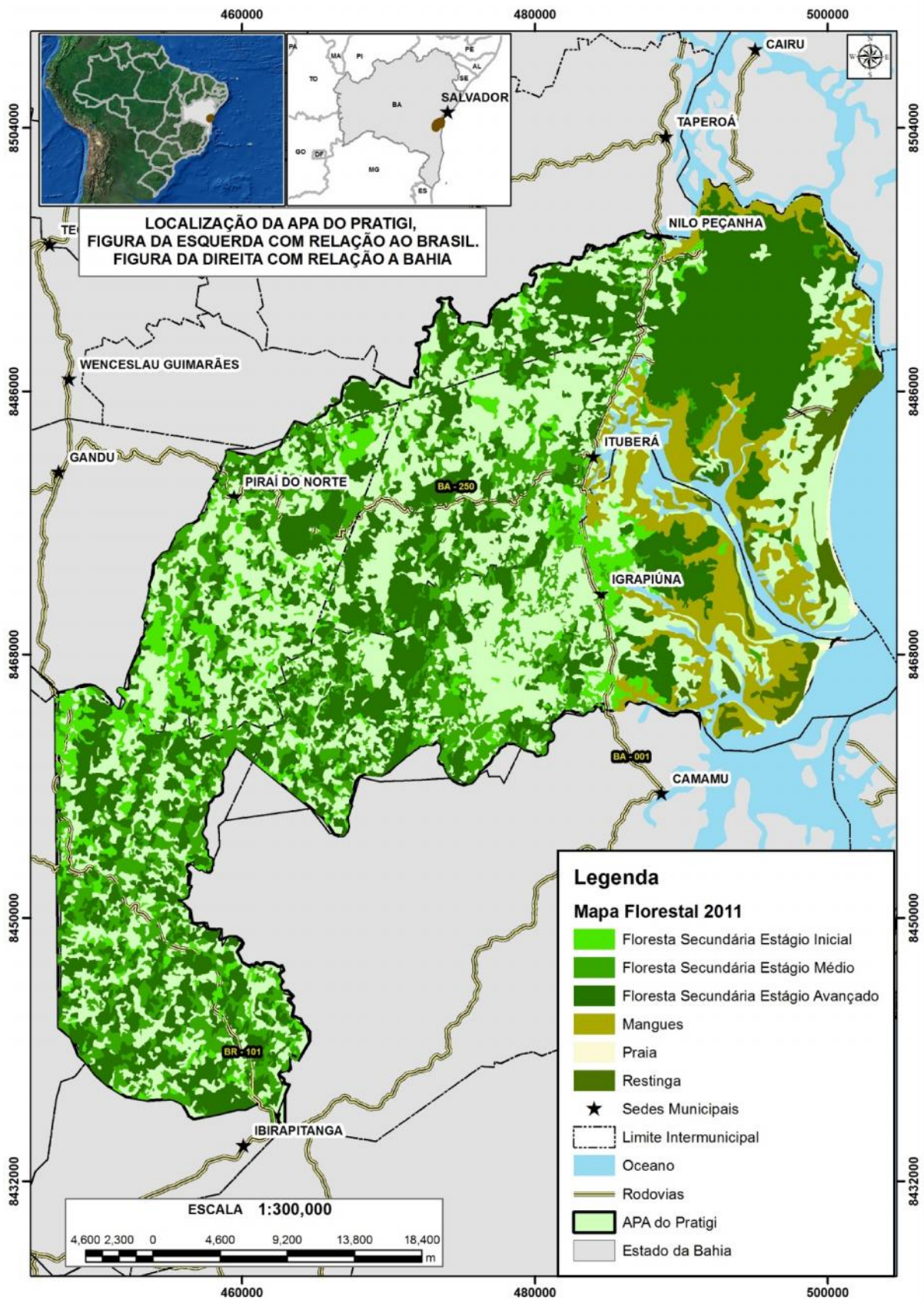


Figura 1. Mapa de localização da APA do Pratiği, com os ecossistemas e formações florestais da Mata Atlântica.

A APA do Pratigi possuía em 2011 cerca de 84.105 ha de fragmentos florestais (em diferentes estágios de conservação e regeneração), 10.700 ha de manguezais e 7.800 ha de restingas, numa área de 170.900 ha, que corresponde aproximadamente a 48% do total (Figura 1).

As fitofisionomias e/ou tipos de vegetação presente no território agrupam-se entre as classes: Floresta Ombrófila Densa Aluvial; Floresta Ombrófila de Terras Baixas; Floresta Ombrófila Densa Sub Montana; Floresta Ombrófila Densa Montana; Formações Pioneiras com influência fluviomarina; Formação Pioneira com influência marinha e Vegetação Secundária. As mesmas estão espacialmente distribuídas de forma heterogênea na paisagem, apresentando elevado grau de fragmentação (PROBIO/MMA ANO).

3.2. Referencial Metodológico

A metodologia utilizada é a VM0015 que está dentro do escopo setorial 14, que trata das atividades de *AFOLU (Agriculture, Forestry and Other Land Use)* e aborda a questão do desmatamento não planejado. De acordo com o sumário trata-se de uma metodologia para estimar e monitorar as emissões de GEE em atividades de projeto que evitam o desmatamento.

A VM0015 possibilita a análise do desmatamento do tipo mosaico e apresenta aptidão de uso para região de estudo, pois as características de desmatamento de mosaico estão presentes nas peculiaridades do uso e ocupação da terra da APA do Pratigi, onde a cobertura e uso do solo são heterogêneos. Isso, somado à questão fundiária, com imóveis rurais tendo em média 15 hectares, resulta em uma dinâmica da terra intensa e complexa.

Conforme GALEÃO (2011) citou, "...a pressão sobre os fragmentos florestais acaba sendo pulverizada, ocorrendo o desmatamento conhecido como "formiguinha", que são práticas agrícolas inadequadas, com uso de tecnologia rudimentar baseada no sistema corte e queima. São caracterizados por aberturas de pequenas áreas e de forma difusa no território", comprovando que a dinâmica do desmatamento apresenta uma geografia de mosaico.

As etapas para o desenvolvimento da análise foram as seguintes:

- Compilação dos mapeamentos de uso e ocupação da terra (2000, 2006 e 2011).

- Validação do mapeamento de uso e ocupação da terra (2000, 2006 e 2011).
- Modelagem das mudanças do uso da terra.
 - ✓ *Análise da dinâmica do uso da terra*
 - ✓ *Análise dos agentes/vetores e causas do desmatamento.*
 - ✓ *Predições de mudanças*
 - ✓ *Validação do modelo*
- Estimativa das emissões de Gases de Efeito Estufa.

3.3. Mapeamentos de uso ocupação da terra

Para o presente trabalho foram utilizados os mapeamentos realizados pela OCT em parceria com o IBIO/GLOBALGEO para o seguinte período de referência: 2000, 2006 e 2011, que teve como produto final os dados de uso e ocupação da terra, provenientes do período citado anteriormente.

As imagens foram padronizadas para o mesmo tamanho e resolução espacial, pois apesar das imagens de 2000 e 2006 apresentarem a mesma resolução espacial elas são de satélites e sensores (tabela 1) diferentes, o que acarreta em diferenças nas imagens orbitais coletadas. A imagem de 2011, do RapidEye, teve sua resolução espectral degradada para 30 m, de modo que pudesse compor a base de imagens temporais apresentando as mesmas características de escala e detalhamento que as imagens de 2000 e 2006, extraídas de outros sensores orbitais.

O período de referência selecionado seguiu a orientação da metodologia utilizada que em sua seção 1.2 define o início e o fim do período de referência para estabelecer a linha de base do projeto. A metodologia orienta como data inicial no máximo 15 anos no passado e data final o mais próximo possível do início do projeto de REDD+.

Outro critério utilizado, após ter atendido o pré-requisito anterior, foi o da cobertura de nuvens. Foi feita uma pesquisa nas bases de dados de instituições que disponibilizam imagens orbitais gratuitas do satélite Landsat, como o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais e do Serviço Geológico Americano (USGS, sigla em inglês). Estabeleceram-se como período de treinamento do modelo os anos de 2000 e 2006, com os menores índices de 7% e 8% de cobertura de nuvens respectivamente, e respeitando o limite máximo de 15 anos para o período inicial, conforme estabelecido pela metodologia.

Tabela 1. Origem dos dados de mapeamento do uso e ocupação da terra utilizados no estudo atual.

| Satélite | Sensor | Resolução Espacial | Data de Aquisição |
|------------------|--------|--------------------|-------------------|
| Landsat 7 | ETM+ | 30 m | Fevereiro de 2000 |
| Landsat 5 | TM | 30 m | Setembro de 2006 |
| RapidEye | REIS | 5 m | Março de 2011 |

As imagens foram corrigidas geometricamente tendo como base a imagem RapidEye, orto-retificada (Nível 3A), pois é a imagem com melhor resolução radiométrica (12 bits) e espacial (5 m).

O processo de classificação do uso da terra utilizado foi o não supervisionado. A classificação não supervisionada é um método computacional automático que agrupa *pixels* com características espectrais semelhantes. O software, a partir da resposta espectral dos pixels, determina as classes (*clusters*) e a qual classe cada pixel pertence. Inicialmente definiu-se 20 classes no processo de classificação. Após a execução do algoritmo ISODATA (GALVÃO e MENESES, 2005), que separa as classes em função do seu Número Digital (níveis de cinza), o que seria o equivalente a reflectância do pixel, foi utilizado o conhecimento territorial e local da APA do Pratigi dos membros da equipe da OCT, para agrupar as classes em quatorze (tabela 2). Devido à existência de alguns ruídos nos dados classificados, foi feita uma edição manual em algumas classes para corrigi-las e ajustar os dados do mapeamento temático.

As classes existentes nos dados disponibilizados pela OCT foram agrupadas em quatro no atual estudo (tabela 2), devido às características locais, espaciais e de paisagem referentes à dinâmica do uso da terra. Foram incorporadas na análise somente as transições que acarretam em impactos negativos aos serviços ecossistêmicos e que trazem contribuições à emissão de Gases de Efeito Estufa e, por consequência, às mudanças climáticas.

A classe Sem Dados foi criada através da junção dos dados de cobertura de nuvens e suas respectivas sombras nos três períodos analisados, juntamente com os dados de corpos d'água. Foi gerada uma máscara com essas informações e os três mapas de

uso e ocupação da terra tiveram as suas informações espaciais excluídas das análises da dinâmica do desmatamento.

Por exemplo, as classes que não apresentam variações temporais (corpos hídricos, oceano e, a somatória das nuvens e sombra de nuvens dos três períodos) foram consideradas como ausência de dados, sendo, portanto excluídas totalmente da análise. As áreas produtivas e áreas urbanas foram agrupadas em uma única classe, denominada como desmatamento, pois são os principais vetores de pressão sob os ecossistemas naturais, em especial os de formação florestal.

As diferentes fitofisionomias florestais foram agrupadas em uma única classe. Já as outras formações naturais e ecossistemas associados ao Bioma da Mata Atlântica (Brejos, Mangues, Restinga e Praias) foram agrupados em uma única classe denominada como: Outras Formações; pois apesar de terem apresentado uma pequena variação no período de referência o foco e objetivo da análise foram apenas as transições de Floresta para Desmatamento.

O agrupamento de classes do uso da terra seguiu as orientações da metodologia VM0015, que em sua seção 2.5 sugere a junção de classes/categorias de forma a agrupar classes com características espectrais similares. No entanto, o processo de agrupamento das três classes florestais acarretou uma maior variabilidade do estoque de carbono que foi, inicialmente, ignorada e assumiu-se como uma limitação do estudo. É importante citar que o próprio referencial metodológico aborda que o processo de junção de classes tem um viés de agregar um maior grau de variabilidade nas estimativas do carbono. Entretanto, no presente estudo essa limitação foi minimizada, pois, posteriormente, os dados de saída do modelo (projeção do desmatamento) foram sobrepostos aos dados espaciais de biomassa acima do solo obtidos por BACCINI *et al.* (2012) que retratam a variabilidade espacial da biomassa na APA do Pratigi.

Tabela 2. Agrupamento das classes dos dados de uso da terra fornecidos pela OCT.

| Uso da terra (OCT/IBIO) | Uso da terra (estudo atual) |
|-----------------------------------|-----------------------------|
| Corpos hídricos | Sem dados |
| Pastagem | Desmatamento |
| Floresta estágio inicial | Floresta |
| Floresta estágio inicial a médio | Floresta |
| Floresta estágio médio a avançado | Floresta |
| Lavoura permanente | Desmatamento |

| | |
|----------------------------|------------------|
| Lavoura temporária | Desmatamento |
| Brejo | Outras formações |
| Mangues | Outras formações |
| Praia | Outras formações |
| Área urbana/povoado | Desmatamento |
| Oceano | Sem dados |
| Nuvem/sombra | Sem dados |
| Restinga | Outras formações |

3.4. Validação do mapeamento de uso e ocupação da terra (2000, 2006 e 2011).

Após o agrupamento das classes foi iniciada a validação dos dados de uso da terra dos três períodos em análise. O método consiste na avaliação da acurácia por classes. Foi inicialmente calculado o número mínimo de amostras pontuais no mapa necessário para obter um grau de confiabilidade de 95% por classe, podendo ter um erro de 5% para mais ou para menos.

A validação do mapeamento foi feita sorteando coordenadas em cada uma das classes de uso da terra. Para cada um dos pontos foi comparada a classe temática com a correta classificação (usando para cada ano a imagem correspondente, conforme tabela 1). Com base na análise comparativa foi possível criar uma matriz de erros (matriz de confusão), na qual a diagonal principal mostra a proporção da classificação correta, e as células fora da diagonal mostram a proporção relativa de classificações erradas de cada classe para outras classes. Baseado na matriz de erros um índice de acurácia pode ser derivado (PONTIUS, 2000). Abaixo segue o detalhamento do processo em etapas:

3.4.1. Cálculo do tamanho amostral para determinação da estimativa “p”.

O cálculo do tamanho amostral das três classes de uso da terra utilizado na análise da dinâmica do desmatamento foi feito com o auxílio do software R, versão 2.15.1.

Adotou-se 95% de grau de confiabilidade para essa análise. Foi considerado um valor de proporção de acerto de 0.5, que é o valor que apresenta maior variabilidade, sendo dessa forma o mais conservador.

Após executar o algoritmo chegou-se ao tamanho de 96 amostras para cada classe. Neste estudo adotou-se de maneira conservadora o arredondamento para 100 amostras por classe analisando, aumentando assim o tamanho amostral e consequentemente dando uma maior robustez para a abordagem.

3.4.2. Escolha das amostras.

Para o processo de escolha das 300 amostras (três classes), para os três anos de análise, utilizou-se o software ArcGIS 9.3 e sua extensão Hawth's Analysis Tools, versão 3.27. Adotou-se o processo aleatório para a seleção das 100 amostras por classe e a metodologia de validação por meio de pontos.

3.4.3. Processo de validação.

Foi adotado um processo de validação visual usando as imagens de satélite ("pseudo-verdade" terrestre), pelo fato das imagens serem de anos diferentes e não ter havido um processo de coleta de dados em campo, sendo, portanto a metodologia adotada considerada a mais apropriada possível. Utilizou-se o software ArcGIS, as imagens provenientes dos sensores orbitais e os 300 pontos amostrais para cada ano.

Cada ponto referente à determinada classe foi analisado em função da resposta espectral do pixel na imagem. A escala cartográfica para as imagens Landsat (2000 e 2006) variou entre 1:10.000 e 1:30.000; já na imagem RapidEye (2011) utilizou-se uma escala variando de 1:1.000 até 1:5.000.

Além da análise via pixel foi conduzida uma análise via objeto, de modo que qualquer dúvida referente à resposta espectral fosse eliminada. Houve situações em que as dúvidas persistiram, assim sendo utilizou-se a ferramenta do Google Earth, com imagens de alta resolução, como apoio para a análise e tomada de decisão.

Cada ponto referente a uma determinada classe que apresentasse consistência na análise do pixel e do objeto da imagem orbital recebia o valor "1", caso contrário recebia o valor "0".

3.4.4. Matriz de Confusão

De acordo com JENSEN (1996), para calcular a exatidão da classificação torna-se necessário comparar o mapa obtido através da classificação dos dados de sensor com dados de referência ou verdade de campo. A relação entre esses dois conjuntos informacionais geralmente é resumida em uma matriz de confusão ou tabela de contingência (LILLESAND e KIEFFER, 1994).

Foi construída uma matriz de confusão para analisar os erros de omissão e de comissão da análise e o percentual de acertos da análise de cada ano. Segundo BRITES (1996), a matriz de erros ou de confusão identifica o erro global da classificação para cada categoria, mostrando também como se deram as confusões entre as categorias.

Foi adotada, conforme a metodologia utilizada, a necessidade de acerto maior do que 80% por classe para aceitar o mapeamento do uso da terra fornecido pela OCT como produto confiável para avançar nas análises posteriores.

3.5. Modelagem das mudanças do uso da terra

As mudanças do uso da terra podem ser modeladas empiricamente através do relacionamento das mudanças históricas com as suas variáveis explicativas (vetores), de modo que seja possível extrair um conjunto de regras que pode ser extrapolado para o futuro (SANGERMANO *et al.* 2012).

Os métodos mais comuns para extrair essas relações são as redes neurais (PIJANOWSKI *et al.* 2002), regressão logística (PONTIUS AND SCHNEIDER 2001) e os pesos de evidência (SOARES-FILHO *et al.* 1998).

AMUCHASTEGUI e FORREST (2013) avaliaram seis diferentes ferramentas com potencial para modelar as mudanças do uso da terra: LCM, GEOMOD, DINAMICA EGO, MAXENT/ZONATION, CLUE e InVEST. No estudo concluiu-se que a melhor ferramenta para modelagem do uso da terra é o LCM, sendo considerado um projeto de sucesso.

No âmbito de projetos de REDD+ validados no padrão VCS, o LCM foi utilizado em três projetos no Brasil e em um projeto no Peru, no Parque Nacional Cordilheira Azul (CIMA, 2012). Vale citar outro estudo que utilizou o MLP para simular o impacto de grandes

obras, como por exemplo, o Risco do Desmatamento Associado à Hidrelétrica de Belo Monte (IMAZON, 2011).

Por esse motivo, a ferramenta escolhida de análise das mudanças do uso da terra e suas tendências foi o módulo de Mudança do Solo – Land Change Modeler, LCM (EASTMAN, 2009), presente no software IDRISI 16.0 Taiga Edition.

3.6. Análise da dinâmica do uso da terra

A análise preliminar da dinâmica do uso da terra foi realizada utilizando a ferramenta de análise de mudanças, através da geração do gráfico de mudanças entre os períodos de 2000-2006 e de 2000-2011. Foram também elaborados os mapas de mudanças da análise foco do trabalho, da classe floresta para as classes agropecuárias, nos dois períodos de mudança analisados, para uma primeira análise espacial da geografia do desmatamento.

Além disso, foi utilizada a ferramenta dentro da aba do LCM “Análise de Mudanças” para elaborar um mapa da tendência das mudanças foco do estudo, para dar o suporte às análises preliminares, pois em territórios com predominância da ocupação humana, como é o caso da APA do Pratigi alguns padrões de mudança podem ser complexos e difíceis de decifrar.

3.7. Análise dos vetores e causas do desmatamento.

O LCM avalia a relação entre vetores do desmatamento (humanos e biofísicos), restrições (Áreas Protegidas) e áreas de mudança do uso da terra derivadas de dois mapas de uso e ocupação da terra. A ferramenta então projeta as mudanças para o futuro em intervalos definidos pelo usuário baseadas nos padrões de mudança do passado (AMUCHASTEGUI e FORREST, 2013).

De acordo com a metodologia escolhida para o estudo existem dois tipos de vetores que podem ser selecionados. O primeiro explica a quantidade do desmatamento (p.ex. preços de produtos agrícolas, custo de insumos agrícolas, densidade da população, salários rurais, entre outros). Já o segundo, o qual foi utilizado no presente estudo, são as variáveis que explicam a localização do desmatamento, conhecidas de acordo com DE JONG *et al.* (2007) como fatores de predisposição ou acessibilidade, que

determinam a suscetibilidade de uma área particular de floresta mudar (p.ex. declividade, distância para áreas agrícolas, estradas, comunidades, entre outros).

As possíveis variáveis explicativas que explicam a localização do desmatamento foram selecionadas através de um método de escolha empírica, baseado em conhecimentos locais sobre a dinâmica do desmatamento, de outros estudos e das características geográficas, sociais e econômicas da APA do Pratigi. Apenas variáveis que potencialmente tenham tido uma contribuição histórica como vetor do desmatamento foram identificadas. Foram identificados e analisados os grupos de agentes e de vetores, assim, como suas motivações que impulsionam as suas decisões de uso da terra.

Foi conduzida uma análise exploratória da dinâmica do desmatamento na APA do Pratigi no período de 2000-2011 que permitiu mapear e identificar sete potenciais vetores do desmatamento nesse período (tabela 3), os quais foram considerados como variáveis potencialmente explicativas do modelo de mudanças do uso e ocupação da terra.

Quando se comparam os vetores utilizados nos outros projetos com os utilizados na APA do Pratigi, percebe-se uma coerência com a abordagem utilizada neste estudo com os projetos Suruí e RMLDT. O vetor distância do desmatamento antigo foi considerado nos dois projetos e neste estudo, assim como o vetor distância de estradas. O vetor distância de comunidades, utilizado neste estudo também foi considerado no Projeto Suruí, bem como o vetor de distância as áreas urbanas, o equivalente a sedes municipais que foi considerado para a APA do Pratigi. Já o vetor distância de hidrografia foi considerado tanto no caso do estudo atual como no projeto RMLDT. Sendo assim os cinco vetores selecionados como variáveis explicativas da dinâmica do desmatamento possuem histórico de utilização em análises similares, apesar de serem de regiões diferentes.

Na tabela 3 são apresentadas as evidências e informações qualitativas a respeito do motivo da escolha em formato tabular.

Tabela 3. Matriz de informações das variáveis escolhidas para o modelo

| Variável | Fonte dos dados | Processo realizado | Motivo de escolha da variável |
|--|--|--|---|
| <i>Distância</i> <i>Hidrografia</i> | A base cartográfica utilizada foi gerada com dados de Modelo Digital de Elevação (MDE) elaborados a partir da Missão Topográfica do Radar do Shuttle (em inglês SRTM), disponibilizados pelo TOPODATA/INPE. Foram baixadas três cenas (13S39_ZN.tif, 13S405_ZN.tif, 14S405_ZN.tif) de dados de altimetria numérica para abrangência da APA do Pratigi. | Foi realizado um mosaico das três cenas baixadas. Logo após o mosaico ter sido gerado a imagem foi cortada utilizando o limite da APA do Pratigi como área de interesse. O processamento foi realizado em ambiente de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) utilizando o software ArcGIS 9.3. Através da extensão Spatial Analyst, utilizou-se a ferramenta Hydrology. Com base nesse processo foi extraído a hidrografia unifilar da APA do Pratigi. As informações foram importadas para o software Idrisi Taiga. As informações vetoriais foram convertidas para imagens e posteriormente foram calculadas as distâncias euclidianas da hidrografia | Essa variável foi escolhida pelo fato das áreas próximas aos cursos hídricos serem áreas mais utilizadas para diversas culturas agropecuárias. Principalmente pela fácil acessibilidade ao recurso e, também, por ser na zona ripária onde se encontram solos mais férteis, com alta presença de material orgânico. |

unifilar dentro da área de interesse.

| | | | |
|----------------------------------|---|--|---|
| Distância sede municipais | A base cartográfica utilizada foi obtida da base de dados da Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia (SEI). | Com base nos dados SEI das sedes municipais da Bahia foi realizado um recorte para a APA do Pratigi, utilizando o software ArcGIS 9.3. As informações foram importadas para o software Idrisi Taiga. As informações vetoriais foram convertidas para imagens e posteriormente foram calculadas as distâncias euclidianas das sedes municipais dentro da área de interesse. | Essa variável foi escolhida pelo fato das sedes municipais serem locais que demandam produtos (agrícolas e madeireiros) das zonas urbanas, logo locais mais próximos às sedes municipais irão ter uma pressão maior do que zonas afastadas, por questões de logística e custos de deslocamento. Além disso, as regiões mais próximas das sedes municipais recebem influência da especulação imobiliária, fruto do crescimento urbano desordenado. |
| Assentamentos EVC | A base cartográfica utilizada foi obtida da base de dados do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA). | Com base nos dados obtidos na base online do INCRA, foi feito o recorte para a APA do Pratigi, utilizando o software ArcGIS 9.3. As informações foram importadas para o software Idrisi Taiga. As informações vetoriais foram convertidas para imagens. | Pela falta da efetivação dos Projetos de Assentamento no Brasil, onde grande parte dos assentados não é regularizada fundiária e ambientalmente, e não possuem apoio (assistência técnica e extensão rural), apenas acesso a financiamentos e créditos agrícolas, cria-se uma situação de alta vulnerabilidade à |

| | | | |
|--------------------|---|---|--|
| | Posteriormente elas foram linearizadas utilizando a ferramenta Evidência Probabilística existente no módulo LCM. | cobertura florestal localizada no interior dos assentamentos. | |
| Declividade | A base cartográfica utilizada foi gerada com dados de Modelo Digital de Elevação (MDE) elaborados a partir da Missão Topográfica do Radar Shuttle (em inglês SRTM), disponibilizados pelo TOPODATA (INPE, 2013). Foram baixadas três cenas (13S39_ZN.tif, 13S405_ZN.tif, 14S405_ZN.tif) de dados de altimetria numérica para abrangência da APA do Pratigi. | Os dados do SRTM (X, Y, Z) foram coletados no programa Global Mapper 12, através de perfis topográficos, com exportação dos dados dos perfis no formato X, Y, Z. No programa Surfer 9 os dados foram unificados em uma única planilha onde foi realizada uma Krigagem para interpolação dos pontos X, Y e Z. Após a Krigagem foram geradas as curvas de nível e, em seguida, exportadas em formato shapefile (shp). Os dados foram importados para o software Idrisi Taiga onde foi gerado o MDE (modelo digital de elevação) utilizando a ferramenta TIN | Na região da APA do Pratigi, caracterizada geomorfologicamente por mares de morros e serras escarpadas, como a escarpa da falha de Maragogipe, a topografia exerce uma forte influência na dinâmica socioeconômica e ambiental. Logo, a cobertura florestal em regiões mais planas e com aptidão agrícola possui uma vulnerabilidade maior para expansão agropecuária local. |

| | | | |
|------------------------------------|--|--|--|
| | | (triangulated irregular network). Posteriormente foi calculada a declividade utilizando a análise de superfície SLOPE. | |
| Distância Desmatamento 2000 | A base cartográfica utilizada foi gerada com o dado de Uso e Ocupação da Terra de 2000, extraído pela OCT da imagem do sensor ETM+ Landsat 7. | Foram selecionadas dos dados do uso e ocupação da terra de 2000 as classes agropecuária e urbano, criando um novo arquivo shapefile no software ArcGIS 9.3. Esse arquivo foi importado para o software Idrisi Taiga. Posteriormente foi convertido de formato vetorial para imagem e foi calculada a sua distância Euclidiana. | O motivo de escolha dessa variável é de que a cobertura florestal nas imediações de uma matriz da paisagem agropecuária/urbana possui um custo de oportunidade para conservação maior do que em regiões isoladas e/ou de difícil acesso. Sendo assim, as áreas produtivas tendem a aumentar seguindo a lógica do "puxadinho" - pequenos desmatamentos (menores do que 1ha/ano) sobre as áreas conservadas. |
| Distância Estradas | A base cartográfica utilizada foi uma junção das informações das estradas oficiais obtidas da base de dados da Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia (SEI) com dados de estradas vicinais mapeados pela OCT na APA do Pratigi. | Com base nos dados SEI das estradas da Bahia e dos dados coletados pela OCT in situ, foi realizada uma junção dessas informações, seguido do recorte para a APA do Pratigi, utilizando o software ArcGIS 9.3. As | As estradas são vetores do desmatamento conhecidos e consolidados em escala global, sendo responsáveis pelo desmatamento em formato "espinha de peixe". |

informações foram importadas para o software Idrisi Taiga. As informações vetoriais foram convertidas para imagens e posteriormente foram calculadas as distâncias euclidianas das estradas dentro da área de interesse.

***Distância
comunidades***

A base cartográfica utilizada foi gerada com base em informações coletadas pela OCT e pela AGIR (Associação Guardiã da APA do Pratigi)

Com base nos dados coletados pela OCT e AGIR in situ, foi realizado o recorte para a APA do Pratigi, utilizando o software ArcGIS 9.3. As informações foram importadas para o software Idrisi Taiga. As informações vetoriais foram convertidas para imagens e posteriormente foram calculadas as distâncias euclidianas das comunidades dentro da área de interesse.

Os locais com agrupamentos de pessoas, com pouca infraestrutura e baixo acesso a políticas públicas, acabam se encontrando em um estado de abandono pela governança pública, especialmente de comando/controle ambiental. As áreas de cobertura florestal apresentam uma grande vulnerabilidade no entorno das comunidades que apresentam demanda para madeira (energética, construção civil e comercialização), que realizam inicialmente a extração seletiva, depois o corte e queima para plantios de lavouras temporárias de baixa produtividade e valor agregado.

Em casos de forte não linearidade de uma variável categórica é aconselhável, para que ela seja utilizada no MLP, a sua linearização (variável categórica para variável booleana), facilitando assim o processo de modelagem e acarretando um maior nível de acurácia. O módulo de potencial de transição possui um painel para transformação da variável. Foi utilizado o algoritmo da Evidência Probabilística (*Evidence Likelihood*). Esse procedimento analisa a frequência dos pixels pertencentes a diferentes categorias da variável em transformação e dentro das áreas de mudanças do uso da terra. Logo, variáveis categóricas que potencialmente apresentam condições de explicar o fenômeno e foram selecionadas para o modelo foram transformadas utilizando essa ferramenta presente no LCM.

3.8. Redes Neurais

As redes neurais artificiais são importantes ferramentas que usam uma abordagem computacional de aprendizado para quantificar e modelar comportamentos e padrões complexos. Dentre elas destaca-se o *MultiLayer Perceptron* (MLP) como a rede neural mais utilizada. O MLP é composto por um dado de entrada (as variáveis explicativas) e um dado de saída (as transições modeladas) e um ou mais dados ocultos. Cada dado oculto apresenta um nó (ou neurônio) que é conectado através de pesos com os dados de entrada e saída. (PIJANOWSKI *et al.* 2002).

HU e WENG (2009) apontaram que as redes neurais têm sido amplamente utilizadas devido a suas vantagens sobre outros métodos estatísticos, como por exemplo: não necessita assumir premissas para os dados de entrada; é robusto em ambientes com ruídos e assimila complexos padrões. Apesar de existirem vários modelos de redes neurais robustos, a rede neural do MLP é a mais comumente utilizada, segundo os autores.

Os pesos em uma rede neural são determinados através da utilização de um algoritmo de treinamento que aleatoriamente seleciona os pesos iniciais e depois compara o dado de saída calculado com o valor esperado da observação. A diferença entre os valores calculados e esperados em todas as observações é sumarizada utilizando a média de erros quadráticos. Após todas

as observações serem analisadas pela rede neural, os pesos são modificados de modo que o erro total seja distribuído através dos vários nós da rede. Esse processo de buscar indicativos à frente e voltar para trás para propagar a imprecisão é repetido até que o erro assuma o seu menor valor. (PIJANOWSKI *et al.* 2002).

Na análise da dinâmica do desmatamento da APA do Pratigi os dados de entrada (variáveis explicativas) do modelo das redes neurais foram todos analisados, mesmo existindo a possibilidade de correlação e redundância das informações entre eles. Como SANGERMANO, *et al.* (2012) demonstrou, o MLP é do tipo não paramétrico e permite associar complexas relações independente da presença ou não da multicolinearidade ou inclusão de variáveis insignificantes.

Para avaliação do modelo e das variáveis que melhor explicam a dinâmica do desmatamento foi utilizado, conforme SANGERMANO, *et al.* (2012), a análise de sensibilidade “Jackknife”. Na análise são criadas duas classes: “ROC com apenas” e “ROC sem”. “ROC com apenas” indica que no cálculo do potencial de transição de 2006 até 2011 utilizou-se apenas a variável foco da análise; já “ROC sem” significa dizer que foram utilizados todos os outros vetores e excluído da análise o vetor foco da análise.

O ROC é o *Relative Operating Characteristic*, um método muito utilizado para avaliar a precisão de um modelo na predição das localidades de ocorrência de uma classe, comparando uma imagem de suscetibilidade (potencial de transição) que retrata os locais de provável ocorrência da classe, com uma imagem booleana (valores de 0 – não existência e 1 - existência) que mostra onde a classe realmente existe. Na operação utilizando o ROC foi adotado como limiar de amplitude o valor igual a 10 (PONTIUS e SCHNEIDER,2001).

Variáveis que contribuem de uma maneira útil ao modelo terão um valor alto do ROC quando usadas separadamente (“ROC com apenas”). Variáveis que contribuem com informações exclusivas terão um valor de ROC menor quando excluídas do modelo (“ROC sem”).

Para cada valor de suscetibilidade dentro do limiar adotado são gerados pontos chamados de falsos e verdadeiros positivos (CLARK LABS, 2009). Um verdadeiro positivo é um pixel que é categorizado como mudança no cenário real (no caso de 2006-2011) e, também, no cenário modelado de

suscetibilidade. Já um falso positivo é um pixel categorizado como de não mudança no cenário real, mas como de mudança no cenário modelado. Esses pontos são depois conectados em ambiente computacional criando uma curva cuja área (*Area Under the Curve – AUC*) representa o valor da estatística ROC (adimensional). O software utilizado na modelagem, IDRISI Taiga, calculou a área sobre a curva utilizando a regra trapezoidal do cálculo diferencial e integral.

3.9. Predições de mudanças

Os cenários futuros foram mapeados utilizando as Cadeias de Markov que são uma formalização de modelagem de sistemas que descrevem o sistema como um processo estocástico. Assim, um sistema é caracterizado pelos seus estados e a forma pela qual eles se alternam (BACA, 2002). Os processos de Markov estão baseados na premissa de que existe uma dependência entre um acontecimento e o seu anterior (BACA, 2002).

As Cadeias de Markov podem ser compreendidas como uma máquina de mudança de estados. Emprega-se a teoria de grafos para descrevê-las, na qual o funcionamento de um sistema tem um conjunto de estados possíveis que ele pode assumir (nodos) e as transições que cada estado pode assumir (arcos). Uma definição gráfica análoga pode ser adotada pelas cadeias de Markov (BACA, 2002).

O modelo de Cadeia Markoviana de primeira ordem depende apenas do seu estado presente e das possibilidades de transição (SOARES FILHO, 1998). As probabilidades de transição não mudam com o tempo, o que o caracteriza como um processo estacionário (LIU, 2006).

Os dados de saída do ambiente de predição de mudança são o mapa de uso da terra estimado para um cenário específico contendo as mesmas classes dos dados de entrada (*hard prediction*). Também é gerado o mapa de vulnerabilidade (*soft prediction*) que é um mapa booleano e contínuo com valores variando entre 0 e 1. Como foi analisada apenas uma única mudança do uso da terra, entre as classes Floresta e Desmatamento, o mapa de

vulnerabilidade é equivalente ao mapa do potencial de transição desenvolvido pelas redes neurais.

3.10. Validação do modelo

Para avaliar a exatidão do modelo torna-se necessário comparar o mapa obtido através da predição com os dados reais. Para essa análise foram comparados os mapas de uso da terra: estimado/modelado para 2011 com o real de 2011.

Os resultados da predição do modelo foram analisados de duas maneiras. Primeiramente, foram simulados no MLP um total de 43 diferentes combinações de variáveis (modelos de mudança do uso da terra de 2000-2006), comparando o mapa de suscetibilidade gerado em cada modelagem estimada para 2011 com o mapa real de mudanças de 2006-2011 através da Estatística ROC. Como para a análise Jackknife foram elaboradas sete combinações com uma variável e sete combinações com seis variáveis, manteve-se esse mesmo padrão para as combinações com cinco, quatro, três e duas variáveis; totalizando assim 42 combinações, o modelo com as sete variáveis foi o que finalizou a análise, totalizando assim as 43 combinações diferentes de modelos de uso da terra.

Além disso, outro indicador apoiou a tomada de decisão para avaliar a eficiência do modelo em estimar as mudanças futuras do uso da terra na APA do Pratigi. O parâmetro utilizado foi à taxa de acurácia do MLP.

Desse modo, o modelo cuja análise integrada obteve maiores valores dos indicadores foi escolhido para a modelagem futura do uso e ocupação da terra na APA do Pratigi.

Dos 43 modelos realizados foram selecionados os dez que melhor representavam à dinâmica e a geografia do desmatamento na APA do Pratigi. As modelagens foram realizadas com as sete variáveis escolhidas no estudo e que apresentaram um padrão de comportamento potencial de vetor ou agente do desmatamento. Com isso, foi possível selecionar o modelo que apresentou a melhor explicação para as mudanças do uso da terra, da classe Floresta para a classe Desmatamento, no período entre 2000-2011, na APA do Pratigi.

Após os valores de vulnerabilidade (potencial de transição) do modelo com maior valor de ROC foram avaliados através da geração de dois histogramas: um com os valores de vulnerabilidade dentro das áreas que apresentaram mudança real e outro com os valores de vulnerabilidade dentro das áreas que não apresentaram (persistência). Em um modelo perfeito os valores de vulnerabilidade seriam iguais a um em todas as áreas de mudança e valores de vulnerabilidade iguais a 0 nas áreas que não apresentaram mudança.

3.11. Estimativa das emissões de Gases de Efeito Estufa

Para os cálculos das emissões de GEE devido ao desmatamento na APA do Pratigi no período de 2011-2041 foram utilizados os dados espaciais de biomassa acima do solo obtidos no estudo de BACCINI *et al.* (2012), juntamente com os dados de mudança do uso da terra estimados para 2041 (figura 2).

BACCINI *et al.* (2012) utilizou dados de sensores orbitais multi-temporais em seu estudo para estimar a biomassa acima do solo, com uma acurácia e resolução espaciais nunca antes vistos. A resolução espacial de 500 m foi possível usando uma combinação de dados do sensor aero espacial Lidar, com 70 m de resolução, e de dados multiespectrais MODIS de 500 m. Além dos dados orbitais, foram coletados dados de campo em diferentes áreas florestais ao longo da floresta pan-tropical, utilizando um protocolo de coleta de dados especialmente desenhado para otimizar e potencializar a integração dos dados orbitais com os de campo.

Esse conjunto de dados obtidos do estoque de carbono acima do solo possibilitará que as nações tropicais possam alcançar seus requisitos para reportar emissões (Convenção Quadro das Nações Unidas para Mudanças Globais, TIER 3) com mais acurácia.

As informações obtidas neste estudo foram cruzadas com as obtidas por BACCINI *et al.* (2012) em ambiente SIG. Através de uma álgebra de mapas foram alocados os desmatamentos futuros estimados na linha de base da dinâmica do uso da terra em função dos dados de biomassa acima do solo.

Isso resultou no impacto da mudança do uso da terra na APA do Pratigi para as mudanças climáticas no cenário de linha de base da região.

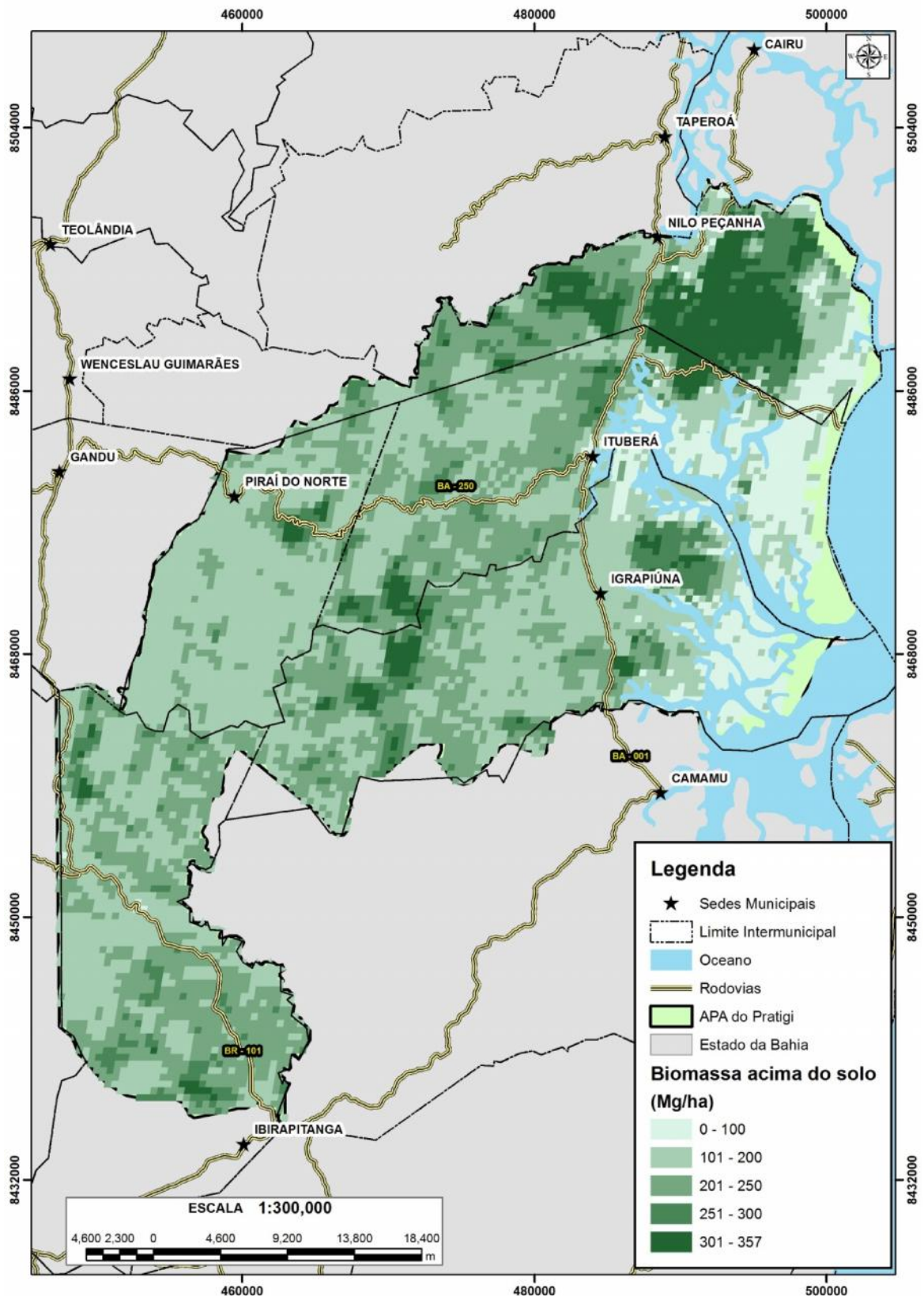


Figura 2. Mapa de biomassa acima do solo na APA do Pratigi (Mg/ha), dados BACCINI *et al.* 2012.

4. RESULTADOS

Devido à exclusão de áreas da APA do Pratigi (nuvens, sombras de nuvens, corpos hídricos e oceano – Tabela 2), a análise temporal da dinâmica do desmatamento e as projeções futuras contemplaram 92,4% do território da APA do Pratigi, cerca de 157.958 ha. A validação do mapeamento temporal gerada para o ano 2000 teve como resultado da somatória da diagonal principal o maior valor da série temporal, com 260 pontos validados corretamente das 300 amostras, o que representa um índice global de 86,67% (tabela 4), sendo a classe Floresta com o maior acerto, 91%, já a classe Outras Formações com menor acerto de 84%.

O ano de 2006 foi o que apresentou maiores erros, possuindo um índice global de acertos de 83,33% (tabela 5), com as classes Floresta e Desmatamento apresentando, ambas, um erro de 19%. Já a classe Outras Formações apresentou um erro de 12%.

O mapeamento do uso da terra do ano de 2011 (tabela 6) apresentou um índice global de acertos de 85%, representado por 80% de acerto da classe Desmatamento e 90% para a Classe Outras Formações.

No processo de validação dos dados de uso da terra da série temporal, a classe que apresentou o maior erro nos três períodos de análise foi o Desmatamento com 15% em 2000, 19% em 2006 e 20% em 2011. Analisando as matrizes de confusão geradas para os três anos (tabelas 4, 5 e 6), percebe-se que o maior erro foi o de omissão com a classe Floresta. Ou seja, no mapa de uso da terra o ponto selecionado é classificado como Desmatamento, no entanto, visualmente, analisando a resposta espectral do pixel e a forma do objeto conclui-se que se trata da classe Floresta.

Tabela 4. Matriz de erros para validação do mapa de uso e ocupação da terra de 2000 da APA do Pratigi.

| USO 00 | | | | | |
|-------------------|------------------|--------------|----------|------------------|---------------------|
| | | DESMATAMENTO | FLORESTA | OUTRAS FORMAÇÕES | ERROS DE COMISSÃO |
| LANDSAT 00 | DESMATAMENTO | 85 | 6 | 5 | 11 |
| | FLORESTA | 14 | 91 | 11 | 25 |
| | OUTRAS FORMAÇÕES | 1 | 3 | 84 | 4 |
| | ERROS DE OMISSÃO | 15 | 9 | 16 | 260 (86,67%) |

Tabela 5. Matriz de erros para a validação do mapa de uso e ocupação da terra de 2006 da APA do Pratigi.

| USO 06 | | | | | |
|-------------------|------------------|--------------|----------|------------------|---------------------|
| | | DESMATAMENTO | FLORESTA | OUTRAS FORMAÇÕES | ERROS DE COMISSÃO |
| LANDSAT 06 | DESMATAMENTO | 81 | 16 | 3 | 19 |
| | FLORESTA | 14 | 81 | 9 | 23 |
| | OUTRAS FORMAÇÕES | 5 | 3 | 88 | 8 |
| | ERROS DE OMISSÃO | 19 | 19 | 12 | 250 (83,33%) |

Tabela 6. Matriz de erros para a validação do mapa de uso e ocupação da terra de 2011 da APA do Pratigi.

| | | USO 11 | | | |
|--------------------|------------------|---------------|----------|------------------|-------------------|
| | | DESMATAMENTO | FLORESTA | OUTRAS FORMAÇÕES | ERROS DE COMISSÃO |
| RapidEye 11 | DESMATAMENTO | 80 | 16 | 3 | 17 |
| | FLORESTA | 14 | 85 | 3 | 17 |
| | OUTRAS FORMAÇÕES | 7 | 4 | 90 | 11 |
| | ERROS DE OMISSÃO | 21 | 20 | 6 | 255 (85%) |

O uso e ocupação da terra na APA do Pratigi nos três anos analisados (tabela 7 e figuras 3, 4 e 5) estão representados por Floresta (58% do total da paisagem em 2000, 53% em 2006 e 49% em 2011) e Desmatamento (22%, 26% e 31% em cada ano, respectivamente). Entre 2000 e 2011 a classe Outras Formações não apresentou variações significativas (12,5% em 2000, 12,8% em 2006 e 12,6% em 2011).

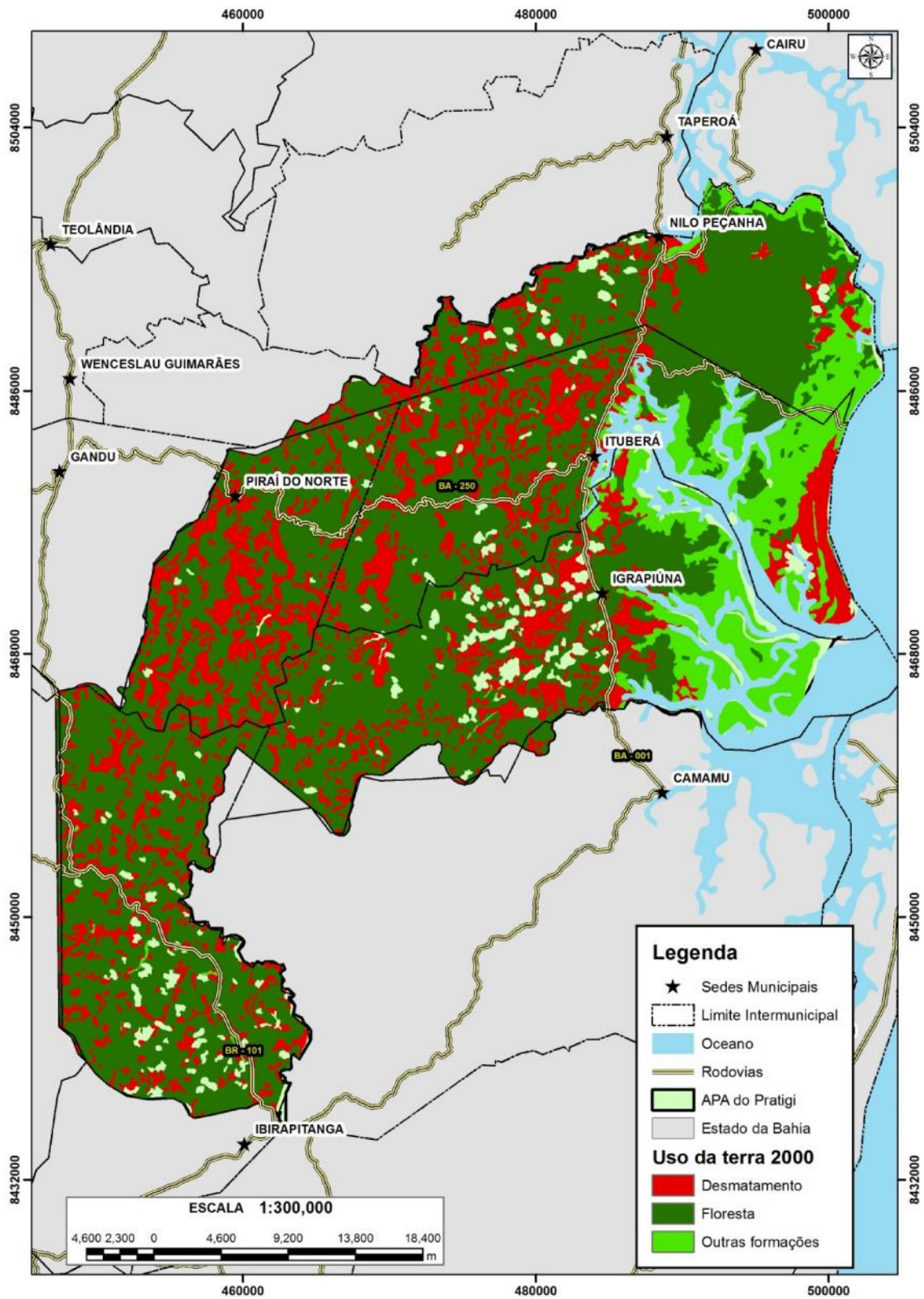


Figura 3. Mapa de uso e ocupação da terra de 2000 da APA do Pratigi, Bahia.

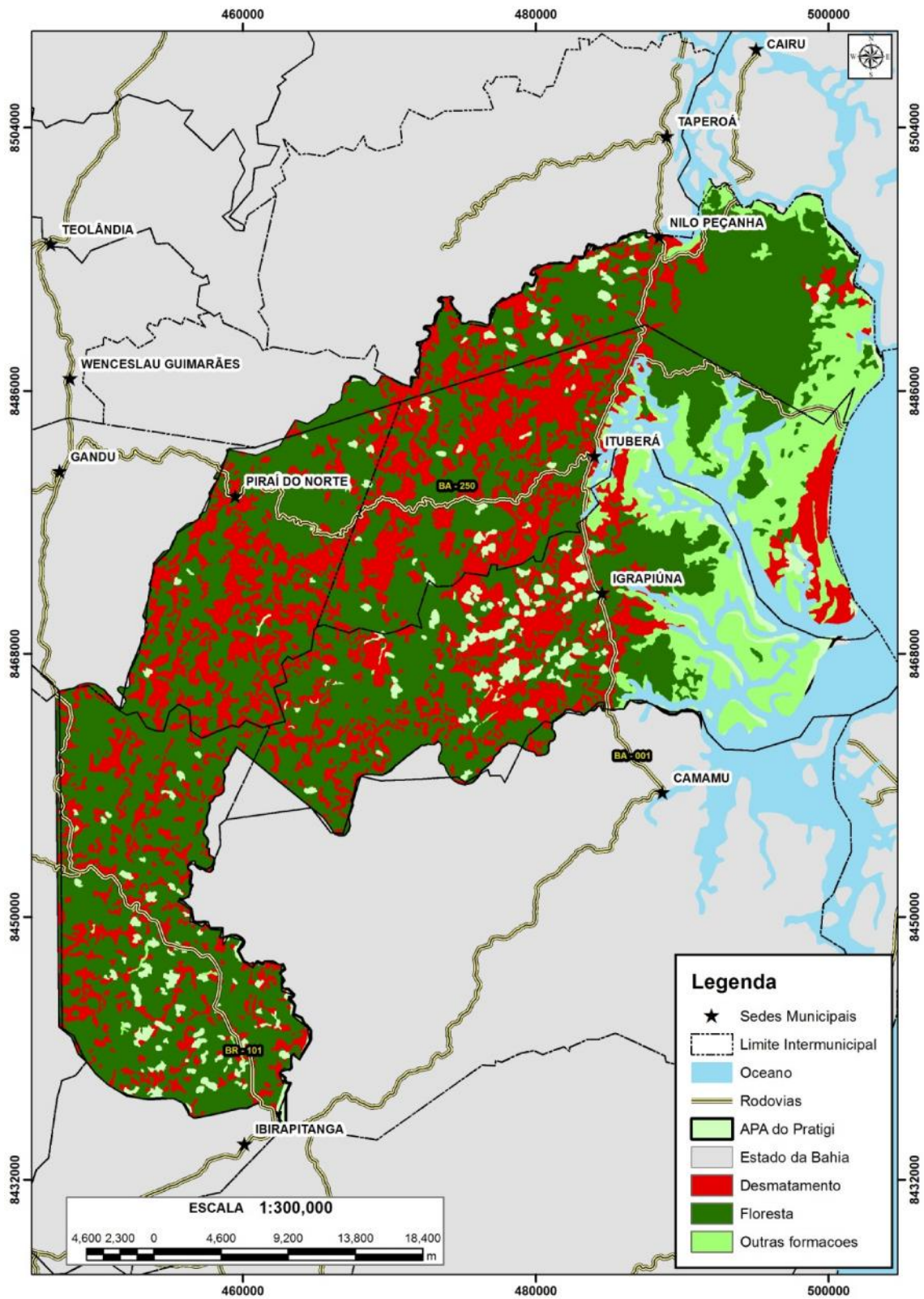


Figura 4. Mapa de uso e ocupação da terra de 2006 da APA do Pratigi, Bahia.

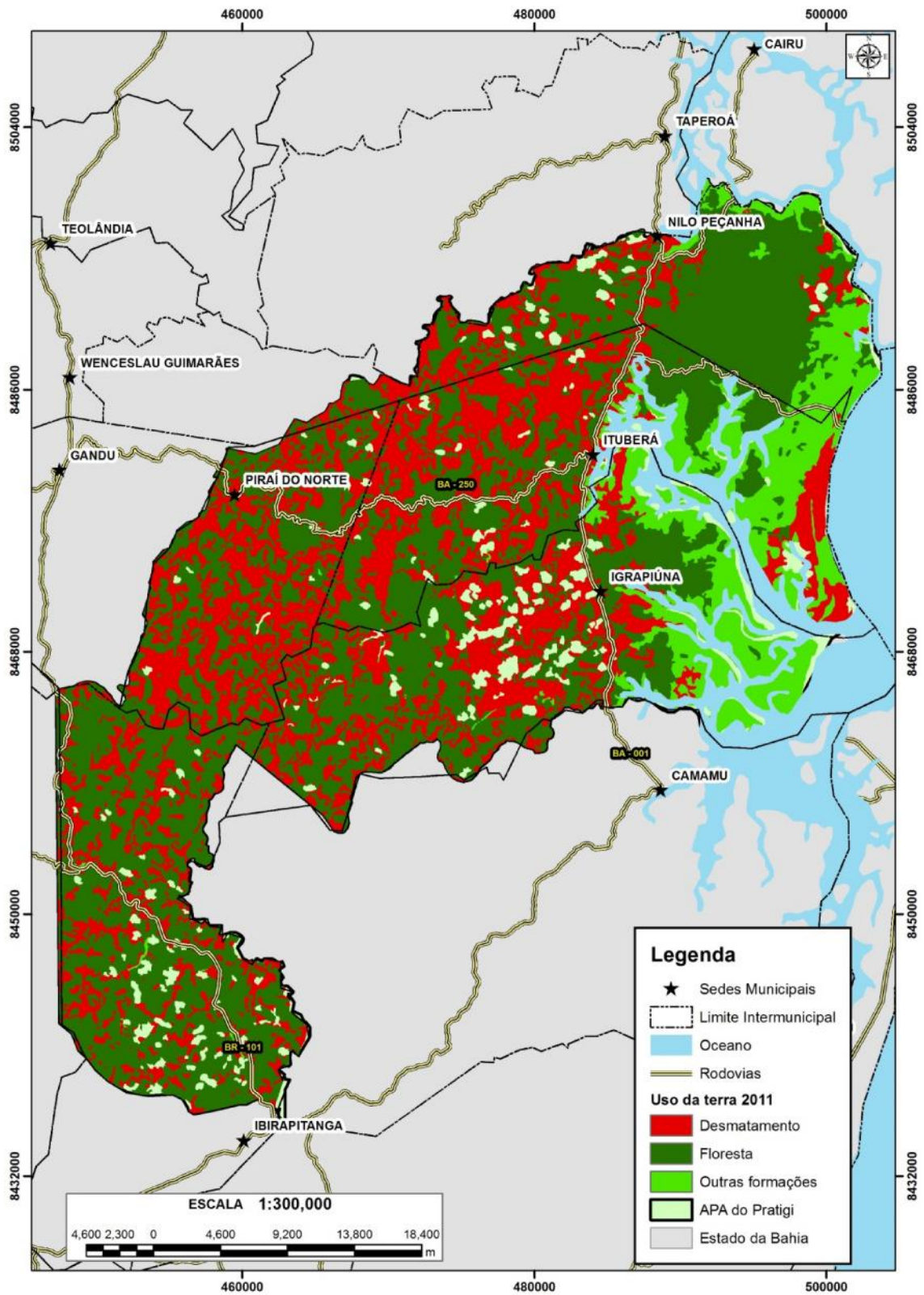


Figura 5. Mapa de uso e ocupação da terra de 2011 da APA do Pratigi, Bahia.

Tabela 7. Dados da cobertura e uso da terra no período de referência (2000-2011)

| Classe | 2000 | 2006 hectares | 2011 |
|-------------------------|--------------|---------------|--------------|
| | hectares (%) | (%) | hectares (%) |
| Desmatamento | 38.312 (22%) | 44.865 (26%) | 52.319 (31%) |
| Floresta | 98.337 (58%) | 91.218 (53%) | 84.105 (49%) |
| Outras formações | 21.310 (12%) | 21.874 (13%) | 21.532 (13%) |
| Sem dados | 13.045 (8%) | 13.045 (8%) | 13.045 (8%) |

Ambos os intervalos de tempo (2000-2006 e 2006-2011) apresentaram uma dinâmica do desmatamento intensa. No primeiro período (tabela 8) a taxa média anual de desmatamento foi de 1,21%. Já no segundo período (tabela 9) houve um pequeno aumento na taxa média anual de desmatamento, que foi de 1,55%. Isso gerou um desmatamento acumulado no período de 2000-2011 de aproximadamente 14 mil hectares, uma perda florestal média de 1.273 hectares por ano.

No primeiro período (2000-2006) houve uma perda florestal bruta de 9.373 ha, no entanto a classe Floresta apresentou regeneração nesse mesmo período tendo um aumento de 2.254 ha, o que representa, na realidade, uma perda líquida de 7.118 ha (tabela 8), variando de 58% do território em 2000 para 53% em 2006. No mesmo período a classe Outras Formações apresentou, em termos globais, um incremento de 0,3%, devido à transição de 721 ha entre a classe Desmatamento e a classe Outras Formações (tabela 8).

Tabela 8. Matriz de mudança do uso da terra no intervalo entre os anos de 2000-2006, em hectares, APA do Pratigi, Bahia.

| | | 2006 | | | |
|------|-------------------------|---------------------|-----------------|-------------------------|--------------|
| | | <i>Desmatamento</i> | <i>Floresta</i> | <i>Outras formações</i> | <i>Total</i> |
| 2000 | <i>Desmatamento</i> | 35.402 | 2.187 | 721 | 38.311 |
| | <i>Floresta</i> | 9.349 | 88.964 | 22 | 98.336 |
| | <i>Outras formações</i> | 113 | 66 | 21.130 | 21.309 |
| | <i>Total</i> | 44.865 | 91.218 | 21.874 | 157.958 |

No segundo período (2006-2011) houve uma perda florestal bruta de 10.957 ha. No entanto, a classe Floresta apresentou, novamente, regeneração no período com um aumento de 3.844 ha, o que representa, portanto, uma perda líquida de 7.112 ha (tabela 9), variando de 53% do território em 2006 para 49% em 2011. Já a classe Outras Formações apresentou, em termos globais, um decréscimo de 0,2%, devido à transição de 306 ha da classe Outras Formações para a classe Desmatamento (tabela 9).

Tabela 9. Matriz de mudança do uso da terra no intervalo entre os anos de 2006-2011, em hectares, APA do Pratigi, Bahia.

| | | 2011 | | | |
|------|-------------------------|---------------------|-----------------|-------------------------|--------------|
| | | <i>Desmatamento</i> | <i>Floresta</i> | <i>Outras formações</i> | <i>Total</i> |
| 2006 | <i>Desmatamento</i> | 41.069 | 3.688 | 107 | 44.865 |
| | <i>Floresta</i> | 10.943 | 80.261 | 13 | 91.218 |
| | <i>Outras formações</i> | 306 | 156 | 21.411 | 21.874 |
| | <i>Total</i> | 52.319 | 84.105 | 21.532 | 157.958 |

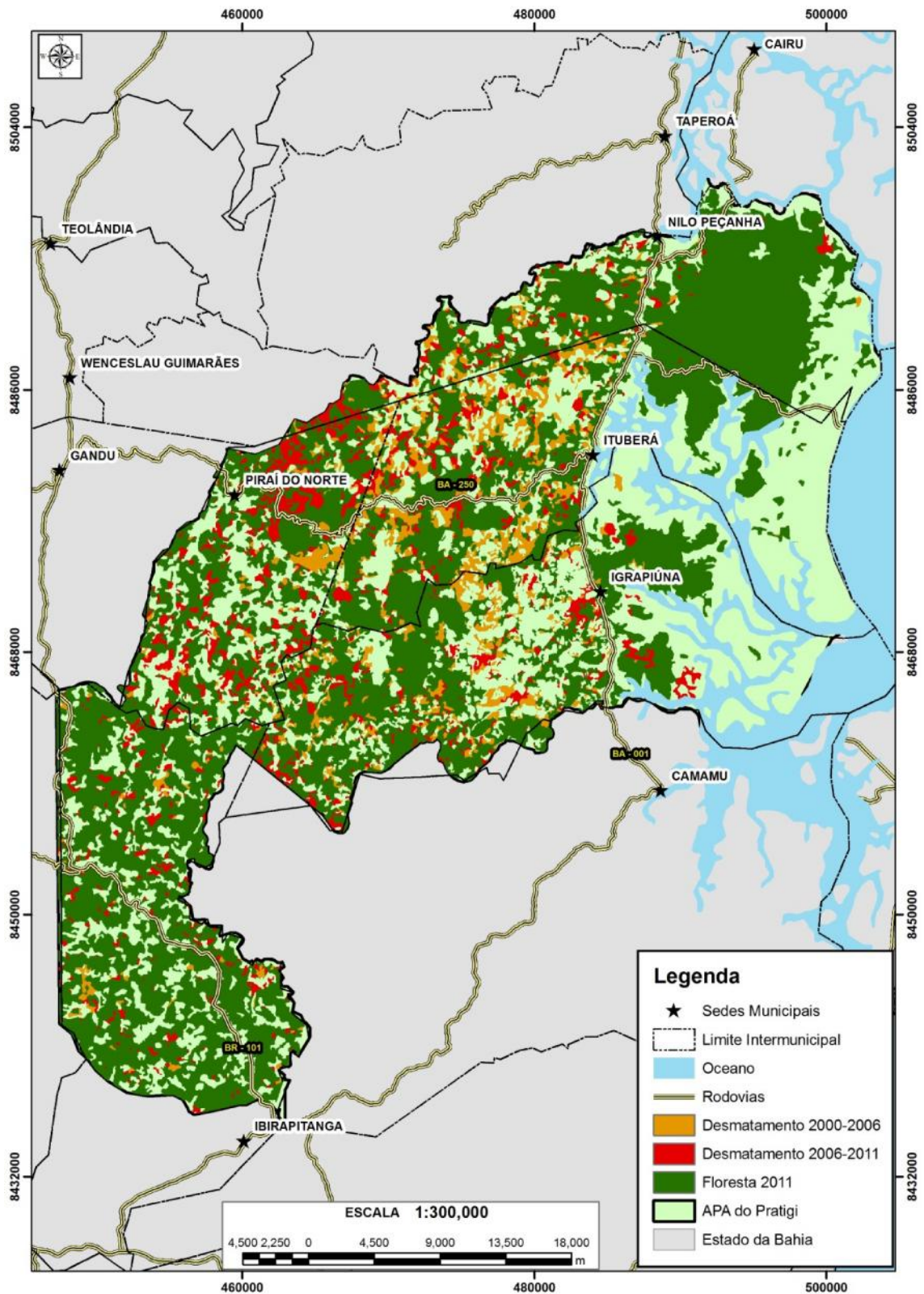


Figura 6. Mapa da dinâmica e geografia do desmatamento na APA do Pratigi (2000-2011).

A análise de sensibilidade “Jackknife”, executando o LCM, para o período 2000-2006, com todas setes variáveis previamente selecionadas, figura 7 até figura 13 (Modelo 6, tabela 11) resultou em um valor alto para a área sobre a curva ROC (AUC= 0,931). A análise de sensibilidade (tabela 9) mostrou que as três variáveis que mais contribuíram para o desmatamento foram: distância para o desmatamento de 2000 (AUC=0,940); distância para as comunidades (AUC=0,915) e distância para sedes municipais (AUC=0,912).

A variável distância do desmatamento de 2000 foi a que teve o maior valor do ROC, de 0,940, mas apresentou alta correlação com outras variáveis, pois a sua exclusão na análise (tabela 10) acarretou apenas uma pequena diminuição no valor do ROC, que baixou para 0,921; ou seja, ela traz poucas informações que não estão em outras variáveis. Em geral as variáveis apresentam uma grande redundância. No entanto, quando analisadas separadamente, contribuem com informações importantes ao modelo, conforme SANGERMANO *et al.* (2012) notou em seu estudo.

Percebe-se, portanto, uma alta correlação entre a variável explicativa distância do desmatamento com as variáveis: distância de comunidades e distância de sedes urbanas na região de estudo. Pois, a análise Jackknife demonstrou que excluindo a distância do desmatamento de 2000 e mantendo as outras duas variáveis, mencionadas anteriormente, o valor do ROC tem apenas uma pequena diminuição. Mesmo com a existência de uma redundância entre elas, o modelo final selecionado como o mais apropriado para explicar a dinâmica do desmatamento na APA considerou as três variáveis na modelagem. Pois a abordagem permite associar complexas relações, independente da presença ou não de redundância entre elas.

Já o modelo com melhor potencial para explicar a dinâmica futura do desmatamento na APA do Pratigi apresentou um valor de AUC=0,943 e uma taxa de acurácia do MLP de 71,49% (figura 14 e tabela 11). Vale citar que o modelo adotado utilizou cinco variáveis, sendo excluídas as que apresentaram menor valor de AUC quando analisadas separadamente (tabela 10), declividade e assentamentos EVC, com AUC de 0,881 e 0,898, respectivamente.

Tabela 10. Análise de sensibilidade “Jackknife” para seleção das variáveis explicativas com maior potencial de explicação das mudanças do uso da terra.

| Variável | "AUC com apenas" | "AUC sem" |
|---|-------------------------|------------------|
| <i>Distância desmatamento 2000</i> | 0,94 | 0,921 |
| <i>Distância comunidades</i> | 0,915 | 0,919 |
| <i>Distância sede municipais</i> | 0,912 | 0,913 |
| <i>Distância estradas</i> | 0,906 | 0,921 |
| <i>Distância hidrografia</i> | 0,903 | 0,917 |
| <i>Assentamentos EVC</i> | 0,898 | 0,931 |
| <i>Declividade</i> | 0,881 | 0,912 |

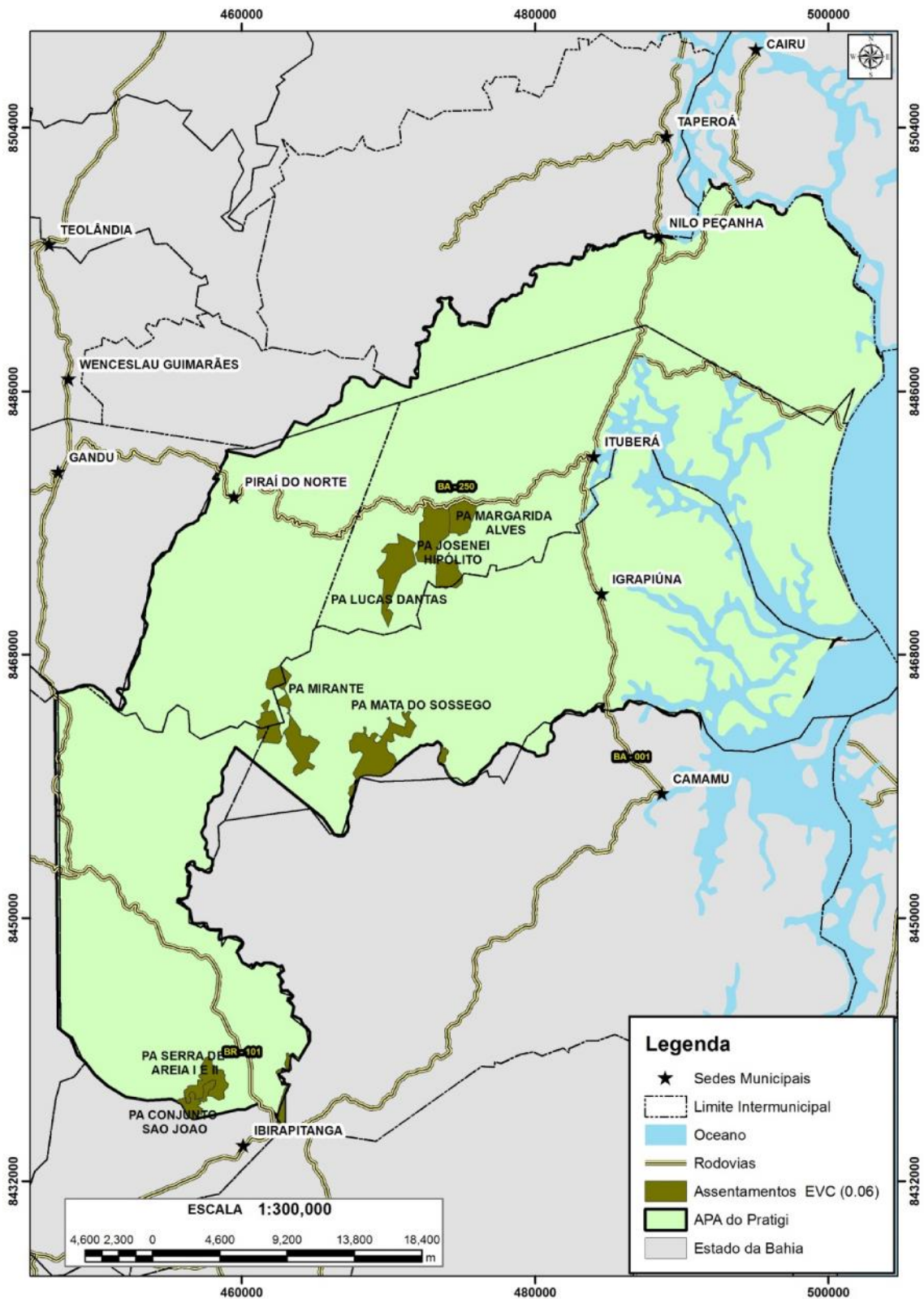


Figura 7. Mapa dos Projetos de Assentamento (PA) da Reforma Agrária do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), na APA do Pratigi, BA.

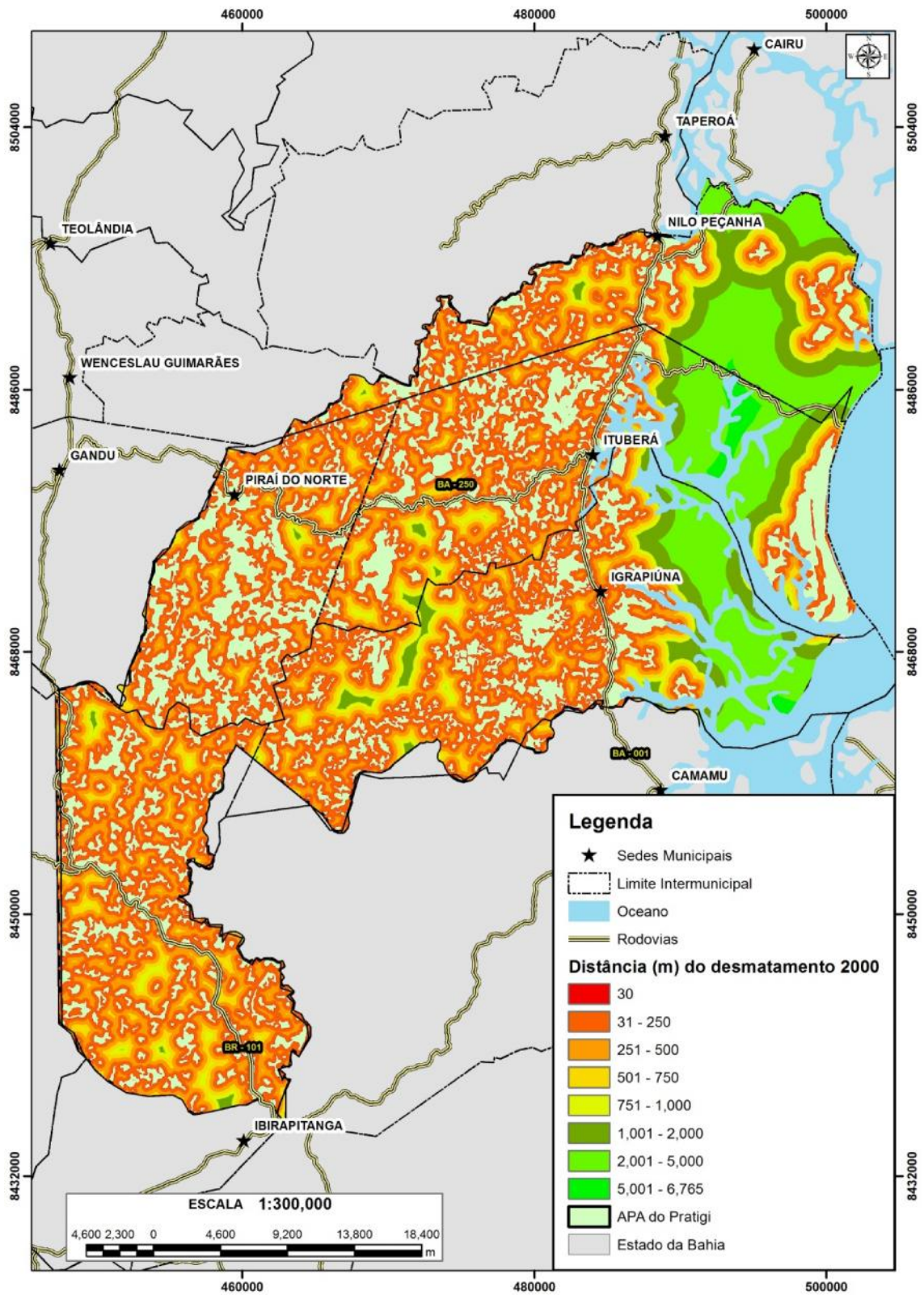


Figura 8. Mapa da distância (m) do desmatamento ocorrido até 2000, na APA do Pratigi, BA.

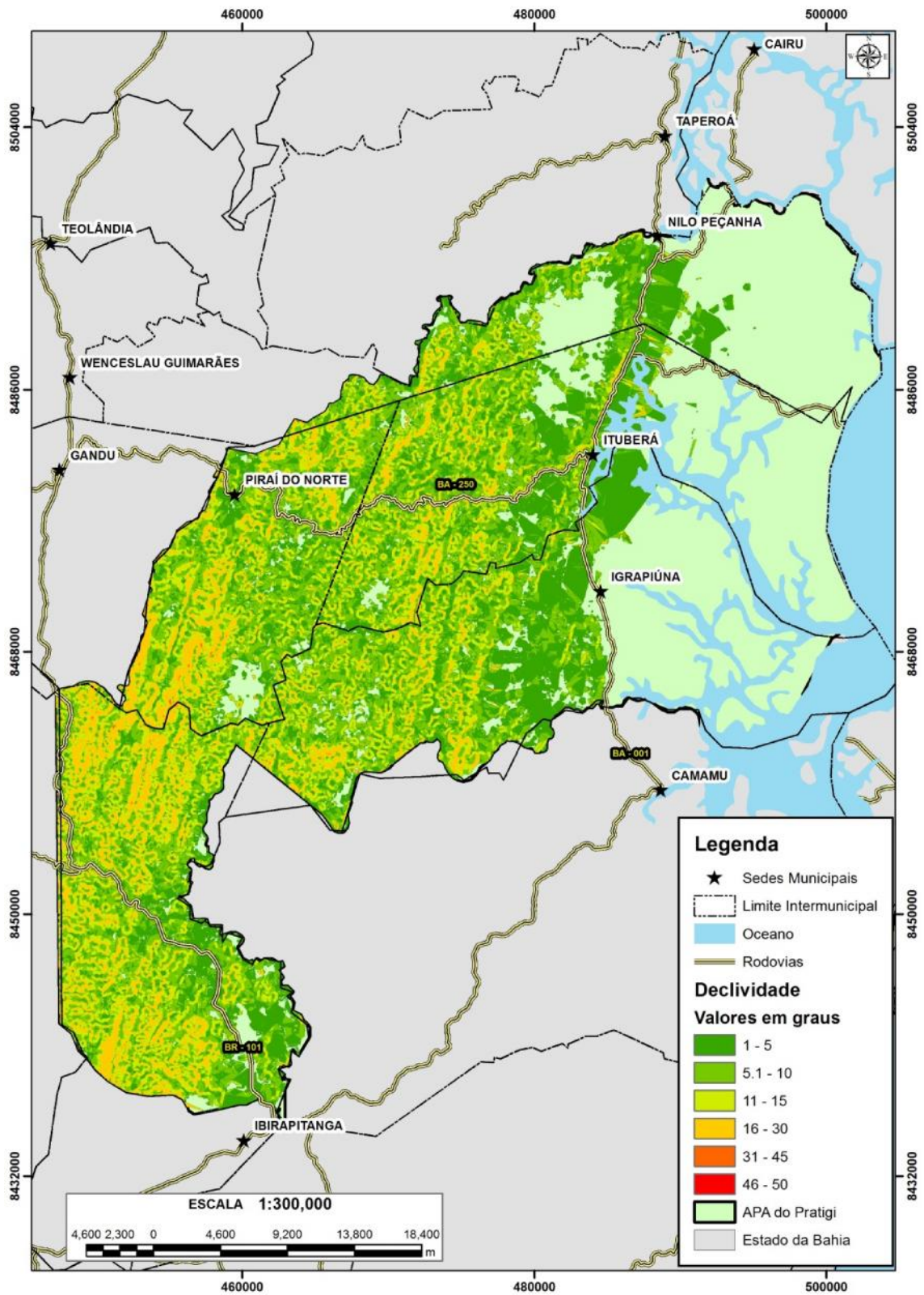


Figura 9. Mapa da declividade (graus), na APA do Pratigi, BA.

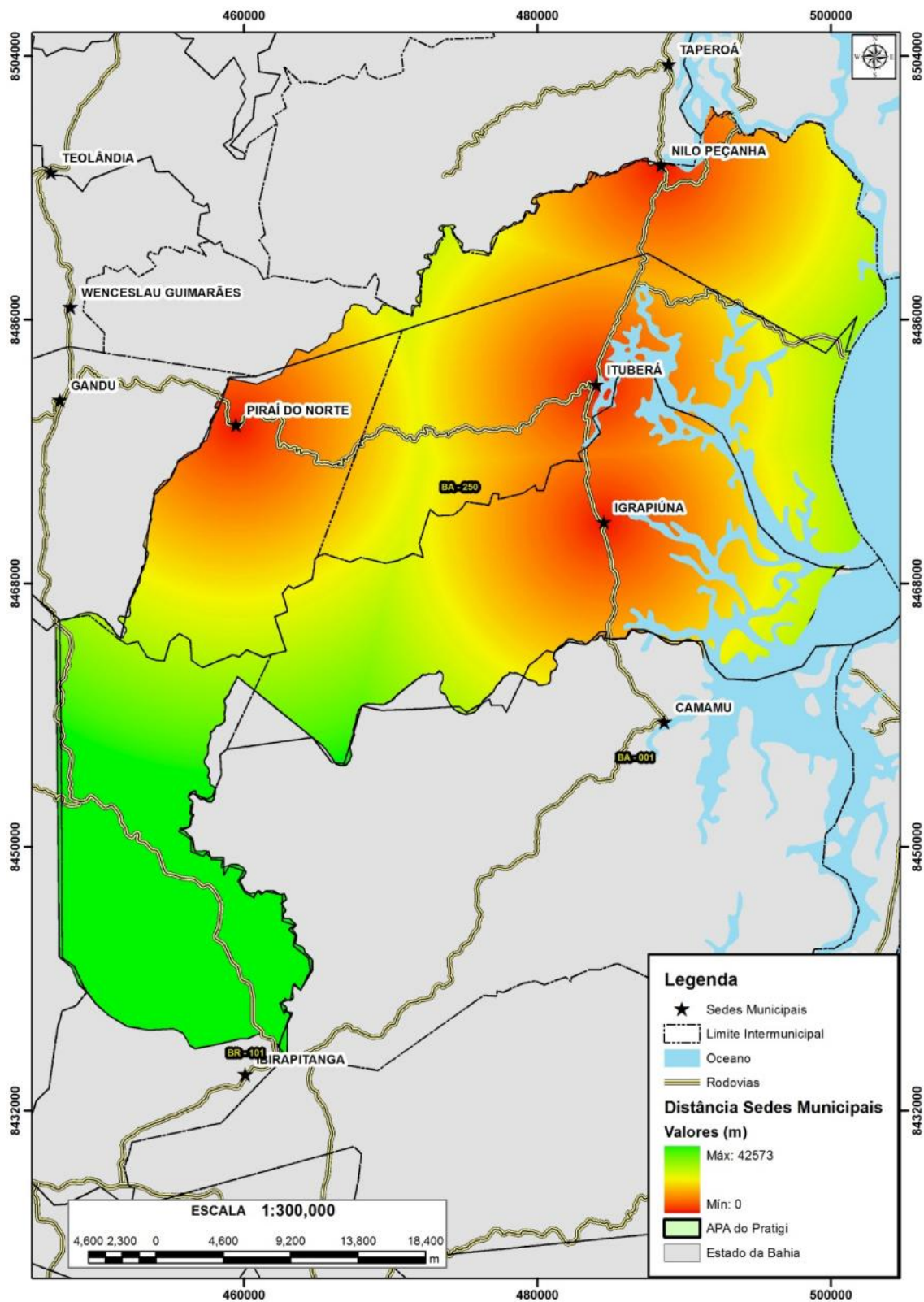


Figura 10. Mapa de distância (km) das sedes municipais, na APA do Pratigi, BA.

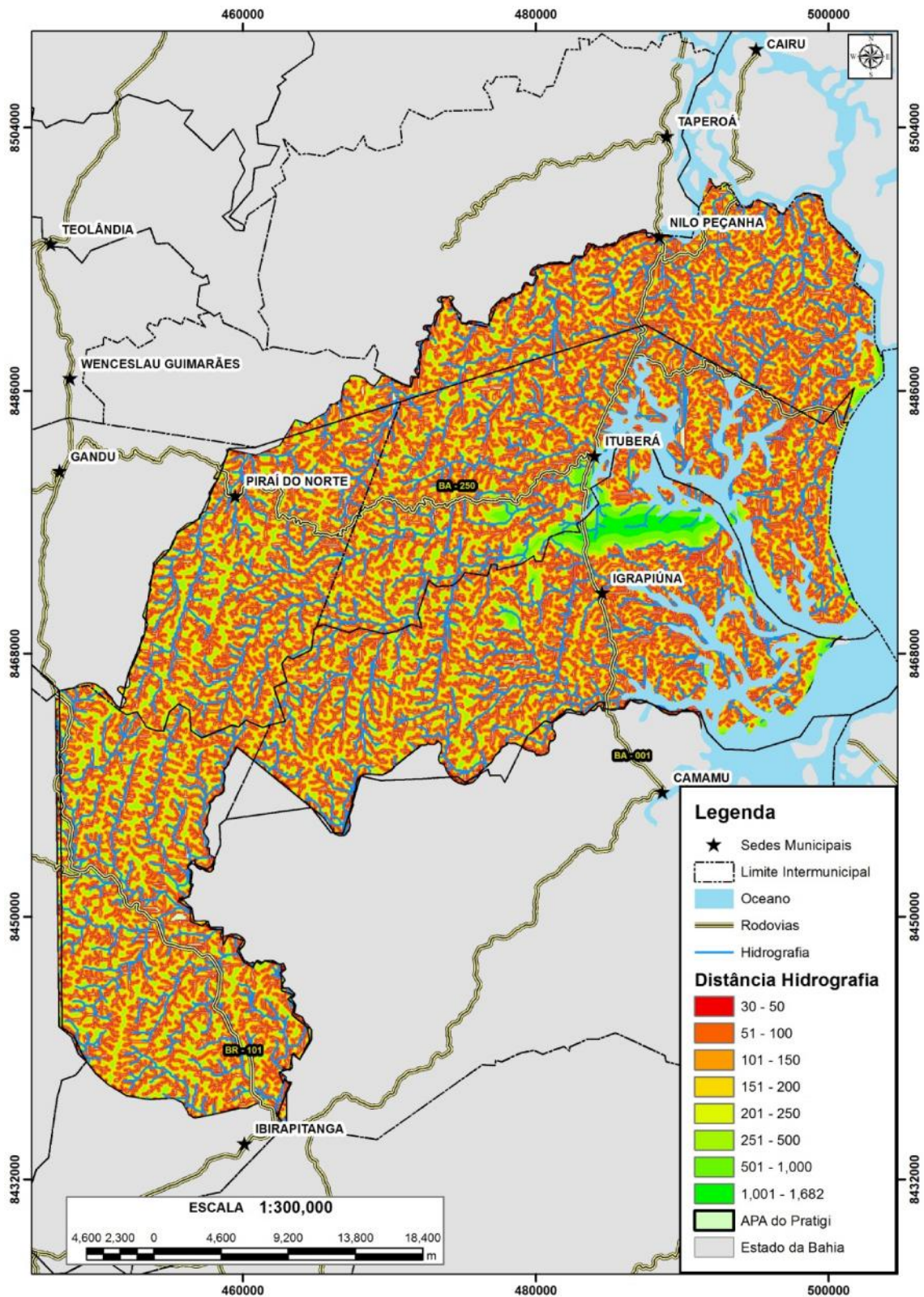


Figura 11. Mapa de distância (m) da hidrografia, na APA do Pratigi, BA.

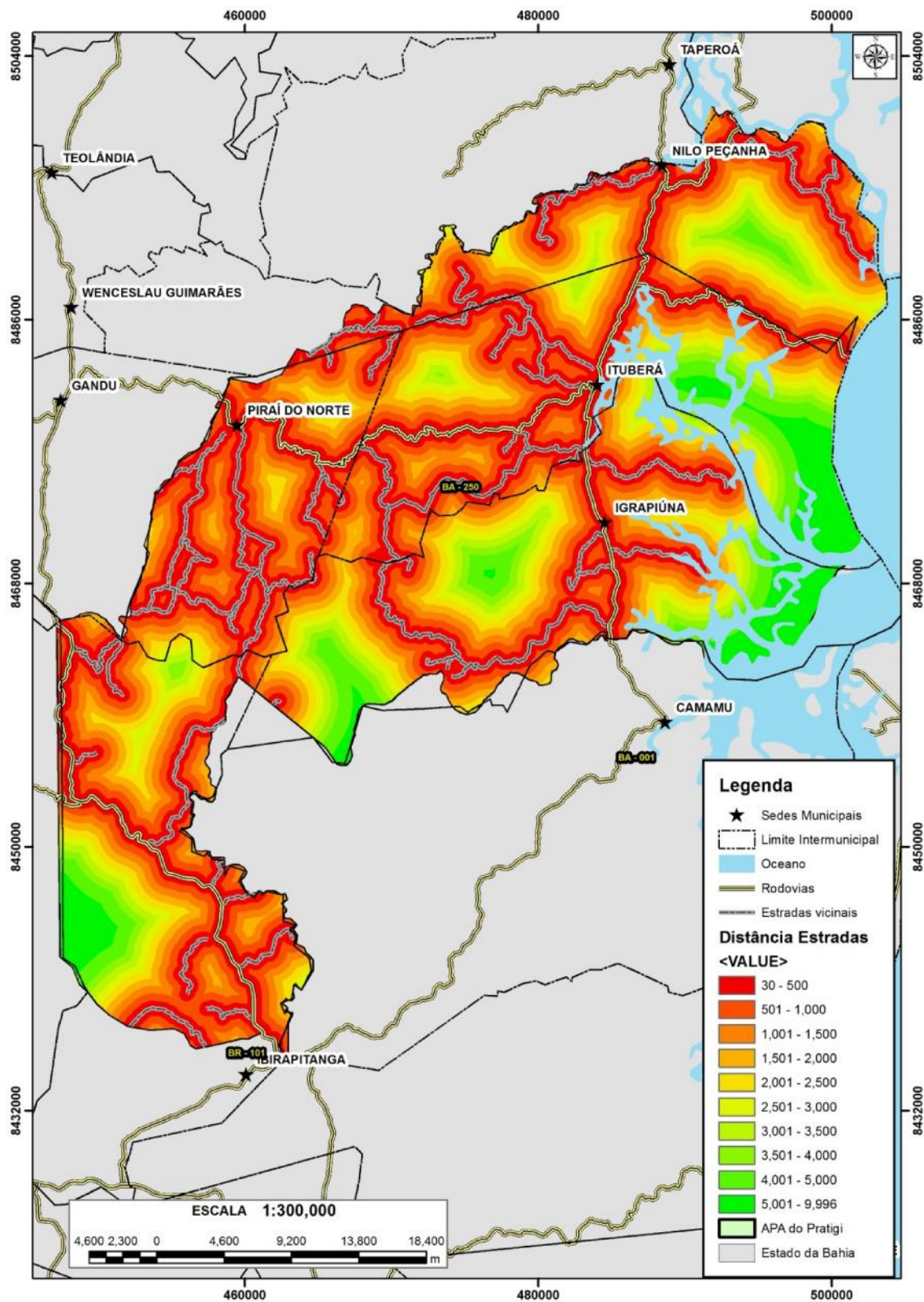


Figura 12. Mapa de distância (m) das estradas, na APA do Pratigi, BA.

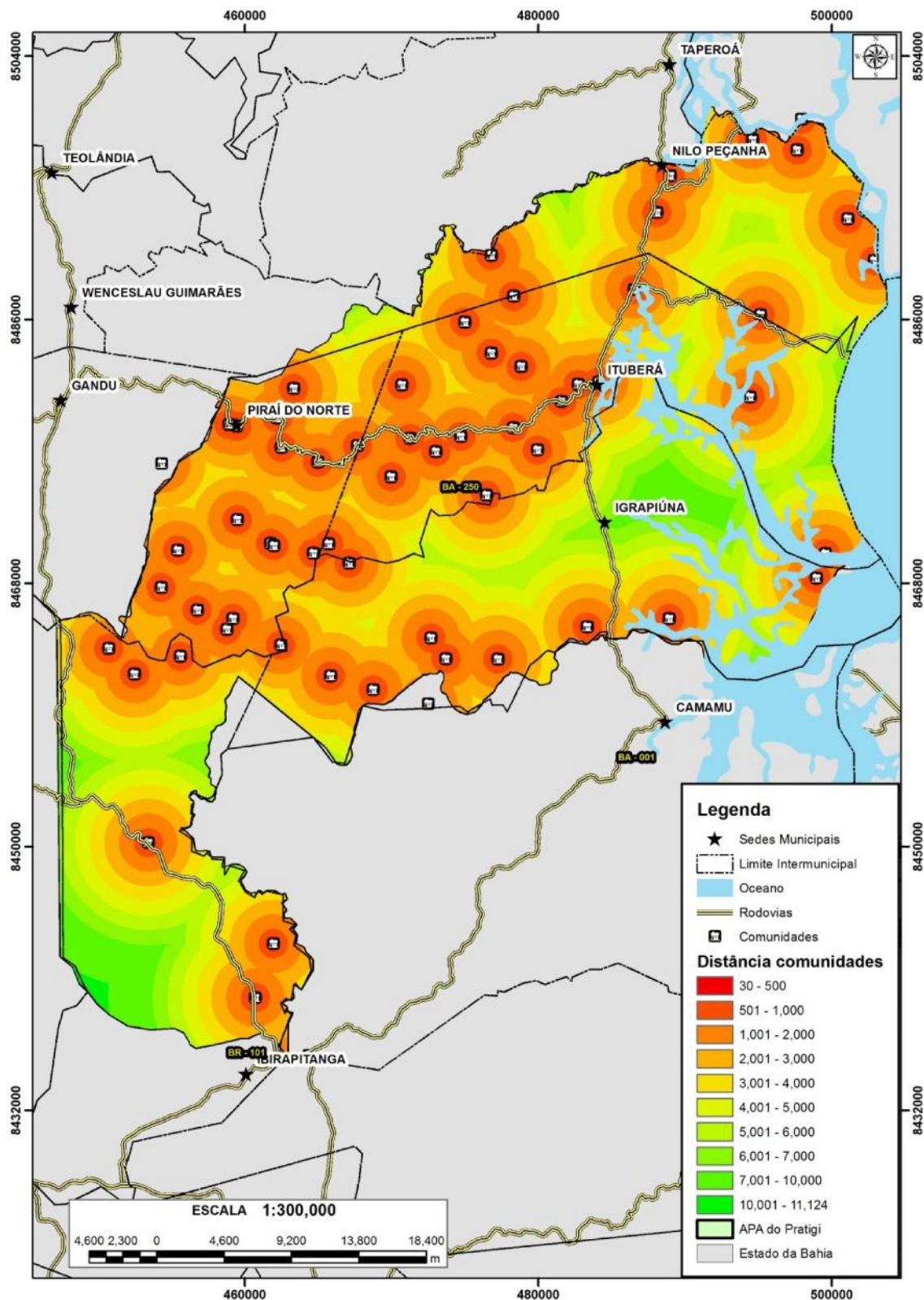


Figura 13. Mapa de distância (m) das comunidades, na APA do Pratigi, BA.

Os histogramas do mapa de vulnerabilidade (figuras 15 e 16) demonstram que o potencial de transição resultante do modelo selecionado oferece um bom

retrato da vulnerabilidade da terra em mudanças, com altos valores de vulnerabilidade (potencial de transição) nas áreas que apresentaram mudança e baixos valores nas áreas que não mudaram (persistência).

A análise dos pixels de mudança deste estudo indica que a maior concentração de pixels está na faixa de 0,7-0,8 de potencial de transição, com quase 38%; já na faixa de 0,6-0,7 de potencial de transição obteve quase 25%; enquanto na faixa de 0,8-0,9 de potencial de transição houve 10% dos pixels totais analisados (figura 15). O que demonstra que 73% dos pixels que apresentaram mudança estavam presentes na faixa acima de 60% de potencial de transição. Já os pixels que não apresentaram mudança no período (persistência), 43% deles estavam localizados na faixa de 0% de potencial de transição. (figura 16)

Dos 43 modelos analisados, foram selecionados os dez melhores (tabela 11) e o modelo que apresentou o melhor resultado foi o com a combinação de cinco variáveis explicativas (distância às comunidades, distância ao desmatamento em 2000, distância às estradas, distância à hidrografia e distância de sedes municipais) com valor de ROC de 0,943 e de Taxa de Acurácia de 71,43%, sendo esse o selecionado para as projeções do desmatamento na APA do Pratigi.

Tabela 11. Resultados da análise de sensibilidade para escolha do modelo com maior potencial de explicação das mudanças do uso da terra do período em análise.

| Modelos analisados (10 melhores) | Número de variáveis | Distância comunidades | Distância Desmatamento 2000 | Distância Estradas | Distância Hidrografia | Distância sede municipais | Declividade | Assentamentos EVC | ROC | Taxa de acurácia MLP |
|---|----------------------------|------------------------------|------------------------------------|---------------------------|------------------------------|----------------------------------|--------------------|--------------------------|--------------|-----------------------------|
| 1 | 5 | x | X | x | x | x | | | 0,943 | 71,49% |
| 2 | 1 | | x | | | | | | 0,940 | 63,25% |
| 3 | 3 | x | x | | | x | | | 0,933 | 70,65% |
| 4 | 4 | x | x | | | x | | x | 0,932 | 71,47% |
| 5 | 6 | x | x | x | x | x | x | | 0,931 | 72,51% |
| 6 | 7 | x | x | x | x | x | x | x | 0,931 | 71,08% |
| 7 | 4 | x | x | x | | x | | | 0,931 | 70,75% |
| 8 | 3 | | x | | x | x | | | 0,931 | 70,48% |
| 9 | 5 | x | x | x | | x | | x | 0,931 | 70,42% |
| 10 | 5 | x | x | | | x | x | x | 0,931 | 70,22% |

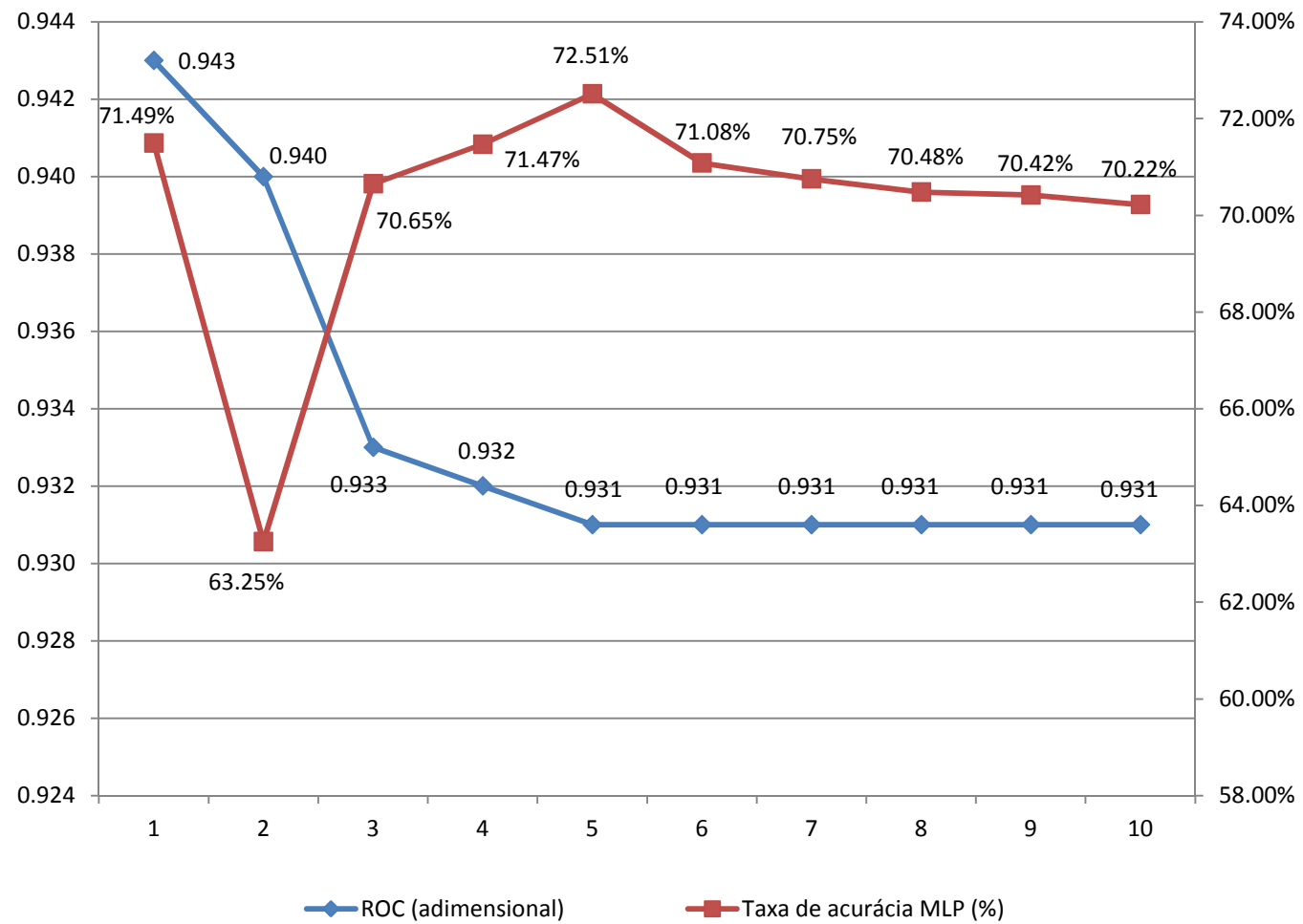


Figura 14. Gráfico apresentando os indicadores dos 10 melhores modelos testados no estudo.

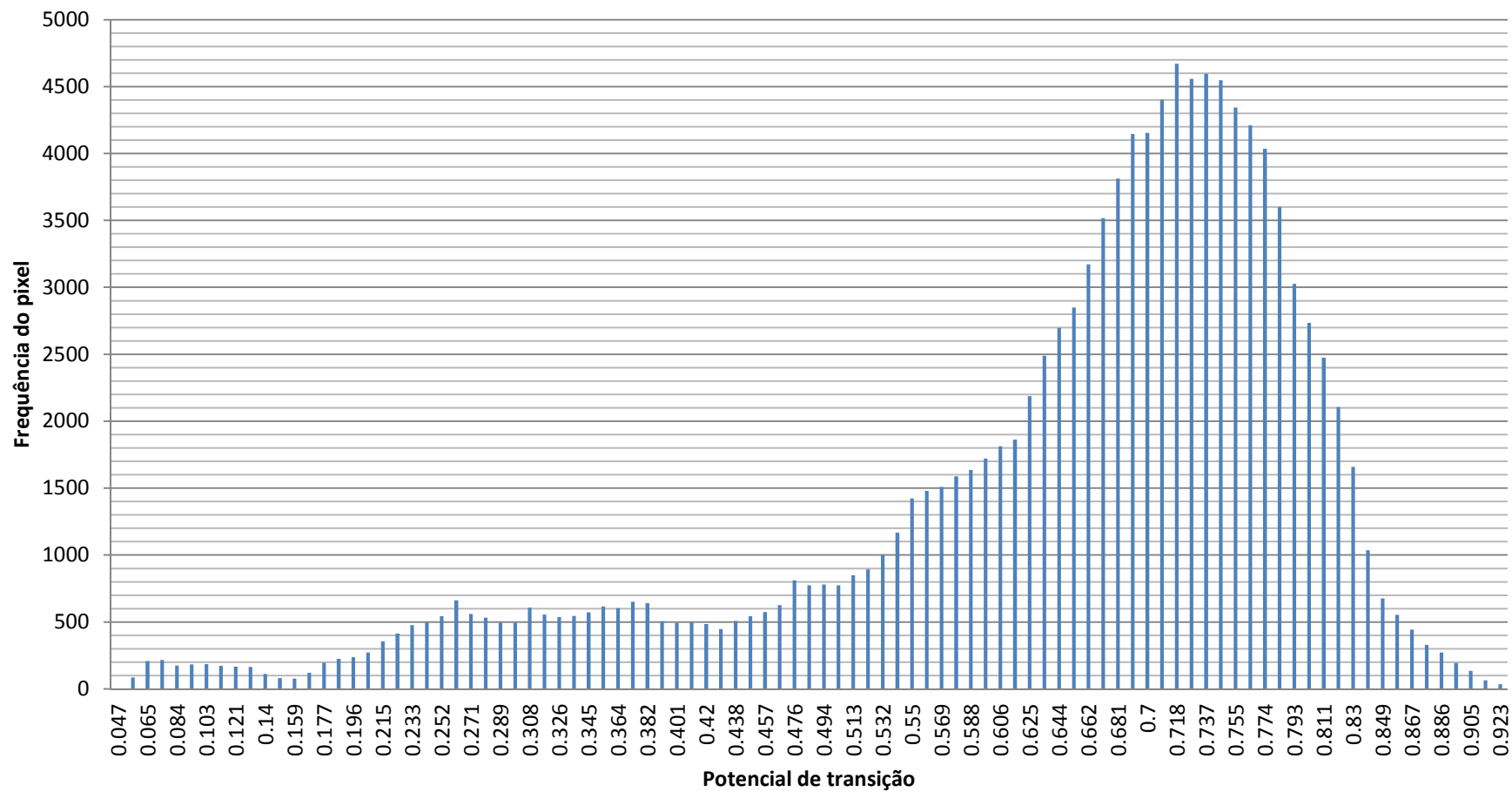


Figura 15. Histograma da frequência dos valores de vulnerabilidade (potencial de transição) no período entre 2006-2011, com relação às áreas que efetivamente apresentaram mudança no mesmo período analisado.

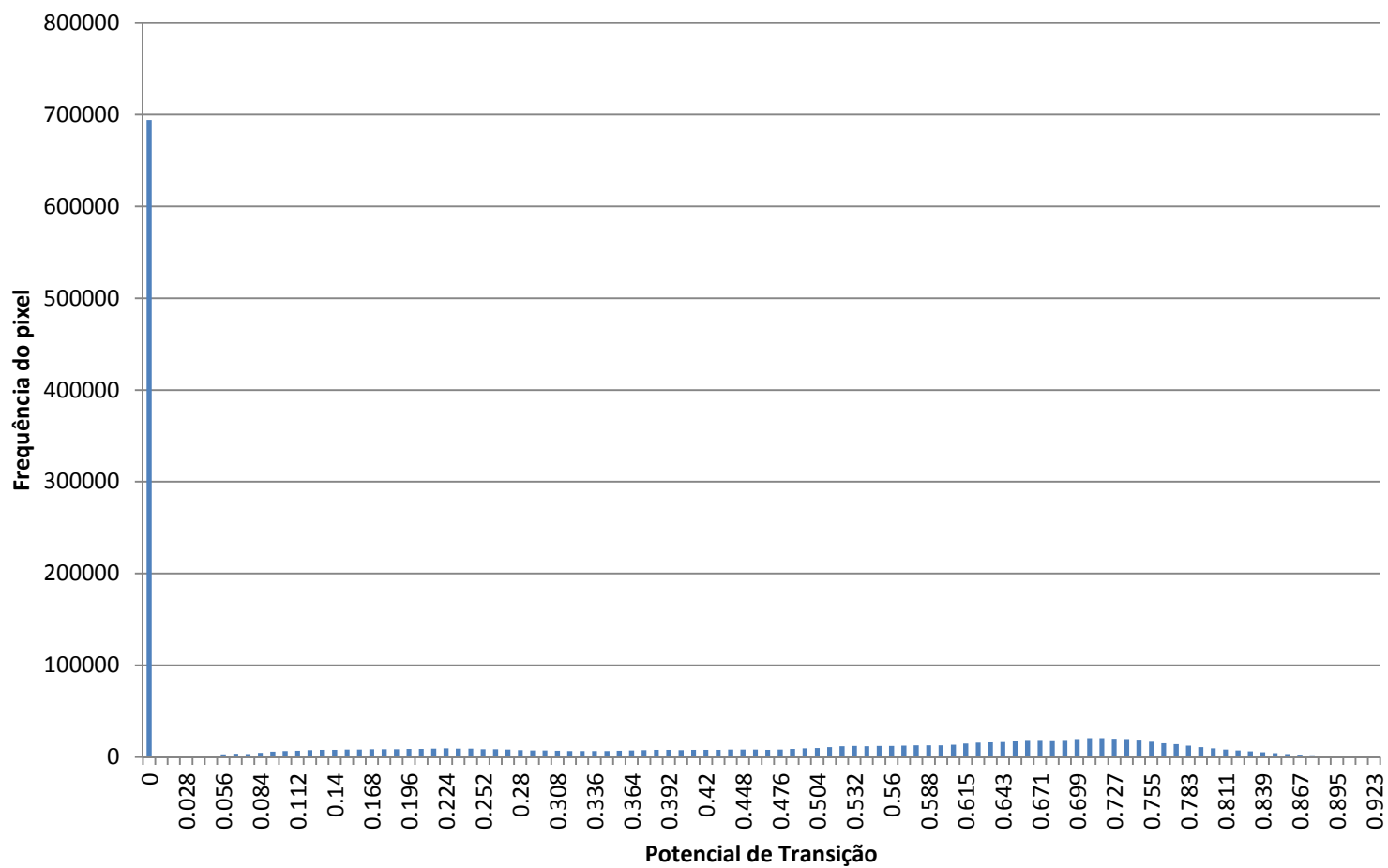


Figura 16. Histograma da frequência dos valores de vulnerabilidade (potencial de transição) no período entre 2006-2011, com relação às áreas que não apresentaram mudança (persistência) no mesmo período analisado.

Foi projetado um desmatamento acumulado para o ano de 2041 de 31,3 km² (tabela 12) com base no ano de 2011. Também, foi estimado, uma taxa média anual de desmatamento no período (2011-2041), de aproximadamente 1,04 km² (tabela 12).

A demanda por terra aumenta projetando a pressão do desmatamento em fragmentos florestais próximos a antigas áreas desmatadas (figura 18), concentrando-se espacialmente na região entre as rodovias federal e estadual BR101 e BA001 (área essa conhecida como Ecopolo 2), onde também obteve-se a maior densidade de altos valores de vulnerabilidade (figura 17).

Pode-se notar que as sedes municipais existentes no interior da APA do Pratigi apresentaram grande influência na geografia do desmatamento, concentrando em seus entornos altos valores de vulnerabilidade (figura 17) e conseqüentemente apresentando uma projeção de mudança do uso da terra para 2041 com considerável concentração. Um exemplo é a sede municipal de Piraí do Norte, localizada na zona limdeira da BA-250 (estrada que liga Gandu-Ituberá) (figura 18).

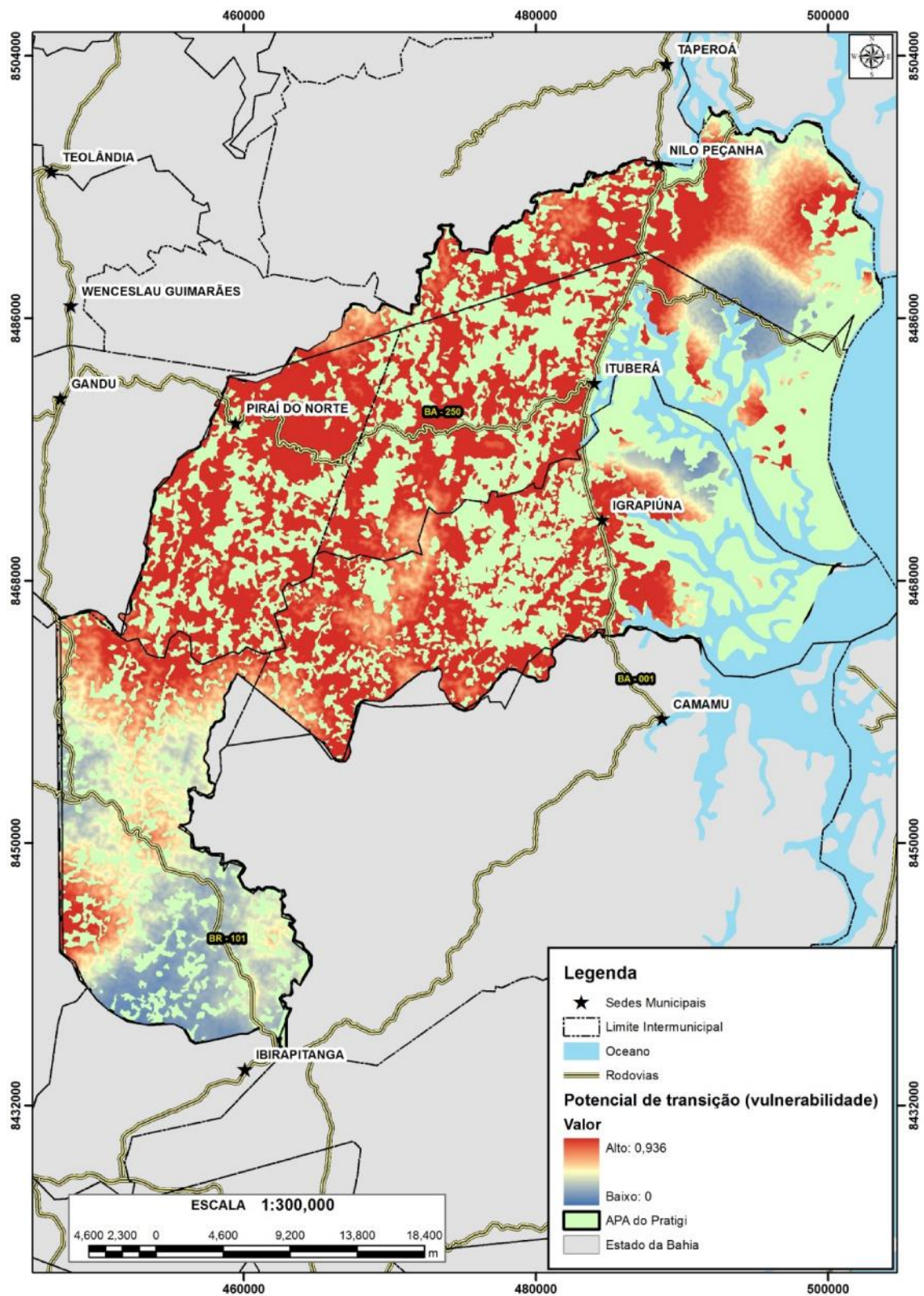


Figura 17. Mapa do potencial de transição (vulnerabilidade) da classe Floresta para a classe Desmatamento na APA do Pratigi utilizado para modelar as mudanças futuras do uso da terra.

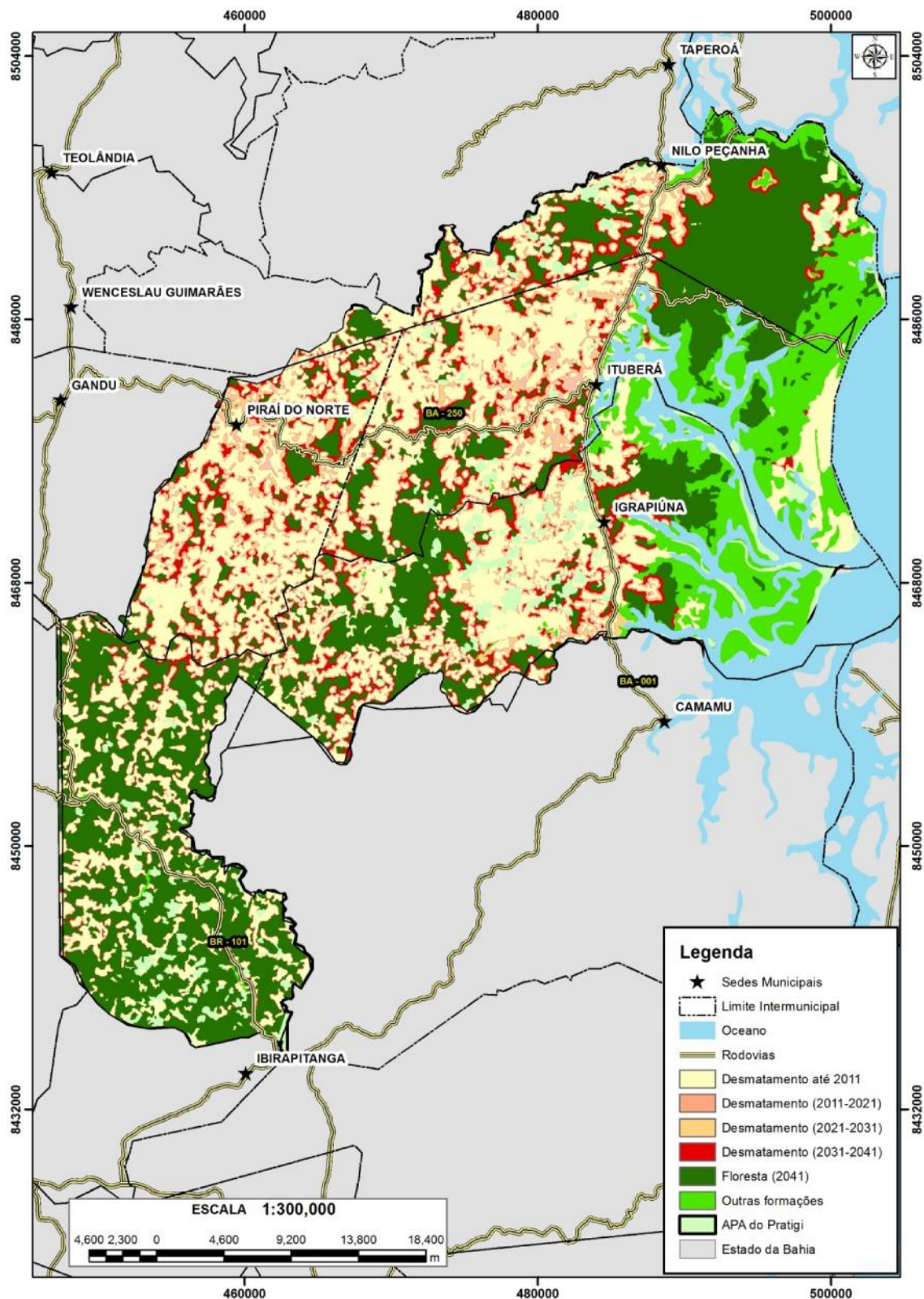


Figura 18. Mapa de uso e ocupação da terra, estimado para APA do Pratigi em 2041 e contendo a evolução do desmatamento no período de análise (2011-2041).

Tabela 12. Resultado estimado da transição entre Floresta para Desmatamento.

| | 2011 | 2016 | 2021 | 2026 | 2031 | 2036 | 2041 |
|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Floresta (ha) | 84.106 | 76.673 | 70.672 | 64.946 | 60.480 | 56.119 | 52.783 |
| Desmatamento (ha) | 52.320 | 59.752 | 65.753 | 71.480 | 75.945 | 80.307 | 83.642 |
| Incremento do desmatamento (ha)/ano | - | 1.486 | 1.200 | 1.145 | 893 | 872 | 667 |
| Incremento do desmatamento (%) com relação à área florestal da APA/ano | - | 1,77% | 1,57% | 1,62% | 1,38% | 1,44% | 1,19% |
| Desmatamento acumulado (ha) | - | 7.432 | 13.433 | 19.160 | 23.625 | 27.987 | 31.322 |
| Desmatamento acumulado (%) com relação à área florestal da APA | - | 8,8% | 17,5% | 27,1% | 36,4% | 46,3% | 55,8% |

Os dados de biomassa acima do solo compilados do estudo do BACCINI *et al.* (2012) para a APA do Pratigi tiveram um valor de biomassa média de 194 Mg/ha, com um desvio padrão de 63,4 Mg/ha, tendo valor máximo de 357 Mg/ha e mínimo de 26 Mg/ha (tabela 13).

Cruzando os dados espaciais de biomassa acima do solo, elaborados por BACCINI *et al.* (2012), da tabela 13, com os dados da tabela 12 obtém-se uma estimativa de emissão de Gases de Efeito Estufa devido a mudança de classe de Floresta para a classe Desmatamento de 10,443,422 tCO₂ para o período entre 2011-2041 com o valor médio anual de 348,114 tCO₂, vide tabela 14.

Tabela 13. Análise da Estatística dos valores de Biomassa, Carbono e Dióxido de Carbono na APA do Pratigi (Fonte dos dados: BACCINI *et al.* 2012).

| Estatística | Biomassa (Mg/ha) | Carbono (tC) | Dióxido de Carbono (tCO ₂) |
|----------------------|------------------|--------------|--|
| Média | 194.6 | 97.3 | 356.7 |
| Desvio Padrão | 63.4 | 31.7 | 116.2 |
| Máximo | 357.0 | 178.5 | 654.5 |
| Mínimo | 26.0 | 13.0 | 47.7 |

Tabela 14. Resultado estimado das emissões totais de GEE (em tCO₂) na APA do Pratigi no período analisado

| | 2011-2016 | 2016-2021 | 2021-2026 | 2026-2031 | 2031-2036 | 2036-2041 |
|--|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|
| Emissão total de GEE (tCO₂) no período | 2.511.517 | 1.958.113 | 1.872.476 | 1.475.261 | 1.489.773 | 1.136.282 |
| Emissão média por ano de GEE (tCO₂) no período | 502.303 | 391.623 | 374.495 | 295.052 | 297.955 | 227.256 |
| Valor Acumulado de Emissão de GEE (tCO₂) | 2.511.517 | 4.469.630 | 6.342.106 | 7.817.367 | 9.307.140 | 10.443.422 |

5. DISCUSSÕES

A paisagem da APA do Pratigi apresentou uma dinâmica intensa de mudança de uso da terra, especialmente com relação às classes Floresta para Desmatamento, no período entre 2000-2011. Esse foi um período que se caracterizou por dois aspectos significativos: abertura de novas áreas para aumento das áreas produtivas (GALEÃO, 2011), com um desmatamento médio anual de 1.558 e de 2.188 hectares nos períodos entre 2000-2006 e entre 2006-2011, respectivamente; e também a mudança da classe Desmatamento para a classe Floresta, fruto do abandono de áreas produtivas (pousio agrícola) (GALEÃO, 2011), na taxa média anual de 364 hectares para 2000-2006 e de 737 hectares para 2006-2011.

É importante, para uma melhor compreensão dessa questão, uma análise comparativa e temporal da cobertura florestal da região com o restante do Bioma. Em 2000, por exemplo, a APA apresentava cerca de 58% do seu território com Floresta; já o restante do Bioma, segundo o Projeto de Monitoramento do Desmatamento dos Biomas Brasileiros por Satélite (PMDBBS) (CSR/IBAMA/MMA, 2010), possuía apenas 22,54% de vegetação florestal remanescente em 2002.

Comparando-se os dados obtidos neste estudo com os dados do PMDBBS para um período de seis anos em datas próximas, percebe-se que a dinâmica do desmatamento foi mais intensa na região estudada do que no restante do Bioma. Em 2006, na APA do Pratigi, a classe Floresta teve um decréscimo de 5% em relação a 2000, representando 53% da extensão do território. Já no restante do Bioma, de acordo com os dados do PMDBBS de 2008 apontaram uma supressão de apenas 0,25% de vegetação florestal no período entre 2002-2008 (seis anos), o que seria equivalente a uma área 2.742 km². Já na APA o desmatamento no período de 2000-2006 foi de 71 km².

Isso mostra que embora em parte da Mata Atlântica as taxas de desmatamento não apresentem uma variação significativa, em locais como o Baixo Sul da Bahia as taxas de desmatamento apresentam uma tendência crescente, podendo a implantação de um projeto de REDD+ ser uma boa opção para a conservação florestal e a manutenção da floresta em pé.

A Bahia, nesse mesmo período, foi o terceiro Estado na lista dos maiores desmatadores do Bioma, com 426 km², com a APA contribuindo com aproximadamente 15% desse montante. Isso mostra novamente que a região do Corredor Central da Mata Atlântica, especialmente o Baixo Sul da Bahia, ainda possui grandes remanescentes florestais que estão sob ameaça e pressão do desmatamento. O REDD+ poderia ser uma boa estratégia para a diminuição das ameaças e riscos aos ecossistemas, tendo a ferramenta do PSA como valoração da floresta em pé.

O valor de cobertura florestal encontrado para a APA do Pratigi em 2011, de 49% (tabela 11), pode ser comparado com as informações obtidas por GALEÃO (2011) que em seu estudo, na principal Bacia Hidrográfica da APA do Pratigi apontou que a cobertura florestal dessa região é de 55,4% da sua área total o que demonstra que os dados obtidos no atual estudo estão próximos a de outros estudos realizados na região.

O mapa de uso e ocupação da terra que foi projetado para 2041 (figura 18) demonstra claramente que a principal variável explicativa para o fenômeno do desmatamento na APA do Pratigi é a distância do desmatamento. Fragmentos florestais, especialmente suas bordas, são as regiões com maior risco e pressão ao desmatamento. Afinal, em termos de expansão produtiva (ampliação da lavoura ou do pasto), a opção mais viável economicamente é

buscar terras férteis (áreas de mata) em zonas limítrofes às atuais regiões produtivas, dinâmica essa conhecida no meio rural como *“fazer um puxadinho”*. Esse cenário caracteriza o tipo de desmatamento na APA como uma geografia de mosaico, em função de ser pulverizado em uma extensa área da região, sem apresentar grandes frentes ou fronteiras do desmatamento.

O alto valor do ROC obtido pela variável distância do desmatamento pode ser explicado em função da importância da mesma, que também foi descrito por RUDEL e ROPER (2002) em seu estudo. Ele concluiu que a acessibilidade das áreas florestais é influenciada pela proximidade a áreas que foram previamente desmatadas para pecuária ou agricultura.

A dinâmica de *“fazer um puxadinho”* é, portanto, em grande parte motivada em função do aumento da área produtiva das culturas de ciclo curto. Essa situação foi também identificada por GALEÃO (2011), que em seu estudo na APA do Pratigi apontou as atividades ligadas às lavouras temporárias (mandioca e banana), com técnicas inadequadas de plantio (como a utilização de queimada e supressão da vegetação nativa), como um dos principais vetores do desmatamento na região (figuras 19 e 20).

Percebe-se, portanto, que na APA do Pratigi o desmatamento é uma prática comum, com uma dinâmica intensa nos minifúndios existentes. Isso acontece principalmente em função da precariedade de acessos e da baixa governança existente na região, que possui taxas de desmatamento comparáveis com regiões na Amazônia Legal, locais onde projetos de REDD+ foram implantados com sucesso e com exemplos recentes de comercialização de créditos com benefícios diretos para a conservação e para as comunidades envolvidas (tabela 15).

Tabela 15. Compilação dos dados dos projetos de REDD+ listados na base de dados do VCS e que utilizaram a metodologia VM0015.

| Nome do projeto | Estado do Projeto | Área do projeto (ha) | Tempo do projeto (anos) | Número de vetores considerados | Modelo utilizado | Linha Base desmatamento (ha) | Taxa média anual do desmatamento (%) |
|---------------------------------------|-------------------|----------------------|-------------------------|--|--|------------------------------|--------------------------------------|
| APA do Pratigi (atual estudo) | BA | 84.105 | 30 | 5 vetores (Distância de Desmatamento 2000, Distância de Estradas, Distância de Sedes Municipais, Distância das Comunidades e Distância da Hidrografia) | Multi Layer Perceptron, MLP (Land Change Modeler, LCM) | 31.322 | 1,2 |
| Suruí Forest Carbon Project | RO | 247.845 | 30 | 5 vetores (Distância das comunidades, Distância do desmatamento antigo, Distância de Estradas, Distância de áreas urbanas e tipos de vegetação) | Pesos de evidência (Dinâmica-EGO) | 13.575 | 0,18 |
| RMLDT Portel-Para REDD Project | PA | 177,899 | 40 | 4 vetores (Distância para estradas oficiais, Distância para estradas não oficiais, Distância para não floresta e Distância para os rios navegáveis) | Multi Layer Perceptron, MLP (Land Change Modeler, LCM) | 48,334 | 0,68 |
| Ecomapuá Amazon | PA | 98,362 | 30 | 1 variável (não floresta) | Análise de | 4,253 | 0,14 |

| REDD Project | | | | Regressão (Land Change Modeler, LCM) | | | |
|---------------------------|----|--------|----|---|--|--------|------|
| Jarí/Amapá REDD Projet | AP | 65,980 | 30 | 17 vetores (Acessibilidade a estradas secundárias; acessibilidade a áreas não protegidas; acessibilidade a comunidades; Elevação, Variação da Elevação; Declividade; Acessibilidade a rios navegáveis; Acessibilidade a Unidades de Conservação de Uso sustentável; Acessibilidade a Unidades de Conservação de Proteção Integral; Probabilidade Empírica (Geologia); Acessibilidade a cidades; Acessibilidade aos Assentamentos; Probabilidade Empírica (Tipo de Floresta); Probabilidade Empírica (Precipitação); Acessibilidade as estradas principais; Acessibilidade | Multi Layer Perceptron, MLP (Land Change Modeler, LCM) | 11,070 | 0,55 |

as comunidades e Acessibilidade
aos antigos desmatamentos.



Figura 19. Utilização do fogo para limpeza de área em pousio em 2013, comunidade Roda d'água, Piraí do Norte, APA do Pratigi, Bahia.



Figura 20. Área recém-desmatada, busca de terras férteis em 2012, na comunidade do Rio do Meio, Igrapiúna, APA do Pratigi, Bahia.

Outras variáveis explicativas, representativas distância das comunidades rurais e distância às sedes urbanas na dinâmica do desmatamento pode ser argumentada pela maior proximidade das áreas florestais aos centros consumidores; ou por áreas com maior densidade demográfica apresentarem

maior vulnerabilidade ao desmatamento, afinal apresentam menores custos logísticos para escoamento da produção agrícola (principalmente a mandioca e banana) e de madeira ilegal para usos múltiplos.

Para uma melhor compreensão da importância desses vetores pode-se citar a questão da ineficácia do manejo agrícola na APA do Pratigi. Segundo a OCT (2012), ao longo das últimas décadas, a falta de orientação e assistência técnica para os produtores rurais resultou em áreas improdutivas e degradadas, com baixa fertilidade (ausência de matéria orgânica, de macro e micro nutrientes), alta acidez e compactação do solo devido ao pisoteio (impermeabilização do solo), com processos erosivos e espécies invasoras. Com isso as áreas produtivas acabam sendo abandonadas sob “pousio”.

Um exemplo desse tipo de “pousio” acontece nas pastagens degradadas, em estágio de semiabandono, que apresenta ciclos. A terra é usada como pasto por um período de tempo, enquanto o preço da arroba bovina é favorável à atividade pecuária. Quando o valor oscila negativamente a área é abandonada por um período indeterminado, até que a atividade econômica apresente uma nova valoração e, com isso, ocorre uma pequena regeneração ecológica. Tipicamente essas terras são abandonadas devido à sua maior distância e dificuldade de acesso aos centros consumidores, ou até pelo fato de não apresentarem uma produtividade agropecuária significativa, pois não são planas como outras áreas e tornam-se menos atraentes aos proprietários para a criação de gado no local (OCT, 2012).

O uso atual do “pousio” na APA do Pratigi acaba impulsionando a demanda de busca por terras férteis (figura 21) sobre os fragmentos florestais, pois conservar uma floresta nativa não é considerado uma atividade produtiva. Além disso, existe um conhecimento popular local de que áreas florestais são áreas com solos férteis e aptos para produção, o que acaba sendo uma falácia! A partir do momento que a cobertura vegetal é suprimida todos os ciclos biogeoquímicos e naturais que mantinham o ecossistema em condições adequadas para o suporte à fauna e flora acabam sendo afetados, gerando assim um ciclo vicioso, pois, em um curto espaço de tempo, a área recém-desmatada torna-se improdutiva, sendo abandonada novamente para pousio.

Isso pode ser evidenciado citando GALEÃO (2011), que identificou a pressão sobre os fragmentos florestais acima de 50 ha, provenientes de práticas agrícolas inadequadas.

No mesmo estudo GALEÃO (2011) encontrou dados de desmatamento na Bacia do Rio Juliana com uma taxa média anual de 0,8%, considerando os últimos 30 anos. Seus dados corroboram este estudo, que obteve uma taxa média anual de desmatamento na APA do Pratigi, analisando um período mais recente (2000-2011), de 1,3% ao ano.



Figura 21. Um retrato do uso e ocupação da terra. Percebe-se uma nova frente de desmatamento sobre o fragmento florestal (demanda de terras férteis), enquanto pastagens abandonadas estão sobre “pousio” – processo de regeneração em 2012, na comunidade Juliana, Piraí do Norte, APA do Pratigi, Bahia.

Outro vetor do desmatamento bem típico da região é a extração seletiva de madeira, impulsionada pela demanda para o uso energético, especialmente para as estufas de cacau (figura 22), conhecidas localmente como barcaças e, também, para uso na construção civil (figura 23). Atualmente, não existem mais espécies madeireiras nativas para fins mais nobres (moveleiro) em número significativo, em função do grande histórico de degradação ocorrido no Bioma desde o passado até os dias de hoje (DEAN e CÂMARA, 2003).

Percebe-se, portanto, que apesar da existência de legislações específicas, tais como a Lei Federal nº 11.428 de 22 dezembro de 2006, conhecida como a Lei da Mata Atlântica, que restringe quase na totalidade a permissão para a realização de supressão vegetal no Bioma, o desmatamento ilegal é algo frequente e corriqueiro, sendo prática comum na zona rural da APA do Pratigi. O que pode ser comprovado com o estudo de GUEDES E SEEHUSEN (2011) sobre iniciativas de PSA na Mata Atlântica, que cita que em algumas regiões, como é o caso da APA do Pratigi, há grandes pressões para substituição da vegetação nativa e de degradação das zonas de amortecimento (áreas de entorno dos remanescentes), particularmente em áreas contíguas às concentrações urbanas, áreas próximas ou no interior de grandes empreendimentos, áreas em assentamentos agropecuários e áreas de plantações florestais.



Figura 22. Extração seletiva de madeira realizada na comunidade do Riachão para fins energéticos, município de Igrapiuna, APA do Pratigi, Bahia.



Figura 23. Extração seletiva de madeira realizada na comunidade PA Mata do Sossego para fins de construção civil, município de Igrapiuna, APA do Pratigi, Bahia.

Segundo o INEMA, órgão Gestor da APA, e observações feitas pela equipe responsável pela elaboração do plano de manejo (BAHIA, 2004), as principais pressões e ameaças à biodiversidade presentes na APA do Pratigi estão resumidos na tabela 16. Percebe-se que o desmatamento e as queimadas também foram aspectos levantados pelo órgão Gestor da APA do Pratigi.

Tabela 16. Pressões e ameaças sofridas pela biodiversidade da APA do Pratigi e seus efeitos.

| Pressões e ameaças | Efeitos na biodiversidade local |
|--|---|
| Aterro de manguezais | Perda de micro-habitat único, já ameaçado, que conserva fauna bastante específica, podendo sua vegetação servir de pouso e local de ninhais para aves aquáticas como biguás e garças. |
| Desmatamento | Perda de habitat e fragmentação da paisagem, fazendo com que as espécies fiquem "ilhadas" em remanescentes cercados por pastos e cultivos. |
| Uso indiscriminado de agrotóxicos | A intoxicação por agrotóxicos, que se acumula nos níveis tróficos mais altos da teia alimentar, pode causar diversos problemas, como o enfraquecimento das cascas de ovos de |

| | |
|---|---|
| | aves, aumentando a mortandade das mesmas e causando declínio populacional. |
| Captura e caça de animais silvestres | A pressão de captura e caça de animais silvestres atinge diversas espécies visadas para <i>pet</i> , caso de muitas aves procuradas pelo canto e beleza, e também espécies para consumo humano, como tartarugas, tatus, porcos do mato, jacus e mutuns. |
| Pesca predatória | A pesca predatória pode chegar até a eliminar uma espécie muito visada e de reprodução lenta, quando praticada sem o correto manejo. |
| Ausência de saneamento básico | A ausência de saneamento causa poluição de diferentes recursos como solo e água, trazendo diversos malefícios tanto para a biodiversidade como para as comunidades locais. |
| Introdução de espécies exóticas | A introdução de espécies não nativas pode causar até a extinção de espécies locais por competição por recursos ou predação. Um exemplo que já ocorre na área é a ocorrência da tilápia, que compete com as populações locais de peixes por alimento e abrigo. |
| Queimadas | Os fogos criminosos iniciados para abertura de pastos e limpeza da terra são extremamente prejudiciais à biodiversidade, causando perda de hábitat e morte direta por asfixia ou queimaduras. |
| Atropelamentos | A área da APA é cortada por duas rodovias, BR 101 e a BA 001. O elevado tráfego de automóveis em alta velocidade pode ocasionar atropelamentos de animais em deslocamento entre fragmentos. |

O valor do ROC encontrado pelo modelo da APA do Pratigi, de 0,943, é considerado comparável a resultados aceitos em outros campos do conhecimento. PONTIUS e SCHNEIDER (2001) obtiveram em seu estudo de validação de um modelo similar ao da APA para a bacia hidrográfica do rio Ipswich em Massachusetts, EUA, o valor do ROC de 0,65, que de acordo com o autor foi considerado satisfatório. Desse modo, o valor de 0,943, obtido neste estudo, pode ser considerado excelente.

Os resultados obtidos no processo de validação do modelo para a APA do Pratigi apresentaram resultados comparáveis com outros estudos, como SANGERMANO *et al.* (2012), que cita: um bom modelo irá ter altos valores de potencial de transição nas áreas que apresentaram mudança e baixos valores em áreas que não apresentaram mudança (persistência).

O mapa de potencial de transição calibrado (figura 17) mostrou que a região com o maior potencial de transição futura está localizada na região central da APA do Pratigi, conhecida pelo PDCIS como Ecopolo 2, região essa caracterizada por concentrar os Projetos de Assentamento do INCRA e médias e grandes propriedades.

O Ecopolo 2 é uma região essencialmente rural, com acesso terrestre precário em função do estado de degradação das estradas vicinais, o que caracteriza a área como tendo uma baixa governança e ausência do poder público, tanto no fomento de atividades produtivas como no monitoramento ambiental e nas ações de fiscalização, sendo o desmatamento uma prática comum e corriqueira. Percebe-se que seria uma região para focar os esforços e ações de conservação e de fomento às atividades sustentáveis, de modo a diminuir a pressão do desmatamento e degradação florestal no local.

Além da região central da APA, percebe-se que toda a zona lindeira da rodovia BA-001 é uma região com alto potencial de desmatamento, especialmente devido à questão da especulação imobiliária, pois é o eixo viário que conecta três das quatro sedes municipais da região (Nilo Peçanha, Ituberá e Igrapiúna).

Pode-se também citar o projeto do Governo do Estado da Bahia, lançado em 2011, da construção de uma ponte que irá ligar a capital do Estado à Ilha de Itaparica. No âmbito do projeto está prevista a duplicação da BA 001, o que ocasionará uma maior pressão sobre os fragmentos florestais do Baixo Sul da Bahia, principalmente na APA do Pratigi, em função da especulação imobiliária que será potencializada. De acordo com a Ouvidoria do Governo do Estado as obras permitirão a retomada do desenvolvimento de regiões fragilizadas (Baixo Sul) e servirão como um novo eixo de expansão urbanística (OUVIDORIA-GERAL DO ESTADO DA BAHIA, 2011) e, conseqüentemente, de desmatamento.

O desmatamento entre 2011 e 2041 na APA foi estimado em 31.300 ha, ou seja, uma diminuição de 37% da cobertura florestal a uma taxa média anual de

1,2% ao ano. Isso irá afetar significativamente a função ecológica e os serviços ecossistêmicos prestados pela floresta, tanto com relação à filtragem da água, como relacionado à manutenção da biodiversidade e do micro clima local, entre outros serviços associado às florestas.

Para comparar os resultados obtidos no atual estudo com outros similares, foram compilados alguns dados de quatro projetos AFOLU de REDD da base de dados do VCS [1] (2014), de um total de 12 projetos AFOLU localizados no Brasil (tabela 15) que utilizaram a metodologia VM0015, mesmo referencial metodológico usado neste estudo.

Foi calculada a taxa média anual do desmatamento em função da área do projeto. A taxa média de desmatamento da APA do Pratigi seria de 1,2% ao ano, o que seria o dobro da maior taxa obtida pelos projetos de REDD+ analisados (tabela 15). Isso serve de excelente justificativa para a implantação de um projeto de REDD+ na Mata Atlântica. Com as taxas de desmatamento futuras estimadas na APA do Pratigi existe um potencial para a geração de créditos em função do desmatamento evitado dos fragmentos florestais.

Podem-se citar alguns aspectos que potencialmente explicam as diferenças entre as taxas de desmatamento. Por exemplo, três dos projetos avaliados, os da RMLDT em Portel, próximo a Ilha do Marajó; da Ecomapuá em Breves, na Ilha do Marajó e o projeto do Jari/Amapá, são acessíveis apenas por via fluvial; diferentemente da APA do Pratigi, que é cortada por uma Estrada Federal (BR101) e por uma Estadual (BA001). A facilidade de acesso aos fragmentos florestais quando o transporte é via terrestre é maior do que quando feito pelos rios, o que acaba aumentando a vulnerabilidade e o risco do desmatamento.

A questão do custo de oportunidade da terra também é um motivo da diferença entre as taxas de desmatamento, pois o preço da terra na região da APA do Pratigi (região iFNP 83 e 79), varia de R\$ 2.000 por hectare, em um pasto de baixo suporte, até R\$ 6.400/ha, em áreas de monocultura de cacau com produtividade média de 40 arrobas. Já na região da Ilha de Marajó, por exemplo, (região iFNP 122) o preço da terra varia de R\$ 145/ha para uma pastagem nativa com difícil acesso até R\$ 200/ha para uma pastagem com fácil acesso (INFORMA ECONOMICS FNP, 2012).

Ainda é importante citar a questão demográfica, que é um grande agente do desmatamento. A densidade demográfica na região do Baixo Sul da Bahia,

onde a APA do Pratigi está localizada, é de 47,6 hab/km² (MDA, 2010). Já na região da Ilha do Marajó, é de 4,2 hab/km² (CASTRO *et al.*, 2010). Essa diferença de dez vezes pode explicar as diferenças nas taxas de desmatamento entre as regiões citadas.

O projeto Suruí é um caso atípico, pois é uma iniciativa que acontece em uma Área Protegida da FUNAI, na Terra Indígena Sete de Setembro, que, apesar de estar no arco do desmatamento e apresentar histórico de degradação ambiental, teve uma menor pressão do desmatamento do que em áreas circunvizinhas, tornando-se quase uma ilha de floresta na região onde está localizada.

Além das questões levantadas anteriormente alguns aspectos técnicos podem contribuir para explicar as diferenças nas taxas médias do desmatamento, tanto na possibilidade de uma super como de uma sub estimativa na APA do Pratigi e nos projetos listados na tabela 15, principalmente com relação aos dados de entrada dos modelos.

Dos projetos listados na base de dados do VCS, todos utilizaram como dados de entrada as informações de cobertura da terra do Programa de Monitoramento da Floresta Amazônica por satélite (PRODES), do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Informação essa oriunda de uma metodologia que mapeia apenas locais com Áreas Mínimas de Mapeamento (AMM) de 6,25 ha, ou seja, apenas desmatamentos superiores são detectados e contabilizados, uma limitação do dado Governamental.

Apesar dos dados temporais de uso e ocupação da terra deste estudo terem atendido o limiar de acerto previsto na metodologia VM0015 de 80% por classe, o detalhamento das classes dos dados de entrada da APA do Pratigi podem explicar potenciais superestimativas do desmatamento, já que foram consideradas três classes florestais (primária, secundária e inicial), sendo que a confusão espectral entre a classe floresta inicial com outros usos, por exemplo, uma área em “pousio”, é considerável, mesmo após o processo de edição que eliminou parte dos ruídos que possibilitou que os dados de uso da terra atendessem o exigido pela metodologia VM0015.

Pode-se citar para a APA do Pratigi que algumas áreas produtivas, tais com o sistema “cabruca”, são comuns na região. Elas apresentam apenas o dossel superior conservado, com cacau plantado no sub-bosque, sem possuir uma

riqueza e abundância de espécies que poderiam caracterizá-las como floresta. Desse modo, a abordagem utilizada para classificação do uso da terra na APA do Pratigi para os anos 2000, 2006 e 2011 pode não ter sido a melhor escolha, pois o método automático pode ter mapeado o padrão de resposta espectral de uma área produtiva conhecida como “cabruca” igual a uma área florestal.

No cenário projetado de continuidade da prática comum do desmatamento na APA do Pratigi, a perda da cobertura florestal irá emitir para a atmosfera cerca de 10 milhões de tCO₂e, o que irá contribuir significativamente para as mudanças do clima e no aumento das emissões de GEE tanto do Estado da Bahia, como do Brasil. Isso seria uma ameaça a possíveis compromissos voluntários e/ou regulatórios em termos jurisdicionais tanto em nível Estadual como em nível Federal.

Esse montante de emissão, caso seja evitado em função da implantação de um projeto de conservação florestal e valoração dos ativos ambientais, teria o potencial de gerar créditos de redução de emissões que poderiam ser comercializados utilizando o mercado de carbono voluntário, o que poderia trazer recursos e receitas para viabilizar atividades que evitem o desmatamento estimado na região.

Atualmente, o valor médio do crédito de carbono no mercado voluntário para atividades de REDD+ é de USD 4,2 por tCO₂, de acordo com a FOREST TRENDS (2013). Considerando esse valor, caso seja possível conter integralmente o desmatamento projetado para o cenário de linha de base de 313 km², que seria equivalente a emissão evitada de 10,443,422 tCO₂, a APA tem o potencial de gerar a receita bruta de aproximadamente USD 43 milhões ao longo de 30 anos do projeto de conservação florestal REDD+.

No entanto, alguns desafios ainda merecem ser superados para a viabilidade da implantação de uma iniciativa de REDD+ na Mata Atlântica. Um deles é a questão da escala. Afinal, devido ao alto grau de fragmentação existente, grande parte das áreas florestais está pulverizada espacialmente por diferentes imóveis rurais.

Assim sendo, trabalhar com um número reduzido de proprietários na iniciativa a torna inviável economicamente, pois os custos de elaboração do projeto, assim como de todos os levantamentos correlatos, são altos, o que poderia ser minimizado com o envolvimento de um número maior de proprietários, pois

seria possível diluir os custos entre os envolvidos. Os custos do processo de certificação em um padrão do mercado voluntário são igualmente altos e devem ser considerados também, chegando a alguns casos em valores próximos de R\$500 mil. No entanto, a opção de envolver um número maior de proprietários pode tornar a gestão do projeto mais complexa, assim como encarecer todo o processo de mobilização, engajamento e envolvimento dos imóveis no projeto.

Outro aspecto a ser superado para implantação de projetos de REDD+ é a questão política. A elaboração da Estratégia Nacional conduzida pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2012) e que atende as diretrizes e critérios estabelecidos pela UNFCCC para um sistema de REDD+ internacional, não considerou em seus objetivos específicos a redução do desmatamento no Bioma Mata Atlântica (MMA, 2012), mesmo sendo esse considerado um *hot spot* da Biodiversidade, com espécies endêmicas e de Alto Valor para Conservação. Além disso, grande parte de seus fragmentos estão em uma situação vulnerável, afinal 80% deles possuem uma área menor do que 50 hectares e com uma distância média de 1440 metros entre eles (RIBEIRO *et al.*, 2009).

Outro aspecto da política que pode ser visto como impeditivo para um projeto de REDD+, em termos de mercado regulatório, pode ser visto no Decreto Federal nº7.390/2010, que regulamenta a Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC). No Anexo ao Decreto, seções 1.3 e 1.4, não estão estabelecidas metas de redução para os Biomas Mata Atlântica, Caatinga e Pantanal, assumindo como meta para 2020 os mesmos níveis de emissão com relação ao ano de 2005 utilizado como referência. No entanto, um projeto como, por exemplo, da APA do Pratigi, que comprove por meio de evidências tecnicamente aceitas a redução do desmatamento e, conseqüentemente, das emissões de GEE para a atmosfera, tornar-se-ia adicional pensando em um mercado voluntário.

6. CONCLUSÃO

Este estudo serve como uma importante ferramenta para o planejamento de ações que visem à conservação dos principais fragmentos florestais da APA do Pratigi, pois possibilita aos diferentes atores um entendimento da geografia e da dinâmica do desmatamento na região, permitindo a adoção de estratégias efetivas de proteção e uso sustentável dos recursos naturais existentes.

A APA do Pratigi, em função do seu importante papel ambiental no provimento dos serviços ecossistêmicos locais, regionais e globais, necessita da adoção de instrumentos que possibilitem aos produtores rurais conciliarem a conservação florestal com a produção agrícola, assim como a adoção de políticas adequadas com relação à expansão urbana e ao crescimento populacional.

Dentre esses instrumentos a adoção de incentivos econômicos para os moradores locais, por meio de Pagamento por Serviços Ambientais, pode gerar resultados práticos e efetivos na conservação dos fragmentos florestais. Pode-se citar como exemplo o mercado voluntário de carbono, que pode vir a ser uma receita adicional para apoiar ações de desenvolvimento sustentável na região.

É importante frisar que o PSA é um instrumento que deve ser utilizado de maneira integrada com outras ações, tais como o fomento às atividades sustentáveis (Sistemas AgroFlorestais, Agricultura de Baixo Carbono, entre outras) e ações de comando e controle. Somente se forem somados os diferentes esforços será possível a conservação dos fragmentos florestais da APA do Pratigi.

É importante ressaltar que a replicação desse estudo em outras regiões do Corredor Central da Mata Atlântica, especialmente no Mosaico de APAs do Baixo Sul da Bahia, pode vir a colaborar na manutenção da oferta dos serviços ecossistêmicos para toda a região, especialmente nas reduções de emissões de GEE, assim como na estabilidade e na qualidade hídrica dos principais mananciais existentes.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMUCHASTEGUI, N. A.; FORREST, J. **Assessing Risks to Forest Cover and Carbon Stocks: A review of tools and approaches to compare business-as-usual to REDD+ scenarios.** Forest and Climate Initiative, WWF Report, 2013.
- ATKINSON, P.M.; TATNALL, A.R.L. **Neural networks in remote sensing.** International Journal of Remote Sensing, 18(4), 699-709, 1997.
- BACA, JESUS F. MANSILLA. **Dinâmica da Paisagem: métodos analíticos, modelos de classificação e simulação prognóstica, sob a ótica geoecológica.** 2002. 204 p. Tese de Doutorado em Geografia. Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Rio de Janeiro, RJ, 2002.
- BACCINI, A.; GOETZ, S. J.; WALKER, W. S.; LAPORTE, N. T.; SUN, M.; SULLA-MENASHE, D.; HACKLER, J.; BECK, P. S. A.; DUBAYAH, R.; FRIEDL, M. A.; SAMANTA, S.; HOUGHTON, R. A. **Estimated carbon dioxide emissions from tropical deforestation improved by carbon-density maps.** USA: Nature Climate Change 2, 182-185, 2012.
- BAHIA. **Plano de Manejo da APA do Pratigi.** Ituberá, BA: INEMA, Encarte I, Diagnóstico Ambiental, 2004.
- BAHIA. **Lei que institui a Política sobre Mudança do Clima do Estado da Bahia.** Salvador, BA: Lei nº12.050 de 07 de janeiro de 2011.
- BAHIA. **Projeto de Lei que institui a Política Estadual de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA), cria o Programa e o Sistema Estadual de Pagamento por Serviços Ambientais.** Salvador, BA: 6ª versão da minuta de projeto de lei, 2013.
- BECKER, F. G.; SEEHUSEN, S. E. **Pagamentos por Serviços Ambientais na Mata Atlântica: lições apreendidas e desafios.** Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente – MMA, 2011.

- BOER, R.; WASRIN, U. R.; HENDRI, P.; DASANTO, B. D.; MAKUNDI, W. **Assessment of carbon leakage in multiple carbon-sink projects: a case study in Jambi Province, Indonesia.** USA: Mitigation and Adaptation Strategy Global Change, 12:1169-1188, 2006.
- BRASIL. **Política Nacional de Mudanças do Clima (PNMC).** Lei nº12.187, de 29 de Dezembro de 2009. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/l12187.htm>. Acesso em: 28 nov. 2014.
- BRASIL. **Decreto que regulamenta os artigos 6º, 11º e 12º da Lei nº12.187, de 29 de dezembro de 2009, que instituiu a PNMC.** Decreto Federal nº7.390, de 09 de Dezembro de 2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Decreto/D7390.htm>. Acesso em: 28 nov. 2014.
- BRITES, R. S. **Verificação de exatidão em classificação de imagens digitais orbitais: efeito de diferentes estratégias de amostragem e avaliação de índices de exatidão.** Viçosa, MG: 101 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, 1996.
- BRITTEZ, R. M.; BORGIO, M.; TIEPOLO, G.; FERRETTI, A.; CALMON, M.; HIGA, R. **Estoque e incremento de carbono em florestas e povoamentos de espécies arbóreas com ênfase na Floresta Atlântica do Sul do Brasil.** Colombo, PR: Embrapa Florestas, 2006.
- BROWN, S.; HALL, M.; ANDRASKO, K.; RUIZ, F.; MARZOLI, W.; GUERRERO, G.; MASERA, O.; DUSHKU, A.; DEJONG, B.; CORNELL, J. **Baselines for land-use change in the tropics: application to avoided deforestation projects.** USA: Mitigation and Adaptation Strategy Global Change, 12:1001-1026, 2007.
- CAI, W.; BORLACE, S.; LENGAINNE, M.; RENSCH, P. V.; COLLINS, M.; VECCHI, G.; TIMMERMANN, A.; SANTOSO, A.; MCPHADEN, M. J.; WU, L.; ENGLAND, M. H.; WANG, G.; GUILYARDI, E.; JIN, F.F. **Increasing frequency**

of extreme El Niño events due to greenhouse warming. Nature climate change, 2014.

- CASTRO, R.; TATTENBACH, F.; OLSON, N.; GAMEZ, L. **The Costa Rica Experience with market instruments to mitigate climate change and conserve biodiversity.** Toronto, Canadá: Conferência Global em Conhecimento e desenvolvimento da Informação, 1997.

- CENTRO DE CONSERVACIÓN, INVESTIGACIÓN Y MANEJO DE ÁREAS NATURALES – CORDILLERA AZUL (CIMA-CORDILLERA AZUL). **Cordillera Azul National Park REDD Project.** Peru: 2012.

- CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS (CGEE). **REDD no Brasil: um enfoque amazônico: fundamentos, critérios e estruturas institucionais para um regime nacional de Redução de Emissões por Desmatamento e Degradação Florestal – REDD.** Brasília, DF : 2011.

- CENTRO DE SENSORIAMENTO REMOTO (CSR) DO INSTITUTO BRASILEIRO DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS NATURAIS (IBAMA) DO MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Monitoramento dos Biomas Brasileiros – Mata Atlântica.** Brasília, DF: Secretaria de Biodiversidade e Florestas, PNUD, 2010.

- CRITICAL ECOSYSTEM PARTNESHIP FUND (CEPF). **Mata Atlântica – Hotspot de Biodiversidade.** Brasil: Perfil do Ecossistema, 2001. Disponível em: <http://www.cepf.net/Documents/final.portuguese.atlanticforest.pdf>. Acesso em: 28 de nov. 2014.

- CIVCO, D.L. **Artificial neural networks for land cover classification and mapping.** USA: International Journal of Geographic Information Systems, 7(2), 173-186, 1993.

- CHAN, J. C. W.; CHAN, K. P.; YEH, A. G. O. **Detecting the nature of change in an urban environment: A comparison of machine learning algorithms.** USA: Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 67(2), 213-225, 2001.

- CONGALTON, R.G., **A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data**. Berkely, CA, USA: Remote Sensing of Environment, 37, pp. 35–46, 1991.
- CONGALTON, R.G.; GREEN, K. **Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data: Principles and Practices**. Boca Raton, FL, USA: 2nd ed. CRC Press, 2009.
- CONSERVAÇÃO INTERNACIONAL BRASIL. **Informações sobre Hotspots**. Brasília: Disponível em: <http://www.conservation.org.br/como/index.php?id=8>. Acesso em: 12 de nov. de 2014.
- DEAN, W.; CÂMARA, I.G. **Brief history of conservation in the Atlantic Forest**. Washington, USA: The Atlantic Forest of South America: Biodiversity Status, Threats and Outlook, pp 31-42, 2003.
- DE JONG, B. H. J.; BAZÁN, E. E.; MONTALVO, S. Q. **Application of the “Climafor” baseline to determine leakage: the case of Scolel Té**. México: Mitigation and Adaptation Strategy Global Change, 12:1153–1168, 2007.
- EASTMAN J. R. **IDRISI Taiga guide to GIS and image processing**. USA: Clark University, Clark Labs, IDRISI Productions, Worcester, 2009.
- FEARNSIDE, P.M. **Greenhouse gases from deforestation in Brazilian Amazonia: Net Committed emissions**. Manaus: Departamento de Ecologia do Instituto de Pesquisas Amazônicas (INPA), 1997.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). **Global Forest Resources Assessment**. Roma, Itália: FAO Forestry Paper 163, 2010.
- FOREST TRENDS. **Covering a new ground the State of Forest Carbon Markets**. Washington, DC, USA: Ecosystem MarketPlace, 2013.
- FORREST, J.L.; SANDERSON, E.W.; WALLACE, R.; LAZZO, T. M. S.; CERVERÓ, L. H. G.; COPPOLILLO, P. **Patterns of Land Cover Change in**

and Around Madidi National Park, Bolivia. USA: *Biotropica* 40(3): 285–294, 2008.

- FÓRUM BRASILEIRO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS (FBMC), 2010. Brasília: **Curso de Capacitação – Módulo 1, A Ciência do Clima**, 2010.

- FYFE, J. C.; GILLET, N. P.; ZWIERS, F. W. **Overestimated global warming over the past 20 years.** USA: *Nature Climate Change*, setembro 2013.

- GALEÃO, R. F. **Definição de indicadores ambientais e avaliação de serviços ecossistêmicos na bacia hidrográfica do Rio Juliana – APA do Pratigi/BA**, São Paulo: Trabalho Final (mestrado): IPÊ – Instituto de Pesquisas ecológicas, 2011.

- GALVÃO, W. S.; MENESES, P. R. **Uso de SIG e do classificador ISODATA na geração do mapa de regiões geoambientais homogêneas na bacia do rio São Francisco, como um produto estratégico de apoio às ações de planejamento de redes fluviométricas.** Goiânia: Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, Instituto de Geociências – UnB. Anais XII SBSR/INPE, 2005.

- GEIST, H.J. e LAMBIN, E.F. **Proximate Causes and Underlying Driving Forces of Tropical Deforestation.** USA: *BioScience* 52(2): 143–150, 2002.

-GLOBAL CARBON PROJECT (GCP). **Dados de emissões de mudança do uso da terra em 2012.** Disponível em: <http://www.globalcarbonproject.org/carbonbudget/12/hl-full.htm>. Acesso em: 12 de out. 2013.

- GUEDES, F. B.; SEEHUSEN, S. E. **Pagamento por Serviços Ambientais na Mata Atlântica: lições aprendidas e desafios.** Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente (MMA), 2011.

- HU, X.; WENG, Q. **Estimating impervious surfaces from medium spatial resolution imagery using the self-organizing map and multi-layer**

perceptron neural networks. USA: Remote Sensing of Environment 113, 2089-2102, 2009.

- CLARK LABS. **Idrisi Help.** MA, USA: Clark University. Idrisi Taiga Edition, versão 16.05, 2009.

- INFORMA ECONOMICS FNP SOUTH AMERICA. **Análise do mercado de terras: Código Florestal: Será o fim da novela?** São Paulo: Relatório bimestral nº46, 2012.

- INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **Programa de Monitoramento da Floresta Amazônica.** São José dos Campos, SP: Projeto PRODES, 2012.

- INSTITUTO DO HOMEM E MEIO AMBIENTE DA AMAZÔNIA (IMAZON). **Risco de desmatamento associado à hidrelétrica de Belo Monte.** Belém, Pará: 2011.

- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE IPCC 2001: **Climate Change 2001: The Scientific Basis-Contribution of Working Group 1 to the IPCC Third Assessment Report.** UK: Cambridge Univ. Press. 2001.

- INSTITUTO SOCIOAMBIENTAL (ISA). **Dossiê Mata Atlântica.** São Paulo: Projeto Monitoramento Participativo da Mata Atlântica, 2001.

- JENSEN, J. R. **Introductory digital image processing: a remote sensing perspective.** New Jersey, USA: 2. ed. Prentice Hall, 316 p., 1996.

- LAPOLA, D. M.; MARTINELLI, L. A.; PERES, C. A.; OMETTO, J. P. H. B.; FERREIRA, M. E.; NOBRE, C. A.; AGUIAR, A. P. D.; BUSTAMANTE, M. M. C.; CARDOSO, M. F.; COSTA, M. H.; JOLY, C. A.; LEITE, C. C.; MOUTINHO, P.; SAMPAIO, G.; STRASSBURG, B. N.; VIEIRA, C.G. **Pervasive transition of the Brazilian land-use system.** Nature Climate Change, dez. 2013.

- LILLESAND, T. M.; KIEFER, R. W. **Remote sensing and image interpretation.** USA: 2. ed. Chichester: John Wiley & Sons, 750 p., 1994.

- LIU, WILLIAM TSE HORNG. **Aplicações de Sensoriamento Remoto**. Campo Grande: Cap. 10. Ed. UNIDERP, 908 p, 2006.

- LOISELLE, B. A.; GRAHAM, C. H.; GOERCK, J. M.; RIBEIRO, M. C. **Assessing the impact of deforestation and climate change on the range size and environmental niche of bird species in the Atlantic forests, Brazil**. São Paulo: Journal of Biogeography, 2010.

- MARENGO, J. A. **Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade: caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente (MMA), 2006.

- MEA - MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. **Ecosystemas e Bem-estar humano: Estrutura para uma Avaliação / relatório do Grupo de Trabalho da Estrutura Conceitual da Avaliação Ecosistêmica do Milênio**. Tradução: Renata Lucia Bottini. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2003. 379p.

- MEINSHAUSEN, M.; MEINSHAUSEN, N.; HARE, W.; RAPER, S. C. B.; FRIELER, K.; KNUTTI, R.; FRAME, D. J.; ALLEN, M. R. **Greenhouse-gas emission targets for limiting global warming to 2°C**. Nature, Vol 458, 30, 2009.

- MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA (MCT). **2º Inventário de Emissões de Emissões Antrópicas por Fontes e Remoções por Sumidouros de GEE**. Disponível em: http://www.mct.gov.br/upd_blob/0215/215037.pdf. Acesso em: 20 jan. 2013.

- MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO AGRÁRIO (MDA). **Plano de Desenvolvimento Territorial Sustentável do Território Baixo Sul da Bahia**. Bahia, 2012. Disponível em: http://sit.mda.gov.br/download/ptdrs/ptdrs_qua_territorio021.pdf. Acesso em: 05 de dez. 2014.

- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Estratégia Nacional de REDD.** Brasília, DF: Documento de Trabalho, 2012.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Informações sobre os Biomas.** Brasília: Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/biomas/mata-atlantica>>. Acessado em 12 de novembro de 2014 as 17:35hs.
- MOREIRA, A. A.; SOARES, V.P.; GLERIANI, J. M.; RIBEIRO, C. A. A. S. **Utilização de algoritmos de classificação para o mapeamento do uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do Ribeirão São Bartolomeu, Viçosa-MG, a partir de uma imagem do sensor Ikonos II.** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa (UFV), 2009.
- MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; FONSECA, G. A. B.; KENT, J. **Biodiversity hotspot for conservation priorities.** USA: Nature, 403, 853-858, 2000.
- CASTRO, E. R.; MARIN, R. A.; SZLAFSZTEIN, C.; MONTEIRO, E. C.; RAVENA, N.; ROCHA, G. M.; ANDRADE, L. G.; SILVA, I. M. C.; FERNANDES, F. A. **Estudo sócio econômico dos municípios da região de Tucuruí, Pará.** Belém, PA: Núcleos de Altos Estudos Amazônicos (NAEA), Papers do NAEA nº258, 2010.
- ORGANIZAÇÃO DE CONSERVAÇÃO DE TERRAS DO BAIXO SUL DA BAHIA (OCT). **Projeto Carbono Neutro Pratigi – Reflorestamento, 2012.** Disponível em: <<http://www.climate-standards.org/2012/10/11/co2-neutro-pratigi-grupo-de-projetos-de-carbono-na-apa-do-pratigi-reflorestamento/>>. Acesso em: 23 nov. 2014.
- ORGANIZATION FOR ECONOMIC COOPERATION AND DEVELOPMENT (OECD) e INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). **Forestry projects: lessons learned and implications for CDM modalities.** UK: Information Paper, 2003.
- OUVIDORIA-GERAL DO ESTADO DA BAHIA. **Notícia: Governo da Bahia anuncia projeto da ponte que liga Salvador à Ilha de Itaparica, 2011.**

Disponível em: <<http://www.ouvidoriageral.ba.gov.br/2011/09/30/governo-da-bahia-anuncia-projeto-da-ponte-que-liga-salvador-a-ilha-de-itaparica/>> acesso em: 26 de nov. de 2014.

- PÁDUA, J. A. **Um Sopro de Destruição – Pensamento Político e Crítica Ambiental no Brasil Escravista (1786-1888)**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editora, 2º edição, 2004.

- PAGIOLA, S. **Payments for environmental services in Costa Rica**. USA: Ecological Economics, 65, 712-724, 2008.

- PEARSON, T. R. H.; BROWN, S.; CASARIM, F.M. **Carbon emissions from tropical forest degradation caused by logging**. Arlington, VA, USA: Environmental Research Letters 9, 11pp, 2014.

- PIJANOWSKI B. C.; BROWN D. G.; SHELLITO B. A.; MANIK G. A. **Using neural networks and GIS to forecast land use changes: a Land Transformation Model**. USA: Computers, Environment and Urban Systems 26(6):553-575, 2002.

- PONTIUS JR., R. G. **Quantification error versus location error in comparison of categorical maps**. USA: Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 66:1011-1016, 2000.

- PONTIUS JR., R. G.; SCHNEIDER, L. C. **Land-cover change model validation by an ROC method for the Ipswich watershed, Massachusetts, USA**. USA: Agriculture, Ecosystems and Environment 85, 239-248, 2001.

- PONTIUS JR., R. G.; MILLONES, M. **Death to Kappa: birth of quantity disagreement and allocation disagreement for accuracy assessment**. School of Geography, Clark University, Worcester, MA, USA: International Journal of Remote Sensing, Vol. 32, No. 15, 4407–4429, 2011.

- PROGRAMA DE DESENVOLVIMENTO E CRESCIMENTO INTEGRADO COM SUSTENTABILIDADE (PDCIS). **Mapa de Atuação territorial**. Bahia: 2013.

- RIBEIRO, M. C.; METZGER, J. P.; MARTENSEN, A. C.; PONZONI, F. J.; HIROTA, M. M.. **The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation.** São Paulo: Biological Conservation 142, 1141–1153, 2009.

- RICHARDS, J.A.; JIA, X. **Remote Sensing Digital Image Analysis.** New York, USA: Springer, 1999.

- RIVA, A. L. M.; FONSECA, L. F. L.; HASENCLEVER, L.. **Instrumentos Econômicos e Financeiros para a Conservação Ambiental no Brasil: Uma análise do estado da arte no Brasil e no Mato Grosso – Desafios e perspectivas.** Mato Grosso: Instituto Socioambiental (ISA), 2007.

- RUDEL, T.; ROPER, J. Forest Fragmentation in the Humid Tropics: A Cross–National Analysis. Singapore: Singapore Journal of Tropical Geography, 2002.

- SANDERSON, E.W.; JAITEH, M.; LEVY, M.A.; REDFORD, K. H.; WANNEBO, A. V.; WOOLMER, G. **The Human Footprint and the Last of the Wild.** USA: *BioScience* 52(10): 891–904, 2002.

- SANGERMANO, F.; TOLEDANO, J.; EASTMAN, J. R. **Land cover change in the Bolivian Amazon and its implications for REDD+ and endemic biodiversity.** USA: *Landscape Ecol* (2012) 27:571–584, 2012.

- SANTIAGO, M. A. C.; HELLIER, A.; TIPPER, R.; DEJONG, B.H.J. **Carbon emissions from land-use change: an analysis of causal factors in Chiapas, Mexico.** USA: *Mitigation and Adaptation Strategy Global Change*, 12:1001-1026, 2007

- SENADO FEDERAL. **Projeto de Lei do Senado que institui o sistema nacional de redução de emissão por desmatamento e degradação, conservação, manejo florestal sustentável, manutenção e aumento de estoques (REDD+).** Brasília, DF: PLS, nº212/2011.

- SEROA DA MOTTA, R. **Instrumentos Econômicos e Política Ambiental.** São Paulo: Instituto de Pesquisas Econômicas Avançado (IPEA), 2002.

- SILVA, C. H. C.; POLETO, CARMO, L. J.; VIEIRA, C. A. O. **Utilização do Módulo Idrisi LCM para modelar o Potencial de Transição entre Classes de Uso e Ocupação do Solo.** UFV - Depto. de Engenharia Civil. Viçosa MG. COBRAC, 2008.

- SOARES FILHO, B.S., **Modelagem Dinâmica de paisagem de uma região de fronteira de colonização Amazônica.** Escola Politécnica. Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil. Relatório Técnico, 21p., 1998.

- SOARES-FILHO, B. S.; NEPSTAD, D.C.; CURRAN, L. M.; CERQUEIRA, G.C.; GARCIA, R. A.; RAMOS, C. A.; VOLL, E.; MCDONALD, A.; LEFEBVRE, P.; SCHLESINGER, P. **Modelling conservation in the Amazon basin.** Belo Horizonte: Nature magazine, Vol. 440, 2006.

- SOS MATA ATLÂNTICA (SOSMA). **Reportagem a respeito do Bioma Mata Atlântica.** São Paulo: Disponível em: <<http://www.sosma.org.br/nossa-causa/a-mata-atlantica/>>, Acesso em: 12 de nov. de 2014.

- SOS MATA ATLÂNTICA (SOSMA) e INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE) [1]. **Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica, período de 2000 a 2005.** São Paulo: Relatório parcial, 2006.

- SOS MATA ATLÂNTICA (SOSMA) e INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE) [2]. **Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica período 2005-2008.** São Paulo: Relatório parcial, 2009.

- SOS MATA ATLÂNTICA (SOSMA) e INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE) [3]. **Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica período 2011-2012.** São Paulo: Relatório parcial, 2013.

- STANLEY, M. P.; GONZALEZ, G.; YIN, D.; GOLDSTEIN, A.; HAMRICK, K. **Covering New Ground State of the Forest Carbon Markets, A Report by Forest Trends' Ecosystem Marketplace,** 2013.

- STRASSBURG, B. B. N.; RODRIGUES, A. S. L.; GUSTI, M.; BALMFORD, A.; FRITZ, S.; OBERSTEINER, M.; TURNER, R. K.; BROOKS, T. M. **Impacts of**

incentives to reduce emissions from deforestation on global species extinctions. Nature Climate Change, 2012.

- TEIXEIRA, A. M. G. **Modelagem da dinâmica de uma paisagem do Planalto de Ibiúna (1962-2000) e inferências sobre a estrutura futura (2019).** São Paulo: Dissertação de Mestrado, Laboratório de Ecologia da Paisagem e Conservação (LEPAC), Universidade de São Paulo, 2005.

- THOMAS, W. W.; CARVALHO, A. M. V.; AMORIM, A. M.; HANKS, G.; SANTOS, T. S. S. **Diversity of wood plants in the Atlantic Coastal Forest of Southern Bahia, Brazil.** Nova York, USA: The New York Botanical Garden. The Atlantic Coastal Forest of Northeastern Brazil, Capítulo 3, 21-29, 2008.

- TSO, B.; P.M. MATHER. **Classification Methods for Remotely Sensed Data.** New York: Taylor and Francis, 2001.

- UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE (UNFCCC). **Kyoto protocol reference manual on accounting of emissions and assigned amount.** UN, 2008.

- VERIFIED CARBON STANDARD (VCS) [3]. **Agriculture, Forestry and Other Land Use (AFOLU) Requirements.** USA: VCS version 3.4, 08 oct 2013 – Requirements Documents. Disponível em: <<http://www.v-c-s.org/sites/v-c-s.org/files/AFOLU%20Requirements%2C%20v3.4.pdf>>. Acesso em: 04 dez. 2014.

- VERIFIED CARBON STANDARD (VCS) [4]. **VM0015: Methodology for Avoided Unplanned Deforestation, v1.1.** USA: VCS version 1.1 de dez. 2012. Disponível em: <<http://www.v-c-s.org/methodologies/methodology-avoided-unplanned-deforestation-v11>>. Acesso em: 04 dez. 2014.

- VERIFIED CARBON STANDARD (VCS) [1]. **Banco de Dados Projetos.** Disponível em: <www.v-c-s.org>. Acesso em: 16 fev. 2014.

- VERIFIED CARBON STANDARD (VCS) [2]. **Com funciona.** Disponível em: <<http://www.v-c-s.org/how-it-works/why-vcs>>. Acesso em: 28 fev. 2014.

- WUNDER, S. **Payment for environmental services: Some nuts and bolts.**
Jakarta: Centre for International Forestry Research (CIFOR), 2005.