OBTENÇÃO DE INDICADORES DO DESMATAMENTO EM ÁREAS DE RESERVA LEGAL DECLARADA USANDO DADOS CAR E PRODES PARA O CERRADO BAIANO

Bruno Menini Matosak[1]

[1]Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Caixa Postal 515 - 12227-010 - São José dos Campos - SP, Brasil
bruno.matosak@inpe.br

Resumo: O Cerrado é o segundo maior bioma brasileiro e começou a sofrer no século passado uma acelerada expansão de suas fronteiras agrícolas. Tal expansão ocasionou em uma grande alteração do uso e cobertura do solo, o que pode ser melhor compreendido e estudado através de dados temporais de desmatamento aliados aos contornos das propriedades rurais inseridas nos locais de estudo. Este trabalho visou então a obtenção de parâmetros de desmatamento dentro de áreas de Reserva Legal declarada para o Cerrado baiano, levando em consideração o intervalo de tempo 2008-2018, além de dividir as propriedades por tamanho de acordo com a Lei de Reforma Agrária. Os dados empregados nos processos são oriundos do Cadastro Ambiental Rural (CAR) e do PRODES Cerrado, que monitora o incremento do desmatamento para o Cerrado. Ao final do trabalho, pôde-se concluir que existem indícios de que propriedades menores tendem a apresentar um percentual maior de ocupação da área de Reserva Legal, além de ser notada uma diminuição do incremento do desmatamento a cada ano desde 2008 a 2018. Grids com a porcentagem de área dentro de cada célula para as áreas de Reserva Legal desmatada, além de áreas de propriedades grandes, médias e pequenas, puderam ser criados, para que sejam usados em futuros trabalhos de análise espacial.

Palavras Chave: CAR; PRODES; Cerrado.

1. Introdução

O Cerrado é um bioma brasileiro que ocupa cerca de dois milhões de quilômetros quadrados, é o segundo maior do país, ficando atrás apenas da Amazônia. A biodiversidade do bioma é considerável, mesmo quando comparada à de outras regiões do país. Dados de diferentes autores sugerem que, dependendo do grupo taxonômico considerado, cerca de 20 a 50% das espécies brasileiras ocorrem no Cerrado (MACHADO *et al.*, 2004).

Apesar de ser tão biodiverso, assim como os outros biomas o Cerrado não está livre de ações antrópicas. Estima-se que até 2010 cerca de apenas 50,8% da cobertura vegetal original do bioma ainda não havia sido alterada drasticamente pela ação humana (IBAMA/CSR, 2011). As mudanças ocorridas no bioma se devem principalmente à expansão das fronteiras agrícolas, voltadas à produção de exportação, o que é responsável pela alteração drástica do uso e cobertura do solo de acordo com os anos em determinadas regiões (MUELLER e MARTA, 2008).

Dentro do Cerrado, o oeste baiano se mostra uma das regiões com altas taxas de ocupação. Desde a década de 80 a região tem atraído o interesse de agricultores que lá encontraram terras com baixos valores, planas, irrigáveis, dentre outras qualidades para a agricultura, e que com o apoio do governo deram início ao cultivo de grãos (PASSOS *et al.*, 2010). Trabalhos recentes vêm tentando estimar os impactos gerados pela ocupação na área, como pelo trabalho de Salmona *et al.* (2016), onde uma estimativa do desmatamento e emissão de CO_2 foi feita.

Uma forma de monitorar a situação ambiental remanescente para as regiões de agricultura no país, é através do Cadastro Ambiental Rural (CAR). Instituído pela Lei nº 12.651/2012 (BRASIL, 2012), o CAR tem como objetivo principal apenas ser um registro público e eletrônico de âmbito nacional para as propriedades e posses rurais (SICAR, 2019), entretanto, esta fonte de dados se mostra útil também à verificação de parâmetros descritivos das áreas antropizadas dentro de áreas de Reserva Legal declarada pelos detentores das propriedades. Para tanto, é necessário combinar os dados do CAR a dados de desmatamento provenientes de outras fontes.

Diversos projetos tentam descrever a situação do desmatamento no Cerrado. Iniciativas como o Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo no Brasil (MapBiomas), o Projeto de Monitoramento do Desmatamento dos Biomas Brasileiros por Satélite (PMDBBS) feito pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis/Centro de Sensoriamento Remoto (IBAMA/CSR), o Incremento anual de área desmatada no Cerrado Brasileiro obtido pelo projeto PRODES feito no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) são as principais fontes de dados. Diferentes metodologias e definições das classes coletadas são o que os mais diferencia.

Neste contexto, este trabalho teve como objetivo a obtenção de métricas e grids de desmatamento dentro de áreas de Reserva Legal declarada no CAR para a região do Cerrado baiano, usando como base de referência para o desmatamento os dados disponibilizados pelo PRODES Cerrado.

2. Metodologia

2.1. Área de Estudo

A área escolhida para o estudo compreende o cerrado baiano, localizado no oeste do estado. A área vem se consolidando como uma das principais regiões de produção de grãos do Brasil desde a década de 1980 (SANO e PINHATI, 2009), o que a configura como uma região de recente expansão agrícola, quando comparada a outras regiões do país.

A região foi obtida através da interseção do bioma cerrado com os dados de divisão política para os estados brasileiros. A Figura 1 mostra em detalhes a área de estudo.

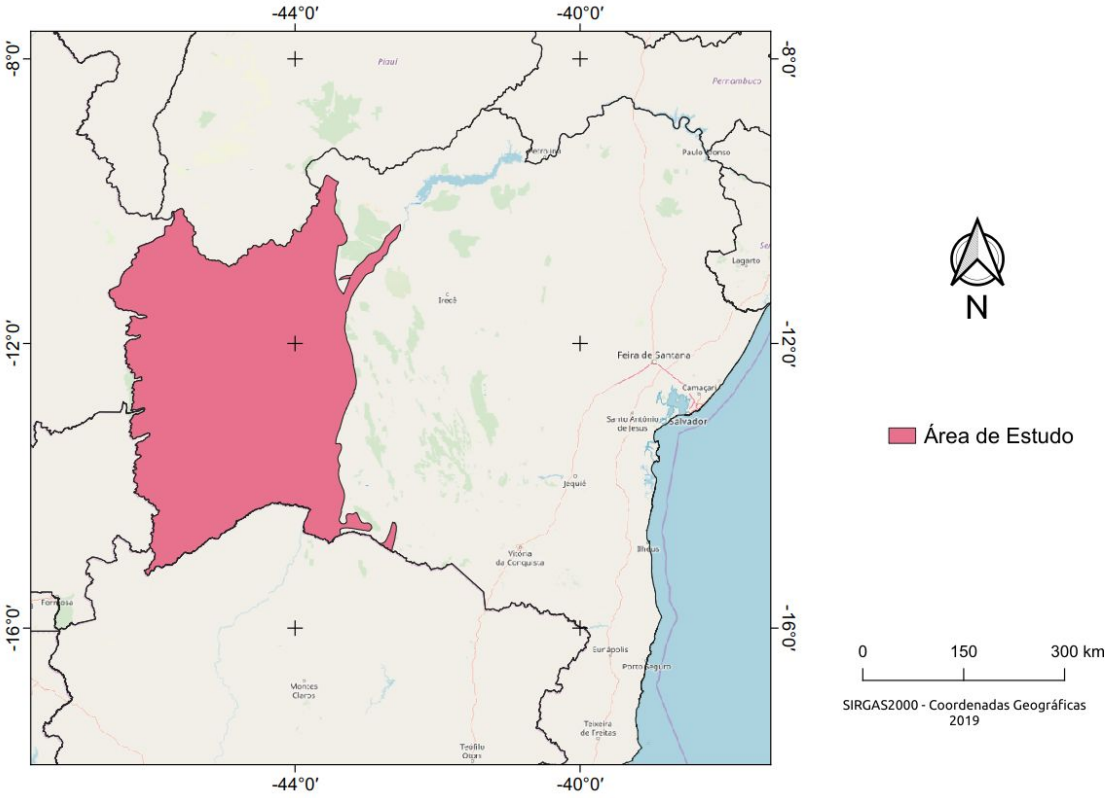


Figura 1 - Área de estudo.

2.2. Dados Analisados

Neste trabalho, foram utilizados dados separáveis em 3 tipos, a fim de se alcançar os objetivos estipulados. Estes 3 tipos de dados são:

- ❏ Dados para caracterização da área de estudo;
- ❏ Dados do CAR; e
- ❏ Dados PRODES Cerrado de desmatamento.

A seguir são descritos de forma sucinta cada tipo de dado usado neste trabalho.

2.2.1. Dados da Área de Estudo

O primeiro conjunto de dados é referente a delimitação da área de estudo. Foram obtidos arquivos no formato *shapefile* para o bioma Cerrado, junto ao portal do Ministério do Meio Ambiente (MMA), para os estados brasileiros, junto ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), e para os municípios brasileiros, também junto ao IBGE. Um recorte foi feito entre o estado da Bahia e bioma Cerrado para a obtenção da área de estudo, e com base neste recorte foram selecionados os municípios baianos que se encontravam totalmente ou em parte dentro desta área.

2.2.2. Dados CAR

O Cadastro Ambiental Rural (CAR) é um instrumento utilizado no processo de regularização ambiental de propriedades e posses rurais (MMA, 2019). O CAR foi instituído pela Lei n° 12.651/2012 no âmbito do Sistema Nacional de Informações Sobre Meio Ambiente - SINIMA, sendo um registro público eletrônico de caráter obrigatório e de âmbito nacional. As informações integradas pelo CAR são referentes às Áreas de Preservação Permanente - APP, de uso restrito, de Reserva Legal, de remanescentes de florestas e demais formas de vegetação nativa, e das áreas consolidadas (SICAR, 2019).

O segundo conjunto de dados é de origem do CAR. Como os dados são disponibilizados por município, foi utilizada a lista de municípios obtida pelos dados anteriormente citados para que fosse feito o *download* a partir do portal do CAR, em Abril de 2019. Estes dados são também no formato *shapefile*, e foram usadas as áreas das propriedades e de reserva legal. Dados referentes a 43 municípios foram adquiridos (SICAR, 2019).

2.2.3. Dados de Desmatamento PRODES Cerrado

O PRODES é um projeto do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE que, dentre outras atividades, realiza o monitoramento de regiões de desmatamento na Amazônia e no Cerrado (INPE, 2019). Para tal monitoramento, analistas qualificados fazem a identificação visual dos diferentes padrões de desmatamento, para que assim tais dados sejam disponibilizados de forma gratuita pela internet (BRITO *et al.*, 2018).

Neste trabalho, foram utilizados dados do projeto PRODES Cerrado. Neste conjunto de dados, o desmatamento para todo o bioma Cerrado é localizado e atribuído uma data igual à data da imagem orbital utilizada para a identificação do mesmo. No contexto do PRODES, a definição de desmatamento empregada é a de corte raso (remoção abrupta total) da cobertura de vegetação nativa, ou o resultado do processo de degradação recorrente (remoção parcial), levando ao colapso completo da estrutura florestal da vegetação (BRITO *et al.*, 2018).

As imagens utilizadas no monitoramento são provenientes dos sensores TM/Landsat5, ETM+/Landsat7, OLI/Landsat8 e LISS-III/RESOURCESAT2, podendo ocorrer a complementação dos dados por outros sensores, também de média resolução espacial (~ 30 m) (BRITO *et al.*, 2018). O uso de tais imagens resulta em uma área igual a 0,09 ha como a menor área de desmatamento passível de identificação no conjunto de dados.

Os dados de desmatamento do PRODES Cerrado podem ser adquiridos de forma gratuita através do portal terrabrasilis.dpi.inpe.br. Estes dados são disponibilizados no formato *shapefile*. Uma característica importante é a sua composição temporal, formada de polígonos que representam o desmatamento, com atributos que descrevem a data da imagem usada na detecção. Uma vez inseridos no banco de

dados, um polígono não é mais retirado, mesmo que constatada a regeneração da área (BRITO *et al.*, 2018).

2.3. Métodos

Os dados CAR apresentam certo grau de inconsistências, o que influencia de forma direta e negativamente os resultados a serem obtidos. Uma vez que os dados são inseridos de forma indiscriminada por qualquer usuário, diversos são os erros encontrados, dado que os dados não passam por uma aprovação antes de serem inseridos no banco de dados.

A metodologia usada visou diminuir a influência das inconsistências dos dados CAR, para que a geração das estatísticas da região e outros produtos não fossem afetadas de forma significativa. O fluxograma da Figura 2 exemplifica de forma geral os métodos realizados para o processamento dos dados.

As áreas de todos os polígonos tiveram de ser recalculadas, devido a incidência de erros grosseiros nas áreas que acompanhavam alguns dados. Optou-se por utilizar a metodologia do IBGE para o cálculo de áreas. Neste método, uma projeção cônica de Albers para o Brasil é utilizada, considerando os parâmetros longitude de origem -54°, latitude de origem -12°, paralelo padrão 1 -2° e paralelo padrão 2 -22° (IBGE, 2019).

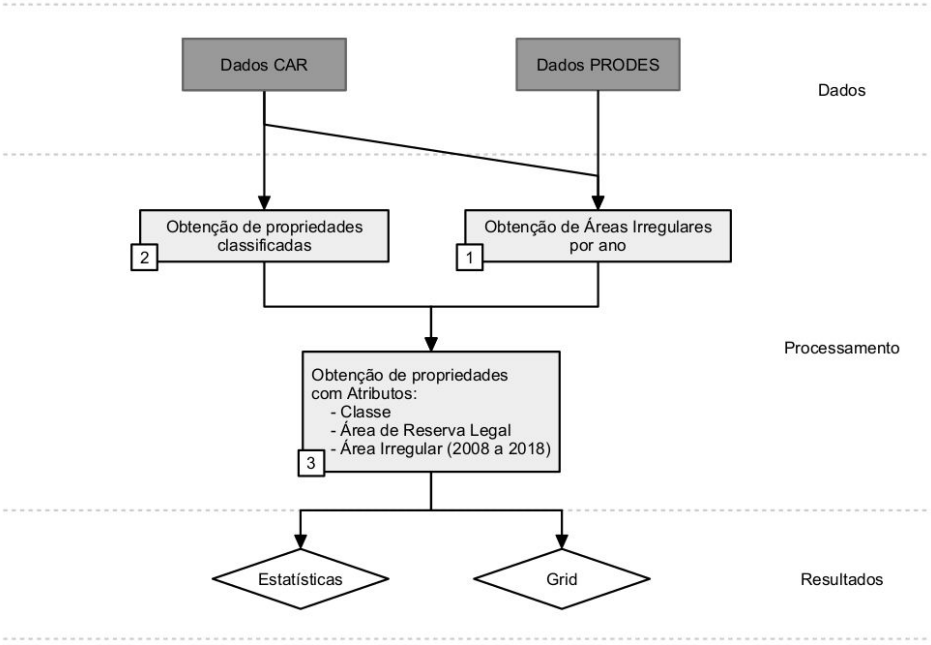


Figura 2 - Fluxograma de trabalho visando a preparação dos dados para a obtenção dos produtos. Fontes de dados em cinza escuro, etapas de processamento em cinza claro e resultados em branco.

Como visto na Figura 2, a metodologia foi dividida em 3 etapas principais:

1. Obtenção das Áreas Irregulares por ano (Figura 3);

2. Obtenção das propriedades classificadas, junto de sua área de Reserva Legal declarada (Figura 4); e
3. Obtenção das propriedades com os atributos Classe, Área de Reserva Legal e Área Irregular para cada ano de estudo (Figura 5).

Dentro da etapa 1, foram realizadas as operações contidas no fluxograma da Figura 3.

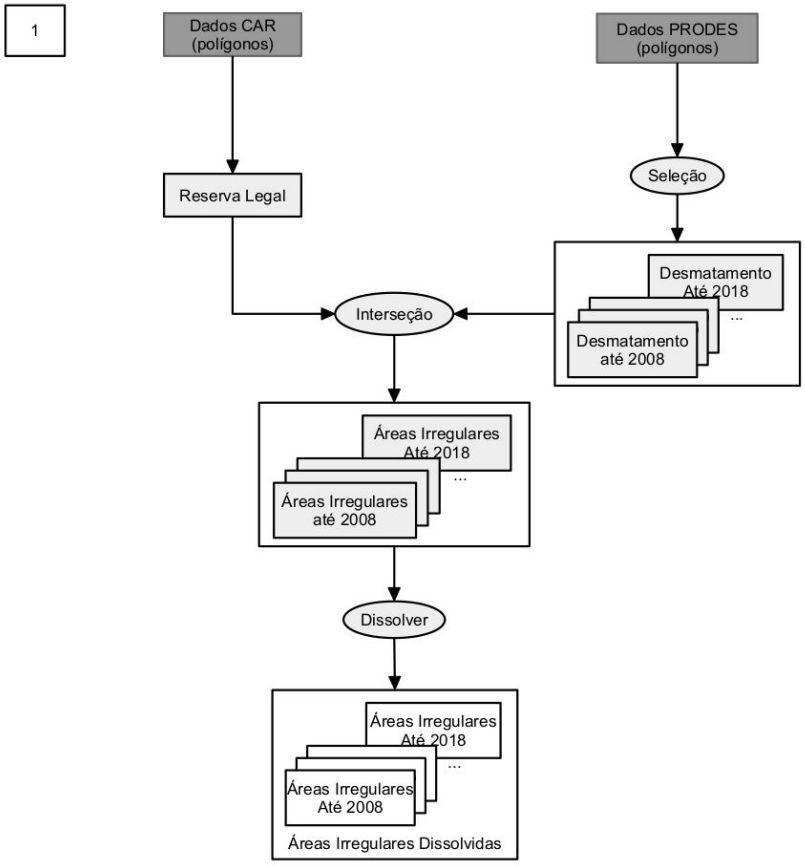


Figura 3 - Fluxograma de atividades para a etapa de processamento 1 (obtenção das Áreas Irregulares por ano). Fontes de dados em cinza escuro, etapas de processamento em cinza claro e resultados em branco.

Para a etapa 1, primeiro foram selecionados os polígonos de desmatamento do PRODES até nove anos distintos: 2008, 2010, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017 e 2018 (O PRODES não apresenta dados para os anos de 2009 e 2011). Isso quer dizer que os dados de desmatamento até 2018 compreendem todos os polígonos selecionados para os anos anteriores, uma vez que constatado o desmatamento, o polígono é inserido e não mais retirado da base de dados. Como resultado desta etapa, foram gerados 9 arquivos *shapefile* para o desmatamento até o final dos anos estipulados.

Estes dados foram então submetidos a uma operação de interseção com os dados de Reserva Legal dos 43 municípios do Cerrado baiano, gerando assim arquivos *shapefile* para áreas desmatadas dentro das áreas de Reserva Legal até cada um dos anos estipulados. Estas áreas são entendidas no escopo deste trabalho como *Áreas Irregulares*.

Devido a presença de sobreposição dos polígonos de Reserva Legal, foi necessário submeter os dados a um processo denominado “Dissolver”, onde todos os polígonos são agregados de modo a formar um único conjunto de feições, eliminando assim as sobreposições, preparando os dados para serem cortados de acordo com cada propriedade inserida no CAR, marcando o final desta etapa de processamento.

Depois disso, foram realizadas as atividades contidas na etapa 2 de processamento do fluxograma de trabalho. Nesta etapa, foram realizados os processo contidos no fluxograma da Figura 4.

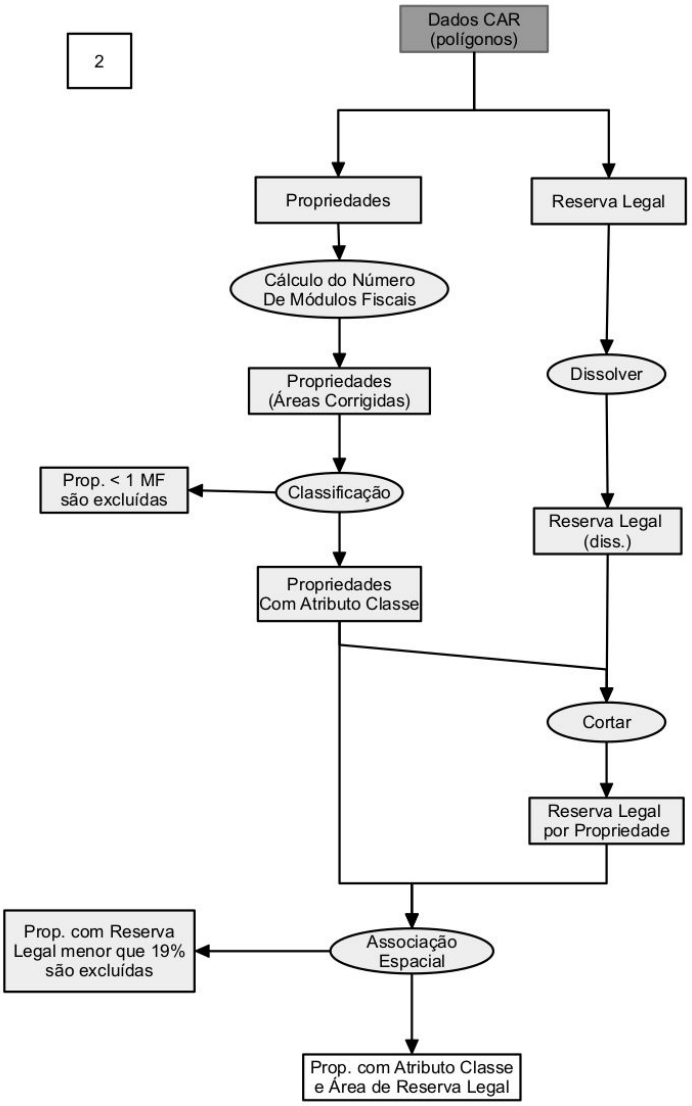


Figura 4 - Fluxograma de atividades para a etapa de processamento 2 (obtenção das propriedades classificadas, junto de sua área de Reserva Legal declarada). Fontes de dados em cinza escuro, etapas de processamento em cinza claro e resultados em branco.

Como pode ser visto no fluxograma da Figura 4, as propriedades devem ser submetidas a etapas de processamento para o refinamento dos dados, diminuindo assim a influência de erros nos resultados. Antes de serem usados para o corte das Áreas Irregulares, as propriedades precisam ter a área recalculada e serem classificadas pelo tamanho de acordo com a Lei de Reforma Agrária.

Como as áreas das propriedades foram recalculadas, puderam então ser atribuídas classes para as propriedades de uma forma mais confiável, de acordo com o Lei Nº 8.629/1993 (Lei de Reforma Agrária) (BRASIL, 1993), sendo a classe de cada polígono salva em um atributo específico para tal. De acordo com a Lei, as classes são definidas considerando o número de módulos fiscais de cada município, sendo o módulo de toda a área de estudo igual a 65 hectares (INCRA, 2019). As classes das propriedades são definidas conforme a Tabela 1.

Tabela 1 - Definição das classes referente aos tamanhos das propriedades.

Classe	Módulos Fiscais
Pequena	1 ≤ área ≤ 4
Média	4 < área ≤ 15
Grande	área > 15

Fonte: Brasil (1993).

Na etapa de classificação, propriedades menores do que um módulo fiscal foram descartadas da comparação, pois de acordo com a Lei estas são qualificadas como minifúndios. Por possuírem menores dimensões, estas propriedades poderiam também ser fontes de erros grosseiros, dado o alto índice de sobreposição dos dados CAR.

É necessário saber também qual a área de Reserva Legal declarada por propriedade, para assim calcular a porcentagem de Área Irregular em relação a área de reserva, assim como desconsiderar as propriedades sem reserva declarada. Os dados do CAR não possibilitam uma associação por atributos chave primária e estrangeira no banco de dados, o que acaba por comprometer a associação das propriedades com as áreas de reserva declarada. Uma forma de contornar o problema é através de uma associação espacial, entretanto, mais uma vez a sobreposição indevida dos polígonos provoca erros na associação dos dados.

Feita com os dados brutos, a associação espacial apresentaria resultados com erros grosseiros, visto que por vezes os polígonos de grandes áreas de reserva, mesmo que cruzando propriedades menores em pequenas porções, seriam associados a estes, acarretando uma falsa associação. Uma forma de contornar, em parte, este problema é usando da mesma estratégia empregada com os dados de Área Irregular: primeiro os polígonos das áreas de Reserva Legal são submetidos ao processo “Dissolver”, para em seguida serem cortados pelos polígonos das propriedades, o resultado então é usado em uma associação espacial com as propriedades, onde os polígonos de reserva legal de maior sobreposição interna com as propriedades são associados a estas (considerando os polígonos totalmente contidos dentro das propriedades).

Nesta associação, um atributo foi criado para as propriedades a fim de receber o valor da área de Reserva Legal declarada para a mesma. Nesta etapa, foram considerados erros e eliminadas não apenas as propriedades com área de reserva igual a zero, mas também aquelas com um percentual menor do que 19% de sua área total. Isso foi decidido de acordo com o Código Florestal (BRASIL, 2012), que pactua um valor mínimo de 20% de área de reserva para propriedades rurais da área de estudos. 19% foi escolhido em detrimento de 20%, para que assim áreas

distorcidas ligeiramente para um tamanho menor pela projeção de Albers também pudessem ser consideradas no cálculo.

Por fim, para a execução da etapa 3 do fluxograma de processamento, foi feita a combinação do resultado das etapas 1 e 2 de acordo com o fluxograma presente na Figura 5.

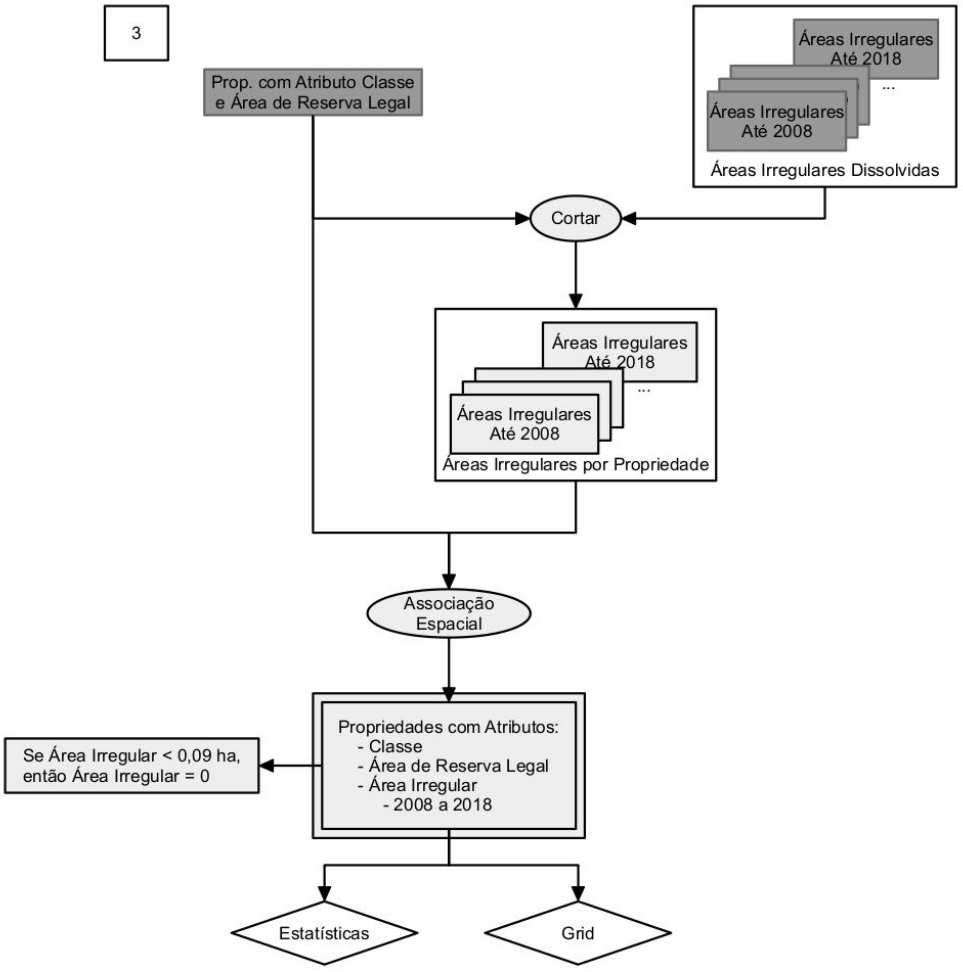


Figura 5 - Fluxograma de atividades para a etapa de processamento 3 (obtenção das propriedades com os atributos Classe, Área de Reserva Legal e Área Irregular para cada ano de estudo). Fontes de dados em cinza escuro, etapas de processamento em cinza claro e resultados em branco.

As propriedades usadas para o corte dos dados das Áreas Irregulares não são isentas de sobreposições, mas no caso do algoritmo usado, o corte de um polígono por dois polígonos que se sobrepõem resulta em dois polígonos de Área Irregular, como se apenas um polígono tivesse sido usado de cada vez para a realização da operação. A Figura 6 exemplifica como o algoritmo de corte trabalha quando propriedades que se sobrepõem são utilizados no corte.

Desta forma, foi obtido para cada propriedade um polígono correspondente à Área Irregular que se sobrepõe a ela, independente da existência ou não de sobreposição entre as propriedades. O uso de tal metodologia implica que uma mesma área de

desmatamento registrada pelo PRODES pode ser associada a duas propriedades diferentes.

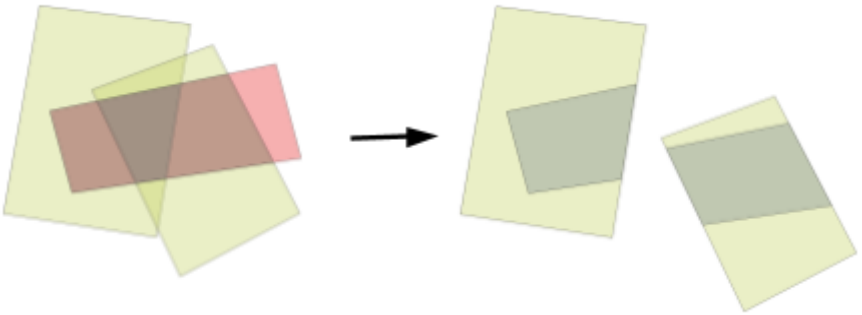


Figura 6 - Exemplo de funcionamento da ferramenta “Cortar” usada no processamento dos dados (após a seta, os polígonos foram deslocados para uma melhor visualização do resultado). Polígonos verdes são as propriedades, vermelho é o polígono de Área Irregular e cinza os polígonos de Área Irregular cortados.

Esta ferramenta Cortar já havia sido utilizada na etapa de processamento 2 e agora é utilizada como a primeira etapa do fluxograma da Figura 5. As propriedades com as classes de tamanho e suas áreas de Reserva Legal declarada são usadas no corte dos dados de Área Irregular dissolvidas para cada ano. O resultado desta etapa são os polígonos de cada Área Irregular contida dentro de cada propriedade, as quais logo em seguida tem os seu atributos área associados aos polígonos de suas respectivas propriedades por meio de uma associação espacial.

O processamento dos dados levou então a um arquivo *shapefile*, que compreende todas as propriedades do CAR 2019 que apresentam tamanho maior ou igual a 1 módulo fiscal. Tais propriedades possuem também atributos quanto a sua classificação de tamanho, área de Reserva Legal declarada, e o total de Área Irregular detectada até cada ano de análise.

Uma vez que os dados de desmatamento do PRODES são obtidos com base em imagens orbitais de média resolução (~ 30m), as propriedades que contavam com Área Irregular menor do que 0,09 hectares tiveram seus valores igualados a zero. Isso foi feito pois, neste trabalho, tais áreas de tamanho “sub-pixel” foram consideradas erros grosseiros do processamento.

A partir destes dados, puderam então ser obtidas estatísticas, como o número de propriedades que apresentam Área Irregular, assim como a média do tamanho das Áreas Irregulares, e mesmo o aumento percentual da área desmatada dentro de áreas de reserva, dentre outras métricas - de acordo com cada tamanho das propriedades.

Um outro produto gerado foi um grid, que generaliza os dados a uma resolução de 0,1°, considerando a porcentagem de cada célula ocupada por propriedades pequenas, médias e grandes, além da porcentagem da célula ocupada por Área Irregular. A resolução especificada foi escolhida, de forma que apenas uma célula fosse coberta completamente por um único tipo de propriedade (Propriedades Grandes). Tal dado permite uma melhor compreensão de como os dados se

comportam espacialmente, além de servir como dado de entrada para futuros projetos de análise espacial.

3. Resultados e Discussão

Como dito anteriormente, diversas inconsistências presentes nos dados do CAR dificultaram as etapas de processamento. Toda a cadeia de processamento teve de ser adaptada, para que assim resultados úteis pudessem ser obtidos. Apesar de ter sido descrita uma metodologia que visasse a diminuição da influência destas inconsistências, não é possível afirmar que os resultados estão livres de erros provenientes dos dados do CAR.

O erro mais comum que pôde ser encontrado nos dados CAR é a sobreposição indevida dos polígonos. Pôde-se observar que a sobreposição ocorre, no geral, de duas formas: Em grandes áreas, devido à falta de atualização ou cadastro indevido de propriedades, ou em pequenas áreas, onde apenas pequenas regiões na região das bordas apresenta sobreposição.

Uma hipótese para a presença de sobreposição em grandes áreas é a carência de atualização dos dados. Um produtor pode vender parte de sua propriedade em um processo de parcelamento do solo rural, então o proprietário da nova gleba faz o cadastro de sua parte, mas o antigo produtor não atualiza o cadastro antigo, o que causa a sobreposição. Outra hipótese, é a de que proprietários estejam realizando o cadastro de suas propriedades em mais de um município, caso estas se encontrem na fronteira entre estes. Como os dados são organizados por municípios, esta sobreposição passa despercebida, mas quando combinados os dados de diferentes municípios (como neste trabalho), tais sobreposições se tornam visíveis. Foi notado também, como no caso da Figura 7, que grandes glebas foram inseridas no cadastro, como se um distrito inteiro tivesse sido adicionado ao sistema; como o CAR vem sendo usado como pré-requisito para financiamento de projetos rurais, é possível que uma cooperativa ou associação da região tenha feito o cadastro de toda a sua área de atuação como apenas uma propriedade, para que assim pudesse pleitear tais benefícios financeiros.

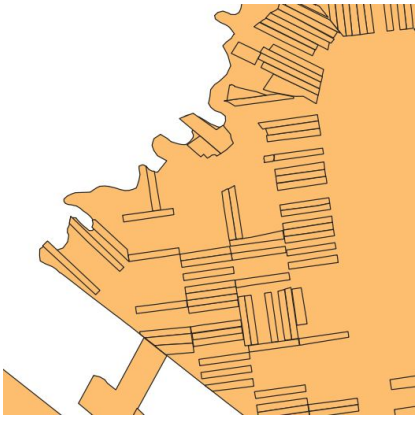


Figura 7 - Exemplo de sobreposição dos dados das propriedades do CAR para o município de Angical. Na figura, os polígonos menores se sobrepõem ao polígono maior ao fundo.

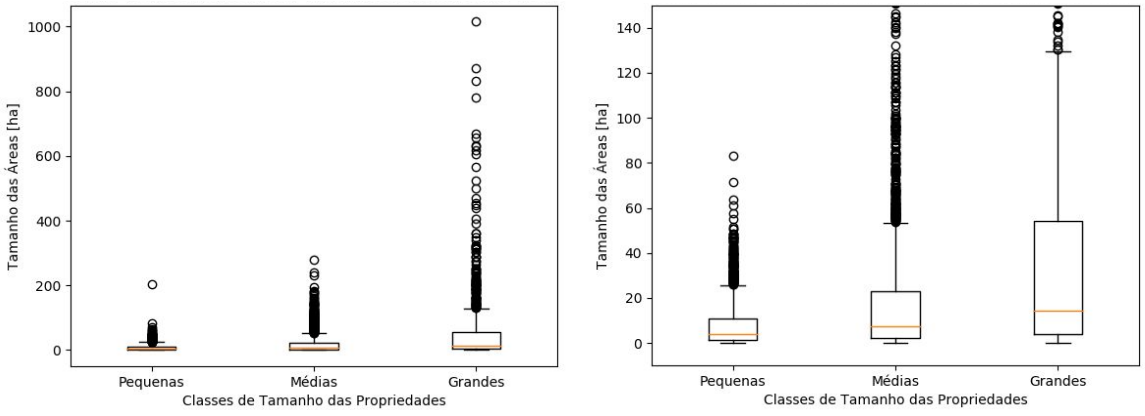
Outra forma comum de sobreposição encontrada é a de pequenas áreas nas regiões de divisa entre propriedades. Neste caso, o erro vêm dos agentes que cadastraram as propriedades no sistema, possivelmente não empregando métodos adequados para a mensuração das propriedades ou agindo de má fé, indicando locais inacurados para os vértices, o que provocaria este tipo de sobreposição. Neste caso, analisando apenas o dado CAR, não é possível afirmar qual propriedade está invadindo e qual está sendo invadida, o que compromete o uso do dado em aplicações de alta precisão.

O erro provocado pela sobreposição pôde ser diminuído para as áreas de Reserva Legal, mas para as propriedades a metodologia não é eficaz. A não eliminação inviabiliza o uso dos dados em aplicações que exigem alta precisão, como para a emissão de alertas e multas, entretanto, o objetivo do trabalho visou apenas a extração de métricas para a região e para o *grid* de análise, sendo os dados suficientes para estes fins.

3.1. Estatísticas das Áreas Irregulares

Uma primeira comparação entre os resultados encontrados para as diferentes classes de propriedades é mostrada na Figura 5. Neste gráfico, é mostrado um *boxplot* do tamanho das Áreas Irregulares (áreas de desmatamento dentro das áreas de Reserva Legal declarada), de acordo com as classes das propriedades definidas.

Espera-se que, por possuírem um menor valor de área, as menores propriedades apresentem um menor valor para a mediana, o que é confirmado quando se observa os valores contidos no gráfico da Figura 8b.



(a) (b)

Figura 8 - Gráficos *Boxplot* para o tamanho das Áreas Irregulares por tamanho da propriedade para o desmatamento até 2018. (a) Visão geral do gráfico, e (b) *zoom* para melhor visualização dos valores.

Nota-se também na Figura 8, que uma grande quantidade de *outliers* foi detectada para as três classes de propriedades. Isso já era esperado, dados os erros de sobreposição já antes mencionados, porém, acredita-se que a quantidade de propriedades analisadas também tenha influenciado na presença de tantos outliers, dados que 8995 propriedades se mostraram aptas à análise. Destas propriedades analisadas apenas algumas apresentaram Área Irregular dentro de seu domínio. O

total de propriedades com presença de Área Irregular por ano pode ser visto no gráfico da Figura 9.

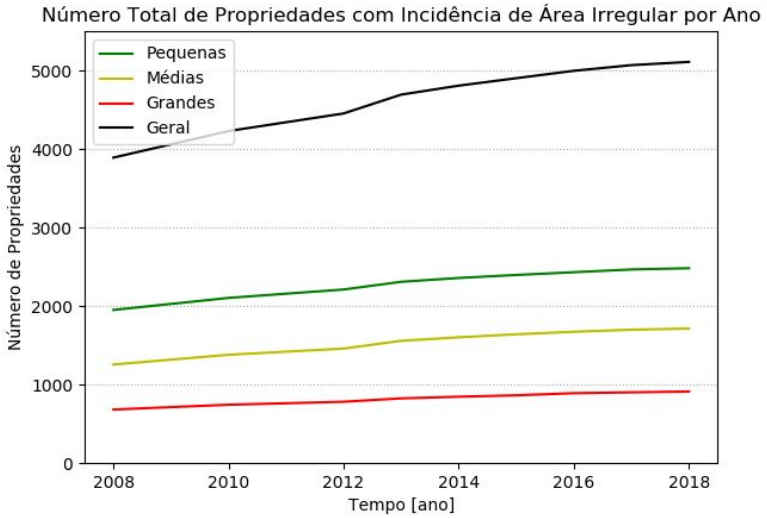


Figura 9 - Número de propriedades com presença de Área Irregular por ano, por classe.

Nota-se que as linhas do gráfico apresentam apenas ascenção. Isso decorre do fato de apenas dados do CAR de 2019 estarem sendo usados na análise de todos os anos, e também do fato de os dados do PRODES serem relativos a toda e qualquer área de desmatamento, sendo o polígono mantido na base de dados, mesmo quando recuperada a área desmatada. Tal gráfico ilustra então, apenas, a quantidade por ano da soma de propriedades com Área Irregular, somada às novas incidências em propriedades antes livres deste tipo de área.

Um dado que melhor representa a associação entre os dados de Áreas Irregulares e as classes de propriedades é a área total de Áreas Irregulares identificadas pela metodologia de acordo com as classes das propriedades. Tal gráfico pode ser visualizado na Figura 10.

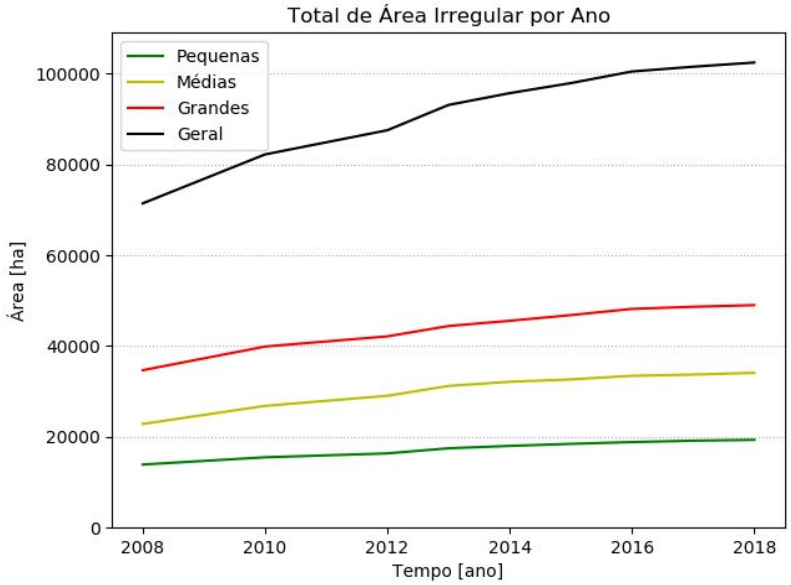


Figura 10 - Área total para as Áreas Irregulares por ano, por classe de propriedade.

Neste gráfico, é possível ver que uma maior soma de Áreas Irregulares pôde ser obtida para as propriedades grandes, um valor intermediário para as propriedades classificadas como médias, e um menor valor para as propriedades pequenas.

Um dado interessante é o percentual de Área Irregular obtido, em relação às áreas de Reserva Legal declaradas pelos donos dos imóveis. O gráfico de tal percentual por ano e por classe pode ser visualizado na Figura 11.

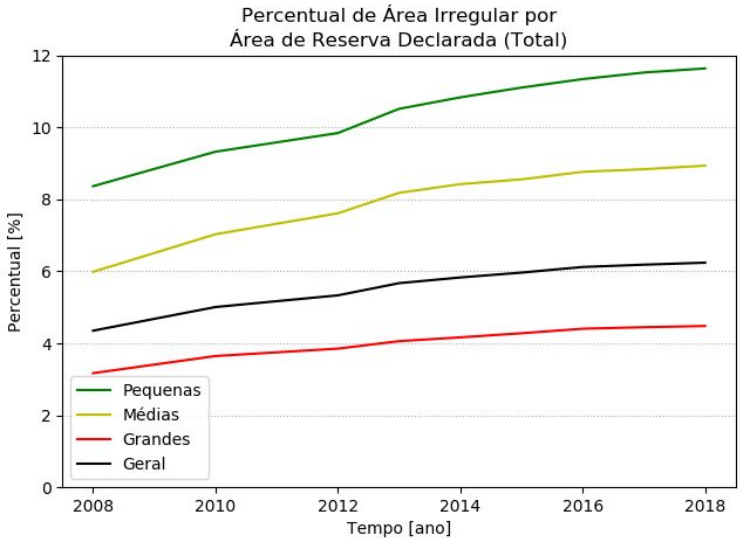


Figura 11 - Percentual de Área Irregular em relação à área de Reserva Legal total declarada por classe de propriedade.

Neste gráfico nota-se de uma forma percentual o crescimento do total de Área Irregular quando comparado ao total de Reserva Legal obtido em 2019. Nota-se aqui que os valores também apresentam apenas uma tendência crescente, como nos gráficos das Figuras 9 e 10. Nota-se aqui também que as propriedades classificadas como grandes apresentam uma menor porcentagem, indicando que propriedades menores tendem a ter uma maior taxa de desmatamento dentro das áreas de Reserva Legal declarada. Diversas hipóteses podem ser levantadas, uma delas é de que com um menor espaço, os proprietários destes imóveis pequenos recorrem a estas áreas para aumentar o seu cultivo, entretanto, apenas com estes dados não é possível confirmar esta hipótese.

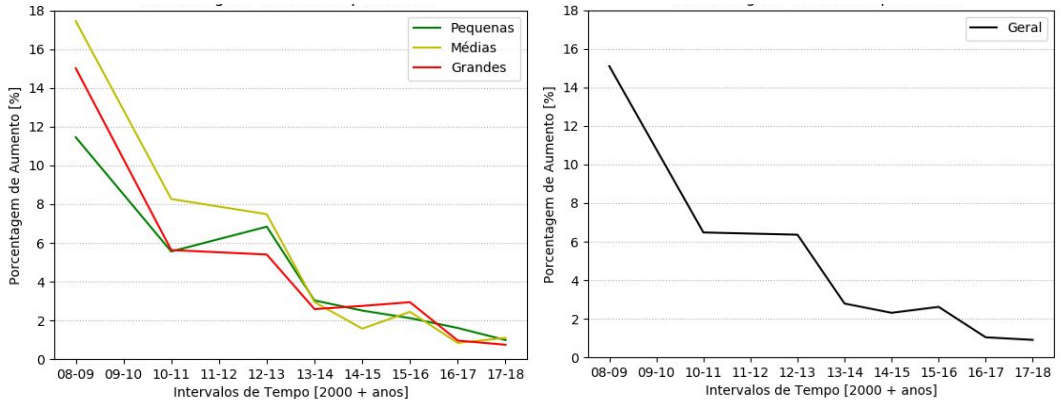


Figura 12 - Porcentagem de aumento da quantidade total de Área Irregular de um ano a outro.

Um dado que nos leva a buscar entender a dinâmica do desmatamento dentro da área de estudo é a porcentagem do aumento da quantidade total de Área Irregular de um ano para outro. Tal dado pode ser visualizado na Figura 12.

Como os dados das áreas de Reserva Legal foram sempre os mesmos, e os polígonos dos dados do PRODES não são retirados da base de dados, apenas aumento ou estagnação das Áreas Irregulares podem ser obtidas. Este gráfico mostra a porcentagem de aumento da quantidade de Áreas Irregulares em relação ao ano anterior, e surpreendentemente mostra uma queda no aumento das Áreas Irregulares.

Os gráficos apresentados possuem tendências claras, definidas de acordo com os dados de entrada. Apesar de mostrarem apenas o aumento da Área Irregular dentro das propriedades, estes também são capazes de indicar tendências e fenômenos ainda não compreendidos completamente que acontecem na área de estudo. Os gráficos ajudam também a entender melhor a natureza dos dados, assim como o seu potencial de uso em projetos de geoprocessamento.

3.2. Grids

De posse dos dados, para uma melhor compreensão dos mesmos, e para o fomento de futuros trabalhos de análise espacial, foi criado um grid. Este grid foi definido de forma com que cada célula tivesse altura e largura igual a 0,1°. Tal tamanho foi escolhido para o grid, pois desta forma, apenas uma célula seria composta 100% por área de propriedades classificadas como “Grande”.

Dentro de cada célula do grid, foram armazenados os valores correspondentes à porcentagem da área total da célula ocupada por Áreas Irregulares e propriedades pequenas, médias e grandes. Os valores foram calculados no intervalo [0, 1], o que permite dizer que o seguinte modelo (Fórmula 1) é representativo do total de área “vazia” dentro da célula, sem informação declarada para as propriedades, indicando a completude dos dados.

$$P_{vazio} = 1 - (P_{grandes} + P_{médias} + P_{pequenas}) \qquad \text{(Equação 1)}$$

Onde P_{vazio}, $P_{grandes}$, $P_{médias}$ e $P_{pequenas}$ são as porcentagens dentro da célula para as áreas vazias, propriedades grandes, propriedades médias e propriedades pequenas, respectivamente.

Uma representação deste grid criado pode ser visto no mapa presente na Figura 13.

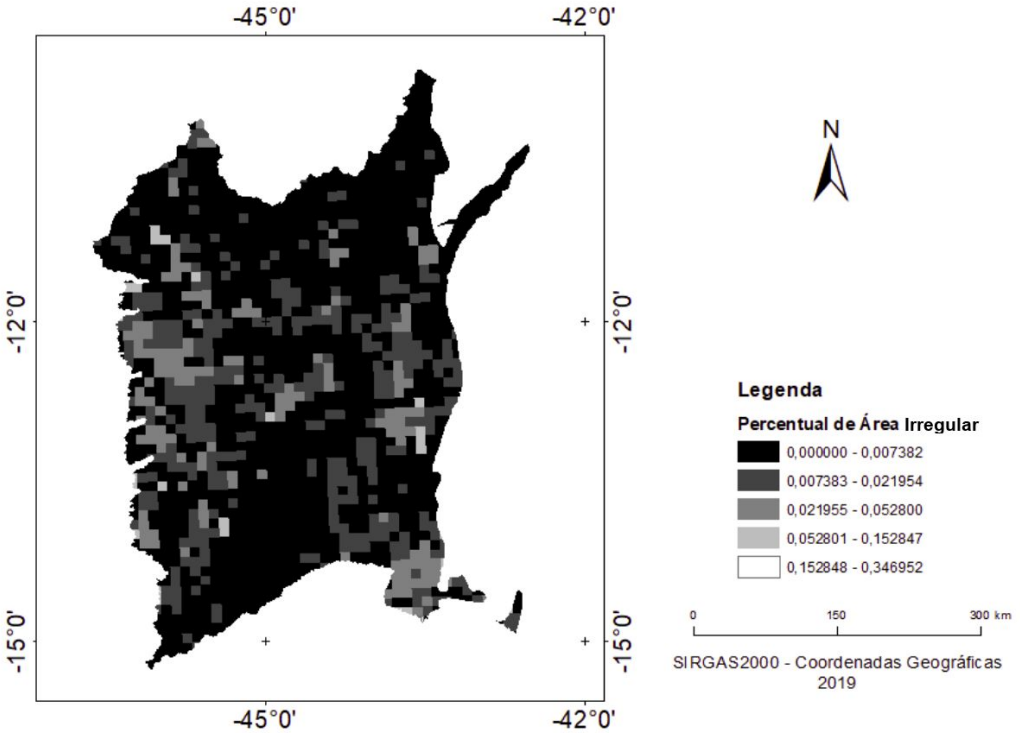


Figura 13 - Grid criado para os dados e fatiado de acordo com classes definidas para a porcentagem de Área Irregular.

Já para as propriedades, o grid criado pode ser visto na Figura 14.

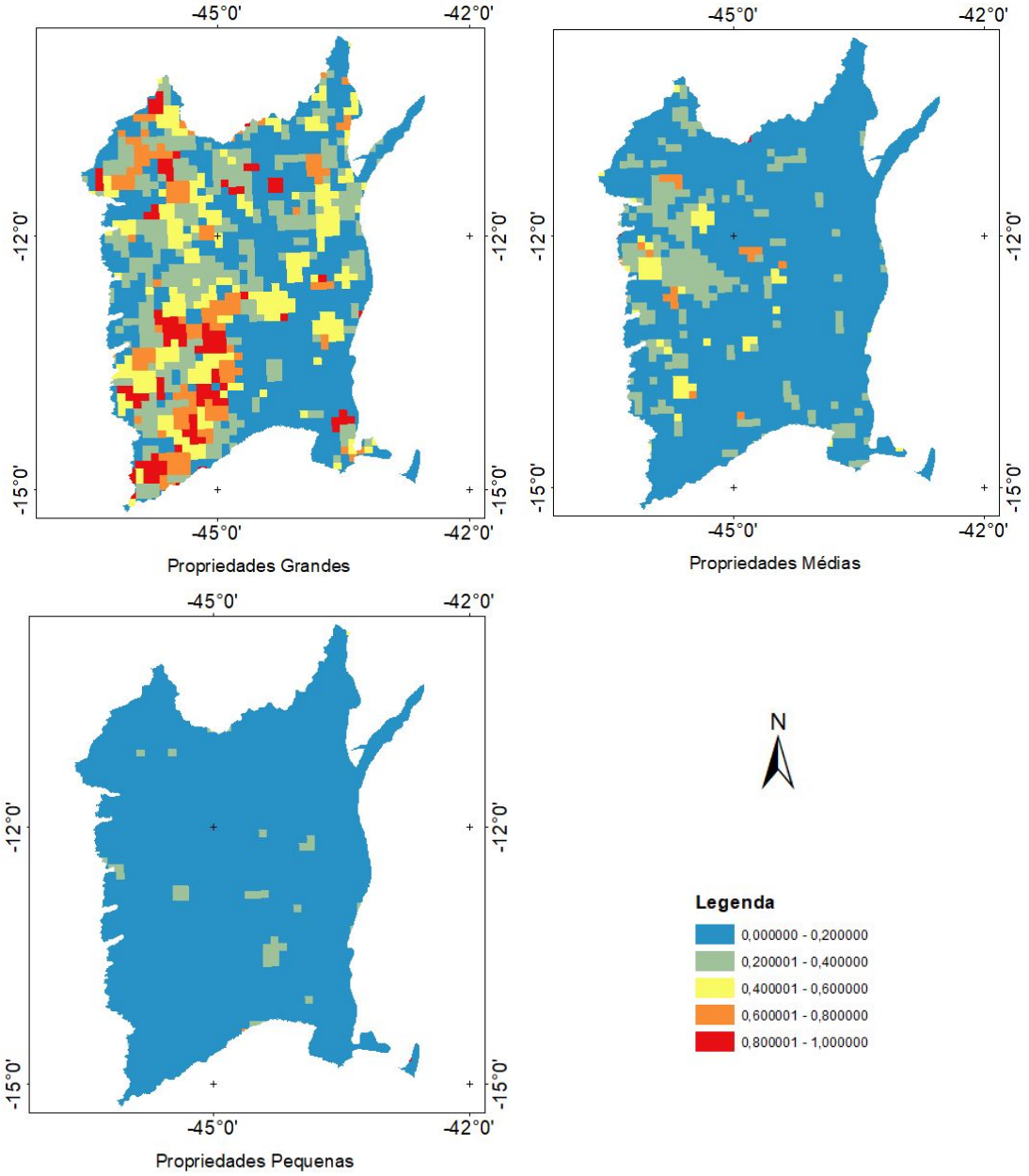


Figura 14 - Representação do grid criado de acordo com o percentual de propriedades grandes, médias e pequenas em cada célula. A legenda para os três mapas é a mesma.

4. Conclusões

Ao final deste trabalho, conclui-se que os dados indicam que propriedades classificadas como pequenas tendem a apresentar relativamente uma maior porcentagem de desmatamento da área de Reserva Legal, tendo as propriedades médias um valor intermediário e as grandes as menores porcentagens de desmatamento, apesar de apresentarem uma maior área. Isto pode ser explicado por diversos motivos, os quais exigem estudos específicos para a sua confirmação.

Quanto a análise temporal, conclui-se que, em todas as classes de propriedades, os dados indicam que o desmatamento dentro das áreas de Reserva Legal está diminuindo seu ritmo de incremento desde 2008. Acredita-se que diversos fatores

podem estar contribuindo para tal queda, e também para este caso, estudos específicos devem ser conduzidos para que estas influências sejam provadas.

Os *grids* gerados apresentam potencial de uso para o melhor entendimento das dinâmicas de desmatamento da região. Para trabalhos futuros, recomenda-se o uso dos *grids* em análises espaciais e também a obtenção de parâmetros quantitativos para a acurácia dos mesmos.

Referências Bibliográficas

BRASIL, **Lei 8.629 de 25 de fevereiro de 1993**. Dispõe sobre a regulamentação dos dispositivos constitucionais relativos a reforma agrária, previstos no capítulo III, título VII, da Constituição Federal. Diário Oficial da União, Brasília, 1993.

BRASIL, **Lei 12.651 de 25 de maio de 2012.** Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, 2012.

BRITO, A.; MORRISON, D.; FERRI, V. C.; SCOLASTRICI, A.; SESTINI, M. **Metodologia Da Detecção Do Desmatamento No Bioma Cerrado**. Disponível em: http://www.obt.inpe.br/cerrado/report_funcate_metodologia_mapeamento_bioma_cerrado.pdf. Acesso em: 08 Junho 2019.

IBAMA/CSR - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis/Centro de Sensoriamento Remoto. **Monitoramento do Bioma Cerrado 2009 -2010**. Relatório Técnico, 65 p., 2011.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística **Áreas dos Municípios - Sobre a publicação**. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/estrutura-territorial/15761-areas-dos-municipios.html?t=sobre. Acesso em: 09 Junho 2019.

INCRA - Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária **Tabela com módulo fiscal dos municípios**. Disponível em: http://www.incra.gov.br/tabela-modulo-fiscal. Acesso em: 09 Junho 2019.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais **Projeto Monitoramento Cerrado**. Disponível em: http://www.obt.inpe.br/cerrado/. Acesso em: 14 junho 2019.

MACHADO, R.B.; RAMOS NETO, M.B.; PEREIRA, P.G.P.; CALDAS, E.F.; GONÇALVES, D.A.; SANTOS, N.S.; TABOR, K.; STEININGER, M. **Estimativas de perda da área do Cerrado brasileiro.** Relatório técnico não publicado. Conservação Internacional, Brasília, DF, 2004.

MMA - Ministério do Meio Ambiente **Cadastro Ambiental Rural**. Disponível em: http://www.mma.gov.br/desenvolvimento-rural/cadastro-ambiental-rural.html. Acesso em: 15 junho 2019.

MUELLER, C. C.; MARTA JR., G. B. A agropecuária e o desenvolvimento socioeconômico recente do Cerrado. **Simpósio Nacional Cerrado & Simpósio Savanas Tropicais**, p. 1-41, 2008.

PASSOS , A. L. O.; ROCHA, S. S.; HADLICH, G. M. Evolução do uso do solo e agronegócio na região oeste do estado da Bahia. **Cadernos de Geociências**, n. 7, p. 31-39, 2010.

SALMONA, Y. B.; PAIVA, A. O.; MATRICARDI, A. Estimativas futuras de desmatamento e emissões de CO2 equivalente no Oeste baiano. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 68, n. 7, p.1385-1395, 2016.

SICAR - Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural **O que é o CAR?**. Disponível em: http://www.car.gov.br/#/sobre. Acesso em: 08 Junho 2019.

SANO, E.E.; PINHATI, F.S.C. Espaço rural do oeste baiano: identificação de áreas agrícolas sob sistema de plantio direto por meio de dados obtidos por câmera digital e satélite CBERS2 CCD. **Geografia**, v. 34, n. 1, p. 117-129, 2009.