

## MUDANÇA DE COBERTURA E USO DO SOLO NO LESTE ACREANO E SEUS IMPACTOS

Cleber Ibraim Salimon<sup>1</sup>, Eufran Ferreira do Amaral<sup>2</sup>, Liana Oighenstein Anderson<sup>3</sup>,  
Celso Henrique Leite Silva Junior<sup>4</sup> e Irving Foster Brown<sup>5,6</sup>

1. Universidade Estadual da Paraíba, João Pessoa, Paraíba, Brasil;
2. Embrapa-Acre, Rio Branco, Acre, Brasil;
3. Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais, Cemaden; Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovações, São José dos Campos, São Paulo, Brasil;
4. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, São Paulo, Brasil;
5. Woodwell Climate Research Center, Falmouth, Massachusetts, Estados Unidos;
6. Universidade Federal do Acre, Rio Branco, Acre, Brasil.

### RESUMO

O sudoeste da Amazônia era, até a metade do século 20, predominantemente coberto por uma floresta ombrófila dominada por bambus, com manchas de floresta ombrófila densa. Devido a diversos fatores sócio-econômicos e ondas de ocupação, a região foi sendo transformada e hoje somente 29% do leste acreano apresenta cobertura florestal nativa. Esta mudança de cobertura do solo tem implicações diretas em vários aspectos que vão desde a conservação da biodiversidade, utilização sustentável de recursos naturais e também na prestação de serviços ecossistêmicos, como precipitação e temperatura atmosférica. A fragmentação da paisagem chegou ao seu ponto atual, onde tem-se que metade da floresta remanescente encontra-se sob efeito de borda (a menos de 120 m da borda), e que somente 15% da paisagem é composto por áreas núcleo de floresta (há mais de 120 m de distância da borda). Esta mudança na cobertura traz mudanças drásticas no estoque e emissão de Carbono e conseqüentemente aumenta a concentração de gases de efeito estufa na atmosfera, intensificando as mudanças climáticas globais. A substituição de floresta por pastagens provocou uma emissão entre 13 e 19 G g C km<sup>-2</sup> mais 0,9 G g C km<sup>-2</sup> por degradação das bordas da floresta.

**Palavras-chave:** Desmatamento e fogo, Fragmentação florestal e Emissão de carbono.

### ABSTRACT

Southwestern Amazonia was, until mid 20th century, almost completely covered by ombrophilous open forest dominated by bamboo, interspersed with some patches of ombrophilous dense forest. Due to different socio-economic factors and waves of settlement incentives, the region has been steadily deforested and today the eastern part of Acre State has only 29% of its original forest cover. This land cover change has direct implications in many aspects, from biodiversity conservation, sustainable management of natural resources

and also ecosystem services, such as precipitation and atmospheric temperature. Landscape fragmentation arrived at its actual state, where 50% of remnant forest is less than 120m from the forest edge and only 15% of the landscape is covered by core patches of forest (more than 120 m away from edge). Such land cover change also brings drastic changes in Carbon stocks and emissions, consequently rising greenhouse gases concentrations in the atmosphere, intensifying global climate change. The substitution of forests into agriculture in the area studied caused a gross emission of 13 to 19 G g C km<sup>-2</sup> plus 0.9 G g C km<sup>-2</sup> due to forest edge degradation.

**Keywords:** Deforestation and fire, Forest fragmentation and Carbon emission

## 1. INTRODUÇÃO

Ao chegarmos na Fazenda Experimental Catuaba (FEC), nos deparamos com um alojamento, plantação de milho, um açude, um pasto e aí então finalmente chegamos a uma estradinha estreita, ladeada por uma floresta amazônica exuberante. Este é um retrato fiel da cobertura e uso do solo no leste Acreano hoje, e também em boa parte sul e sudoeste da Amazônia brasileira, onde uma malha fluvial que drena de Oeste para Leste e um período de estiagem longo o bastante para tráfegarem caminhões e máquinas por terra, permitem a exploração madeireira intensa e também expansão agropecuária.

Mas não foi sempre assim, toda e qualquer paisagem muda ao longo do tempo, é só uma questão de escala. Esta região, como veremos um pouco mais detalhadamente neste capítulo, era até a metade do século 20, quase que totalmente coberta por floresta ombrófila aberta, dominada por bambu (para maiores detalhes sobre a classificação das tipologias vegetais, ver IBGE 2012). Mas antes de ser floresta, também foi outro tipo de vegetação, e existe até um debate sobre a extensão de um grande ambiente marinho raso chamado de Lago Pebas, há cerca de 10-20 milhões de anos atrás durante o processo de estabelecimento dos Andes e da formação da Bacia Amazônica (WESSELINGH; SALO, 2006; AMARAL, 2007; JARAMILLO et al., 2017).

Registros fósseis da região do sudoeste da Amazônia incluem jacarés gigantes, como o *Purussaurus brasiliensis* (AURELIANO et al., 2015), cujo crânio pode ser visto no museu de paleontologia da UFAC. Já depois do soerguimento dos Andes e o fim dos ambientes lacustre/marinhos do Mioceno, houve um período mais seco que o atual no Pleistoceno (2 milhões de anos atrás até 10 mil anos atrás) em um ambiente mais aberto do que as florestas atuais (ROSSETTI et al., 2017; ROSSETTI et al., 2018). Dentes fósseis de alguns animais podem ser encontrados no museu de paleontologia da Universidade Federal do Acre, onde

pode ser visitado e constatado que são típicos dentes de animais que se alimentavam de gramíneas em ambientes abertos (RANZI, 2000).

No final do Pleistoceno e início do Holoceno (~10 mil anos atrás) houve a chegada dos humanos nas Américas, inclusive na Amazônia (SHOCK; MORAES, 2019). A presença pretérita de humanos no Acre está registrada em geoglifos (WATLING et al., 2017 - e abordado no capítulo 6 deste livro). Mas estes povos não mudaram drasticamente a paisagem, nem com a chegada dos Europeus e o início da colonização destas terras dos século 16 até meados do século 19.

Pouco mudou durante este período, até que no final do século 19, com o início dos ciclos de exploração da borracha, houve um aumento populacional humano na região, iniciando lentamente o processo de conversão de floresta nativa em pastagens e algum tipo de lavoura. Já na década de 70 do século 20, com o estímulo desenvolvimentista dos governos da época, este processo de desmatamento se acentuou, até chegarmos na atual situação, onde esta região possui hoje somente em torno de 30% de sua vegetação nativa (como veremos a seguir).

De forma geral, a variação ao longo do tempo nos índices de desmatamento na Amazônia é fruto da dinâmica produtiva, realizada com alto custo social e ambiental que passou a se intensificar, sobretudo, a partir do final da década de 1960 (BROWDER, 1988).

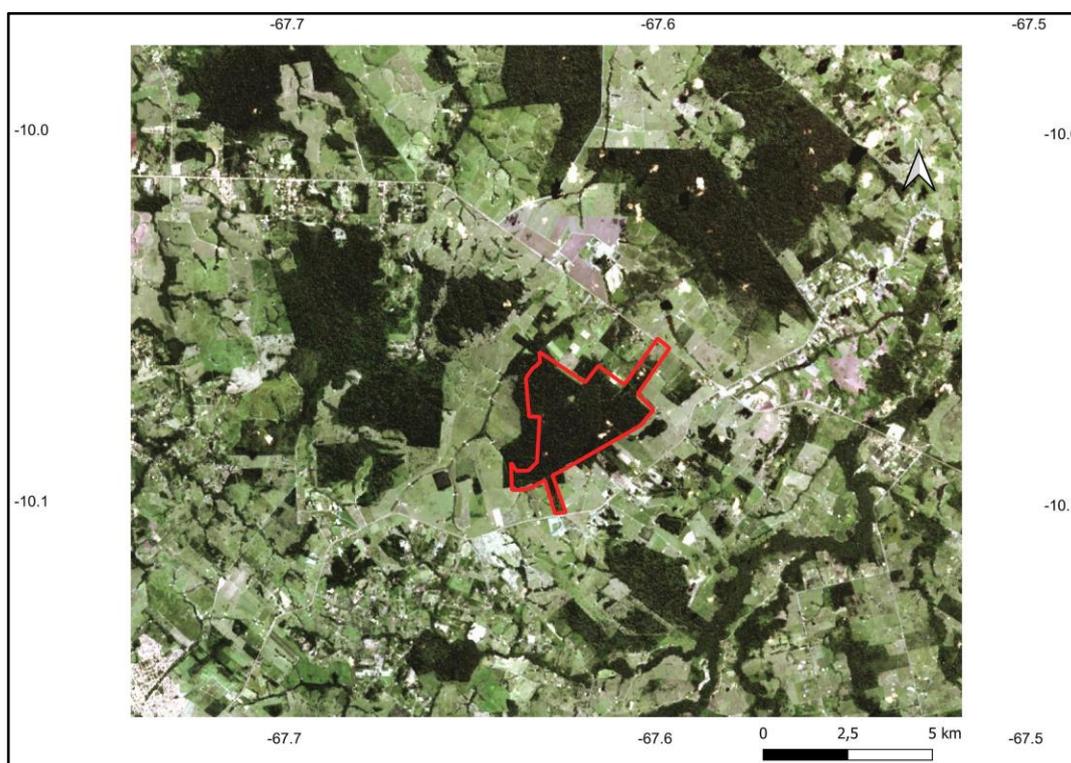
No Acre, os assentamentos agrícolas ocupam cerca de 1,5 milhão de hectares e concentram-se na região leste do estado. Os assentamentos e a pecuária extensiva são as principais formas de ocupação da terra, responsáveis pela maior parte do desmatamento do Estado (ACRE, 2000).

Entre 2006 e 2018, a população do Acre aumentou 27%, passando de 686.652 para 869.265 habitantes (IBGE, 2019) e o desmatamento cresceu 30%, passando de 18.612km<sup>2</sup> para 24.200 km<sup>2</sup> (UCEGEO, 2020).

Neste capítulo vamos tratar da evolução da cobertura e uso do solo no leste acreano na região de inserção da Fazenda Experimental do Catuaba (Figura 1), situada no município de Senador Guimard - o período estudado foi entre os anos 1985 até o presente. Nossa abordagem se dará sob dois objetivos específicos que seguem.

O primeiro objetivo trata especificamente da evolução do desmatamento no interior da Fazenda Experimental Catuaba em si, que é a área sob concessão da Universidade Federal do Acre.

O segundo objetivo trata do entorno da FEC, tendo a mesma no centro de um recorte de imagem (26.6 x 19.8 km; coordenadas W -67,74; S -9,98 / W -67,52; S -10,16) das séries do satélite Landsat, abrangendo uma área total de 527 km<sup>2</sup> (Figura 1), onde discutimos a tendência do desmatamento no Leste Acreano, a ocorrência de incêndios associados ao desmatamento e também um panorama da fragmentação da paisagem e seus prováveis efeitos na conservação da biodiversidade e nos serviços ecossistêmicos prestados pela vegetação nativa.



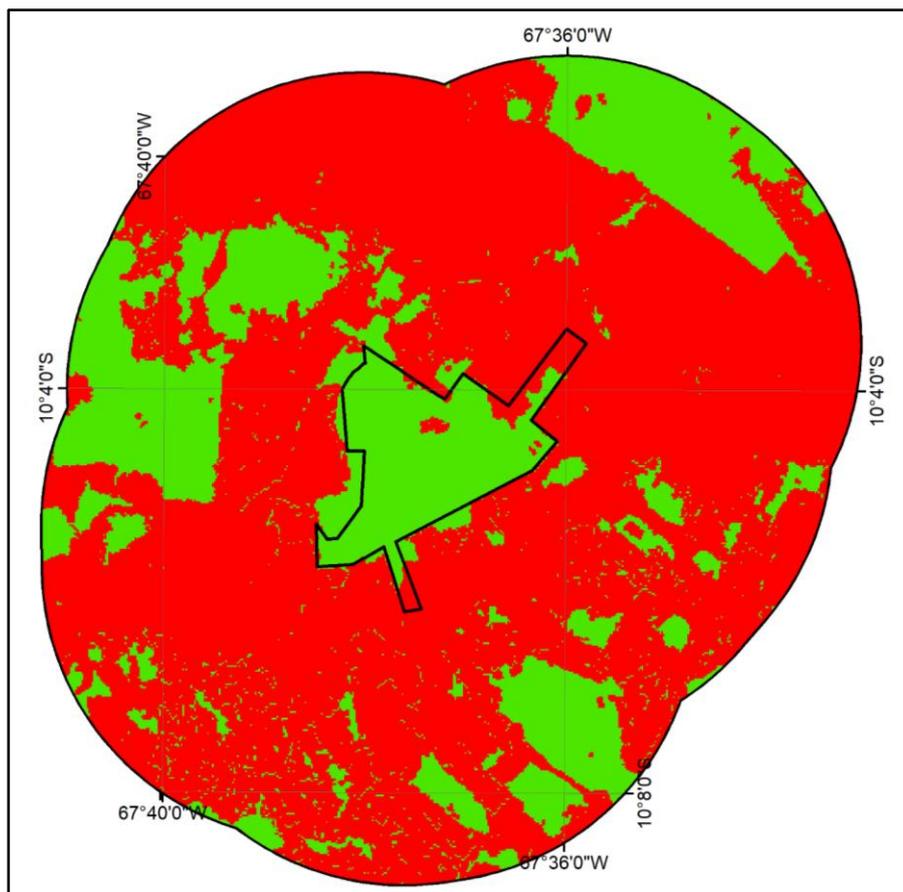
**Figura 1.** Recorte da Imagem de Satélite Landsat 8 (bandas 3,4,5 RGB) do dia 26/06/2020, tendo como área central o fragmento florestal onde encontra-se a Fazenda Experimental Catuaba (polígono vermelho\*), da Universidade Federal do Acre.

\*Este recorte é o mesmo utilizado para todas as análises espaciais e temporais do objetivo 2 deste capítulo e as coordenadas são exatamente as mesmas, porém só apresentamos as coordenadas nesta figura. O fragmento central com o polígono é a referência para todas as figuras subsequentes.

## 2. DESMATAMENTO DENTRO DA FAZENDA EXPERIMENTAL CATUABA (RAIO DE 5 KM)

Tomando como referência o fragmento da FEC, o mesmo encontra-se isolado e desconectado (Figura 2) com um grande fragmento a oeste que é parte do Campo

Experimental da Embrapa Acre e a nordeste um fragmento que faz parte de uma grande fazenda. O uso para pesquisa da área permitiu a manutenção da sua integridade, porém o uso no entorno causou o isolamento do fragmento. O que condiciona a necessidade de um esforço de recomposição integrado com os planos de recuperação ambiental das propriedades de forma a avançar com a criação de um efetivo corredor conectando os fragmentos remanescentes.

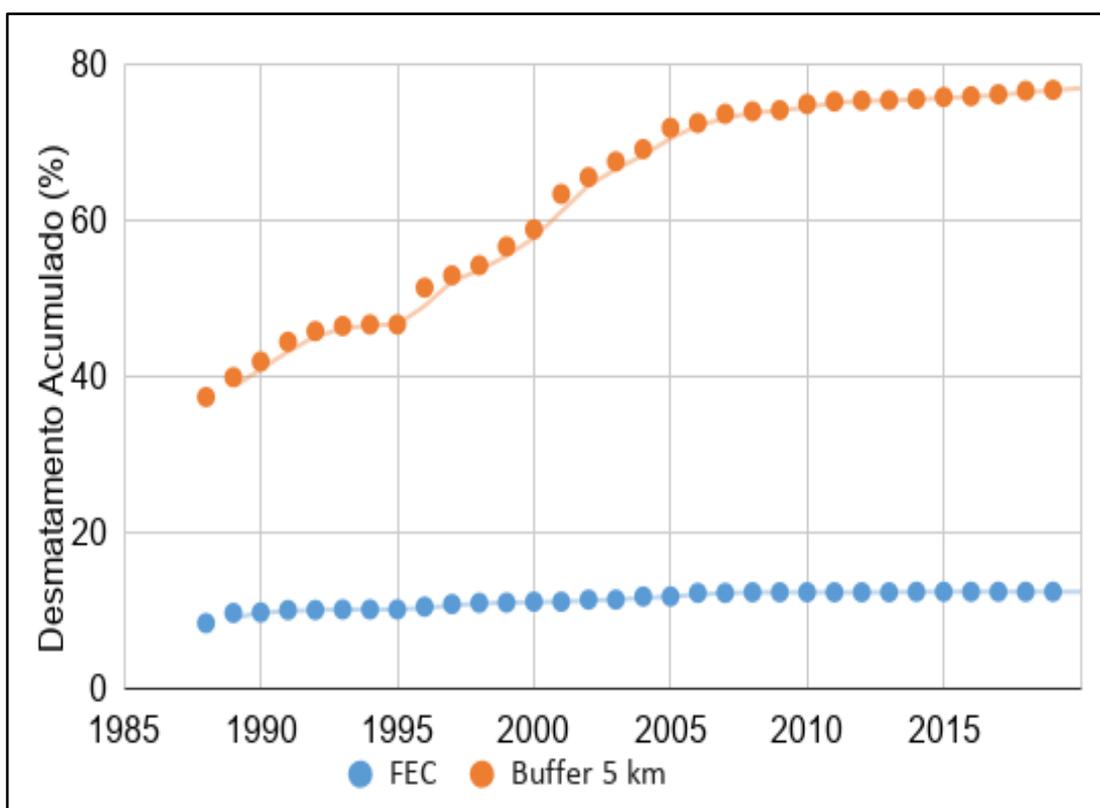


**Figura 2.** Desmatamento e floresta na Fazenda Experimental Catuaba e na vizinhança imediata de 5 km, no ano de 2019.

Fonte: UCEGEO.

Na vizinhança imediata da FEC há um mosaico de pequenas, médias e grandes propriedades, proporcionando uma dinâmica de desmatamento peculiar para esta região com uma intensificação da taxa de desmatamento a partir de década de 80 e atinge o pico no ano de 2005 (Figura 3), ano da maior seca na região nas últimas décadas que demandou estratégias diferenciadas sobre o desmatamento e queimadas na Amazônia. Em 2005, o fragmento e vizinhança imediata da FEC já contabilizava 72% de desmatamento e, atinge em 2019, 76,8 % de desmatamento.

Especificamente dentro da propriedade da FEC (polígono vermelho da Figura 1), em 1988, a FEC apresentava um desmatamento de 8,51% que correspondia a áreas de infraestrutura e de histórico anterior. Na vizinhança imediata do Catuaba a taxa de desmatamento era de 37,5%, 4,4 vezes superior ao desmatamento observado na FEC. Nos anos seguintes a taxa de desmatamento (Figura 3) é muito baixa e atinge em 2019, 12,5% de área convertida e na vizinhança imediata a taxa de desmatamento é 6,1 vezes maior, demonstrando a efetividade da FEC na manutenção do fragmento florestal associado e os serviços ecossistêmicos da área.



**Figura 3.** Evolução da área desmatada na Fazenda Experimental Catuaba e na vizinhança imediata (raio de 5 km), entre os anos 1988 e 2019.

Fonte: UCEGEO

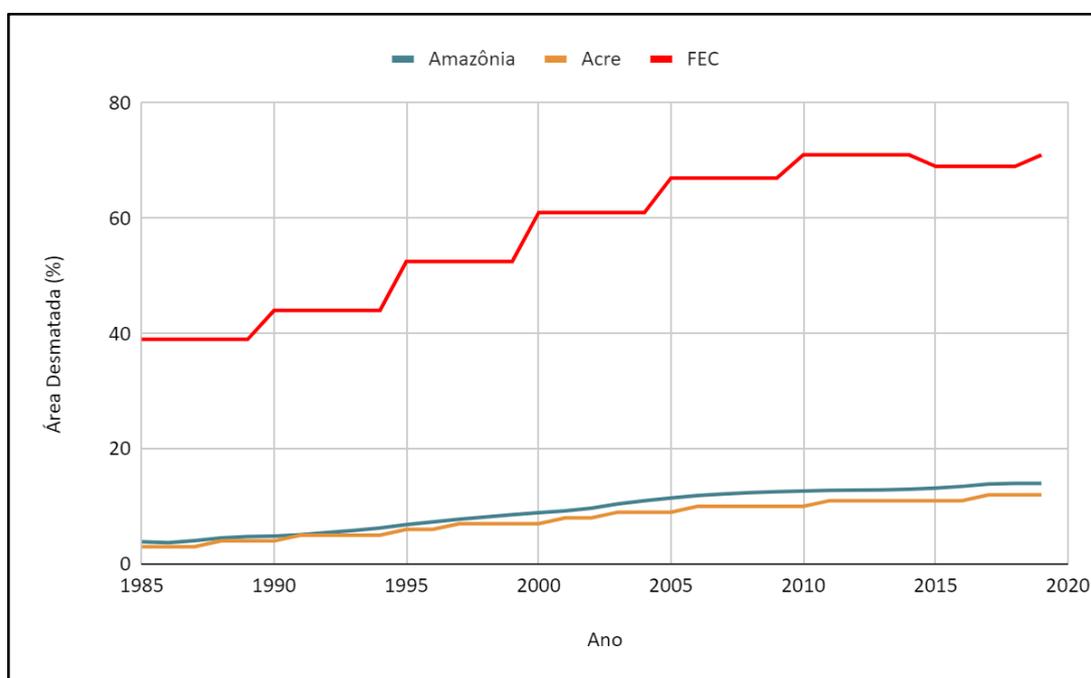
### 3. DESMATAMENTO NO ENTORNO DA FAZENDA EXPERIMENTAL CATUABA (RAIO DE 13 KM)

Nesta análise numa área maior, procuramos tirar a influência ou peso de uma área intencionalmente mantida como floresta para fins conservacionais e de pesquisa (a Fazenda

Experimental Catuaba) para vermos os padrões temporais de cobertura do solo do leste Acreano. Para isto, analisamos uma área de 527 km<sup>2</sup> que tem em seu centro a FEC (Figura 1).

Durante o período analisado de 34 anos (Tabela 1), vemos uma transformação de cobertura do solo com uma tendência clara de desmatamento da vegetação nativa, que é a Floresta Ombrófila Aberta Dominada por Bambu. Esta floresta desmatada é principalmente substituída por pastagem para criação de gado, algumas áreas de plantação de cana e com o aumento da população de Rio Branco, algumas áreas são desmatadas para expansão urbana.

Nota-se uma evidente diferença no desmatamento dependendo da escala que consideramos. Na escala estadual (Acre) e regional (Amazônia Legal), temos valores similares em termos percentuais, onde os valores atuais (2018, fonte: MAPBIOMAS.ORG) de área desmatada estão entre 14% (Amazônia Legal) e 12% (Acre). O Acre apresenta uma menor taxa que a Amazônia Legal, uma tendência de estabilização de acordo com as políticas estaduais. Já na escala local (entorno da Fazenda Experimental Catuaba) é atualmente 71% de área desmatada (Figura 4).



**Figura 4.** Área total desmatada em escala local (entorno da Floresta Experimental Catuaba-FEC), estadual (Acre) e regional (Amazônia).

Fonte: Projeto MapBiomias (2020).

Qual a causa de tamanha diferença na taxa de desmatamento acumulada entre as diferentes escalas de medida? A principal resposta é que a região de inserção da Fazenda Experimental Catuaba é o início do arco do desmatamento do Estado do Acre: o encontro das rodovias federais BR 364 e BR 317 - onde se encontra um adensamento de assentamentos e o maior sendo o Projeto de Assentamento Dirigido Pedro Peixoto, fruto da política desenvolvimentista para a Amazônia do Governo Federal nas décadas de 70 e 80. Além disto, temos a proximidade da FEC da cidade de Rio Branco e portanto esta região tem um histórico mais longo de desmatamento do que a maior parte do território amazônico. Outro fator determinante é que o leste Acreano apresenta maiores taxas de desmatamento por situar-se na borda sul, mais seca e mais acessível da Amazônia durante boa parte do ano, assim como os Estados de Rondônia, Mato Grosso e o sul do Amazonas.

Quando observamos a tendência de desmatamento no entorno da FEC, percebemos que houve um aumento constante da área total desmatada até 2002 (Figura 3). A partir de 2003, houve uma diminuição na taxa de desmatamento e se manteve próxima de zero até 2019. Porém, o resultado final, até o presente, desta cronosequência do desmatamento é patente ao observarmos a diferença marcante entre 1985 e em 2019 (Figura 5).

O percentual atual desmatado no entorno da FEC, de 71%, é um valor muito alto e embora seja um valor para a paisagem e não para uma única propriedade, deve-se observar que na Amazônia Legal deve-se por lei manter 80% de Reserva Legal (floresta nativa madura), podendo-se reduzir para 50% em caso de Município e Estado apresentarem mais de 50% de suas áreas formal e legalmente enquadradas como áreas públicas de unidades de conservação e/ou terras indígenas (BRASIL, Código Florestal 12.651/2012). E, para o caso do Acre, por ter aprovado o seu Zoneamento Ecológico-Econômico, nas área da Zona 1 (que é o caso da área de estudo) há uma redução da reserva legal, para fins de recomposição para 50%. De qualquer forma, este entorno da FEC apresenta somente 29% de Floresta Nativa Madura, valor que se situa entre 21 e 51% abaixo do que a legislação obriga a ser cumprido.

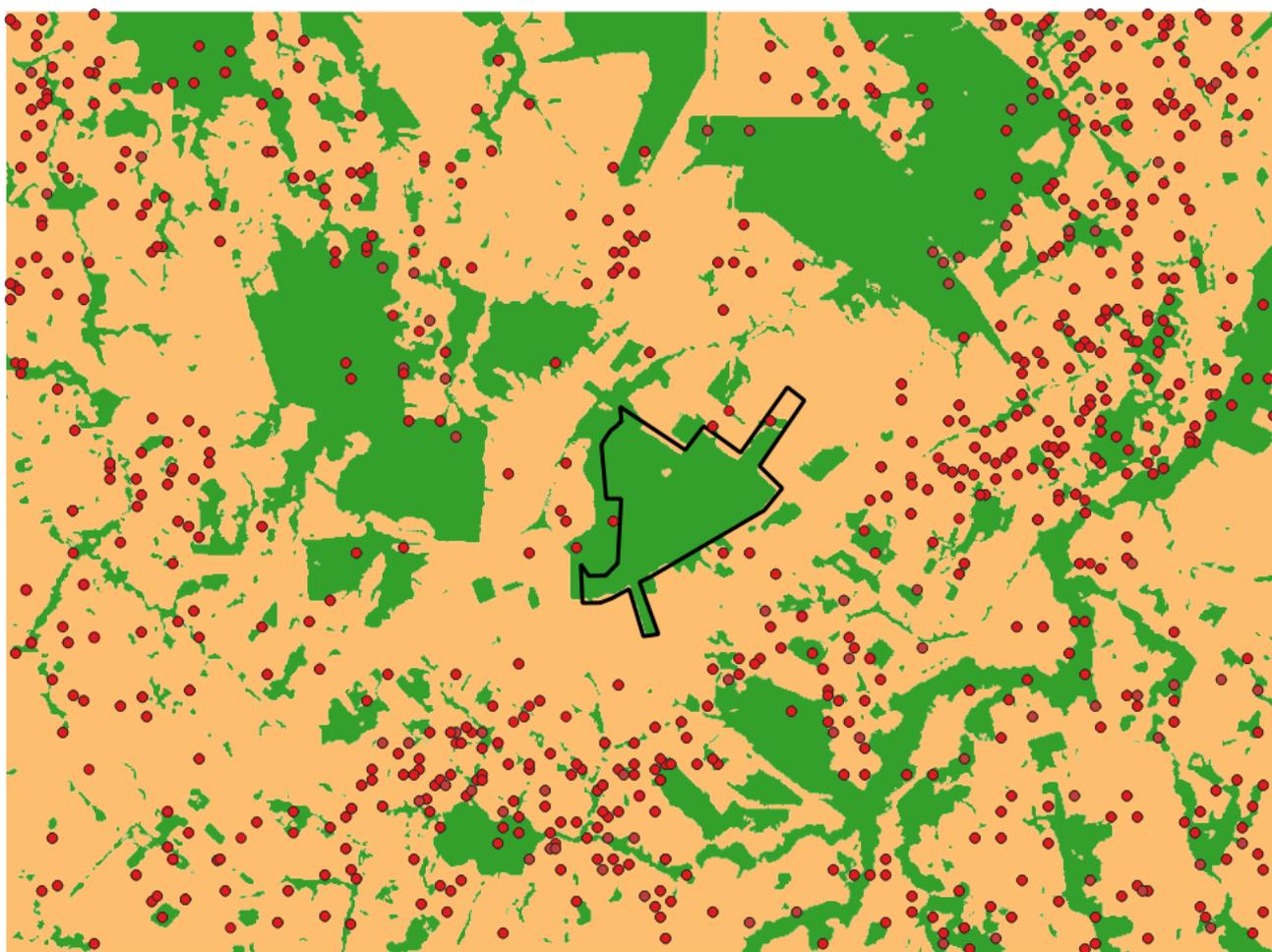


**Figura 5.** Cobertura do solo, onde Floresta (verde escuro) e área desmatada (amarelo mostarda) na Fazenda Experimental Catuaba, em 1985 (A) e 2019 (B).  
 Fonte: Projeto MapBiomias (2020).

#### 4. FOGO

O fogo é uma ameaça presente na região da Fazenda Experimental Catuaba, assim como em toda a região amazônica. Entre os anos de 2003 e 2019, foram identificados 715 focos de fogo detectados pelo sensor MODIS, a bordo do satélite Aqua, e filtrados com nível

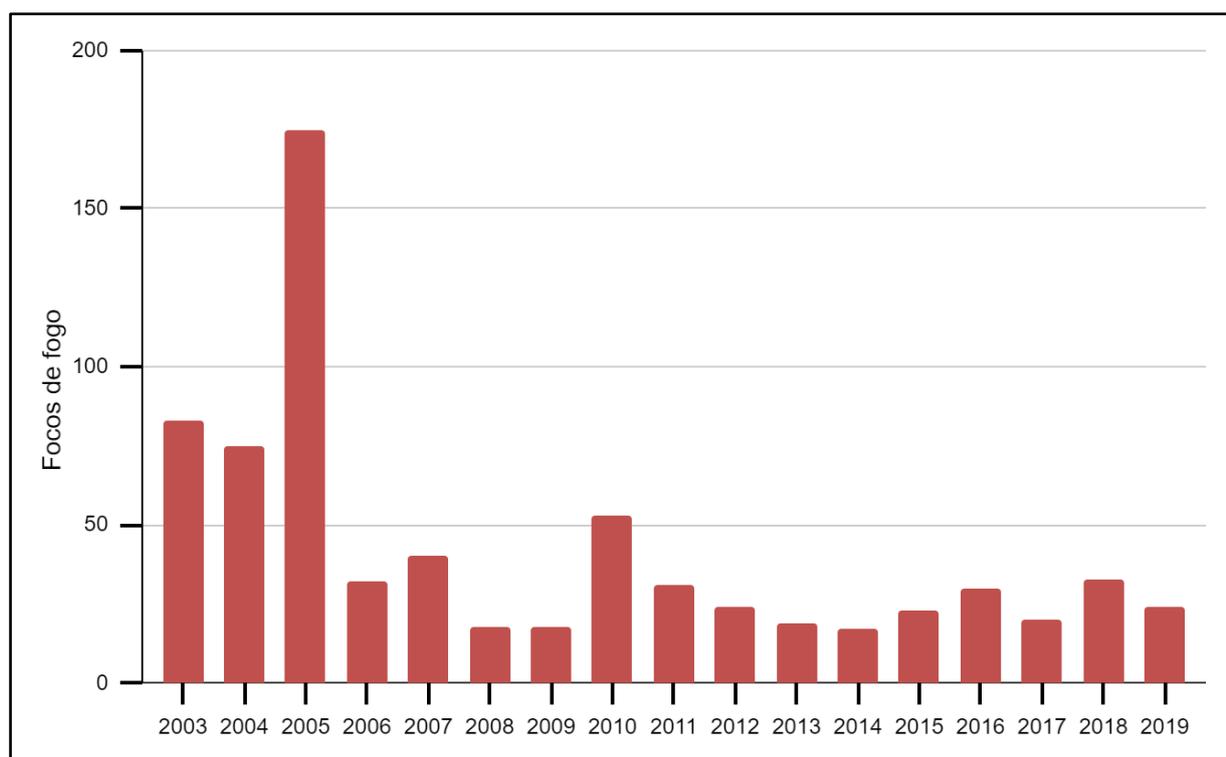
de confiança acima de 30%, recobrando a área que abrange este capítulo (Figura 6). Os focos de fogo detectados por satélites, representam a detecção de fogo ativo no momento da passagem do satélite. Assim, podemos pensar que estes números são subestimados, posto que tanto os focos de fogo que iniciaram-se e extinguiram-se antes ou entre as passagens deste satélite, assim como o fogo que ocorreu em dias com cobertura de nuvens não foram detectados. Um segundo ponto a ser destacado é que os focos de fogo aqui apresentados não diferenciam os três principais tipos de fogo que ocorrem na Amazônia: (1) fogo associado ao processo de desmatamento, (2) fogo associado ao processo de manejo da terra e (3) os incêndios florestais.



**Figura 6.** Classificação da Cobertura do solo (Verde: Floresta; Amarelo Mostarda: Não-Floresta) no entorno da Fazenda Experimental Catuaba (fonte: Projeto MapBiomas, 2020), com a sobreposição dos focos de fogo (pontos vermelhos) com confiabilidade acima de 30%, detectados pelo satélite Aqua, sensor MODIS, para o período de 2003 a 2020. Em destaque no centro, o fragmento da Fazenda Experimental Catuaba onde pode-se observar 3 focos de calor/fogo.

No entanto, ao observar a ocorrência de focos de fogo em áreas florestais, pode-se assumir que o referido foco pode ser classificado como incêndio florestal. Adiciona-se aqui ainda o fato que os focos de fogo em sub-bosque muitas vezes não são detectados pelos sensores a bordo de satélites posto que o mesmo detecta uma anomalia termal (emissividade do fogo) e esta pode não ser forte o suficiente para superar a barreira que o dossel florestal impõe a esta detecção. Assim, baseando-se somente nas informações de focos de fogo a partir de imagens de satélite, identificamos focos de incêndios no fragmento florestal que a fazenda experimental faz parte somente em 2003 (Figura 6).

Os três primeiros anos da série temporal explorada aqui, entre 2003 e 2019, representam aproximadamente 47% do total (715) dos focos de fogo. Os anos de secas extremas na Amazônia, 2005, 2010 e 2015/16 são anos em que observam-se picos de ocorrência de fogo em relação aos anos que os precedem e o sucedem. O ano de 2018 destaca-se posto que houve um regime de chuvas dentro da média e observa-se o valor de detecções de focos mais altos desde 2010 (Figura 7).



**Figura 7.** Distribuição anual do total de focos de fogo, no entorno da Fazenda Experimental Catuaba, com confiabilidade acima de 30%, detectados pelo satélite Aqua, sensor MODIS, para o período de 2003 a 2019.

As queimadas e incêndios florestais trazem grandes prejuízos sociais, econômicos e ambientais. Uma avaliação sobre a perda econômica devido ao fogo, contabilizou que somente no Estado do Acre, são cerca de 16 milhões de dólares perdidos anualmente devido a estes eventos, sendo que em anos de secas extremas esse valor pode ser até 15 vezes mais alto (CAMPANHARO et al., 2019). Focando-se especificamente nos impactos do fogo nas florestas, um estudo recente revelou que mesmo 32 anos após a ocorrência do fogo, a floresta não volta ao seu estoque de carbono inicial (SILVA et al., 2018). Estas florestas afetadas pelo fogo acumulam cerca de 25% menos carbono que as florestas pristinas, devido principalmente ao aumento de mortalidade, que não é compensado pelo crescimento das árvores remanescentes e de novas árvores. Em especial, notou-se um aumento de 680% em mortalidade de árvores grandes (com diâmetro basal do caule superior a 40 cm) nas áreas de florestas afetadas pelo fogo em relação às florestas não afetadas, e também um aumento de mortalidade de 315% em árvores com maiores densidades de madeira, maior que  $0.3 \text{ g cm}^{-3}$ . Isso significa que esta alteração nos estoques de carbono estão associadas também a alterações na estrutura e diversidade nas florestas que já foram afetadas pelo fogo, levando-as a permanecer em um estado alternativo de estrutura florestal praticamente permanente.

## **5. FRAGMENTAÇÃO FLORESTAL, EFEITO DE BORDA E PERDA DE CARBONO POR DEGRADAÇÃO**

A total remoção da cobertura de floresta provoca a fragmentação florestal, aumentando as áreas de bordas de floresta em contato com algum outro tipo de uso da terra. Este processo altera o microclima do interior da floresta, devido a entrada de ventos, aumento de temperatura e diminuição da umidade do ar e do solo local. Este processo leva a mortalidade de árvores, aumento de queda de folhas e troncos, constituindo um aumento de material combustível no local. Devido a prática de queima nas áreas de uso no entorno dos fragmentos florestais, o fogo, ao encontrar uma condição favorável para sua propagação entra na floresta potencializando ainda mais a mortalidade de árvores. Um estudo recente contabilizou que a perda de carbono estocado em bordas de florestas na Amazônia corresponde a 37% do carbono perdido pelo processo de desmatamento, provendo assim uma mensuração do impacto deste processo (SILVA JÚNIOR et al., 2020).

Para detectarmos e analisarmos esta fragmentação e a extensão espacial deste efeito de borda, consideramos um comprimento equivalente a 4 pixels da imagem do Landsat, equivalente a aproximadamente 120 m lineares de borda. Com a utilização de programas de Sistemas de Informação Geográfica e de Geoprocessamento, calculamos estes valores e quantificamos o número de fragmentos florestais existentes na área para os anos de 2019 (Tabela 1, Figuras 8 e 9).

Da área total (527 km<sup>2</sup>) do recorte que utilizamos para análise do desmatamento, lembremos que em 2019, 71% já estava desmatada e com algum outro tipo de cobertura do solo, enquanto que em 1985, somente 19% era desmatado (Figura 5 para comparação visual entre estes anos). Ao realizarmos a análise de algumas métricas (medições de atributos) da paisagem para os anos de 1985 e 2019 (início e fim da série temporal observada no presente capítulo), observamos alguns aspectos (Tabela 1), que têm impacto direto na conservação da biodiversidade original das florestas da região, como também nos serviços ecossistêmicos prestados por estas florestas.

A primeira medida que nos dá uma dimensão do impacto da fragmentação é o perímetro total de bordas (soma da superfície linear de borda de todas os fragmentos florestais) em 1985 e 2019. Em 1985, o perímetro total de bordas foi de 433 km, enquanto em 2019 este foi de 961 km (2.2 vezes mais contato com a matriz desmatada do entorno, além do fato da quantidade total de floresta remanescente ser muito menor). Este aumento da superfície de contato tem um impacto direto na variação de umidade e temperatura do ar, que por sua vez aumentam a flamabilidade da borda, gerando maiores probabilidades de incêndio florestal. Esta mudança de valores nos fatores ambientais (seja temperatura do ar, umidade do ar, qualidade e quantidade de luz, entre outros) acabam também influenciando nos padrões de distribuição espacial de várias espécies de plantas e animais.

Para fins de análise do grau de conservação, dividimos cada fragmento em “área núcleo” e “área de borda”. A “área núcleo” é a área de floresta que está fora do efeito de borda. Portanto para fins deste capítulo, é a parte da floresta que está mais de 120 m distante da borda do fragmento. Alguns fragmentos, por serem pequenos, não apresentam área núcleo, ou seja, todo o fragmento está sob o efeito de borda. Já “área de borda” é a parte florestal que situa-se a menos de 120 m da borda do fragmento.

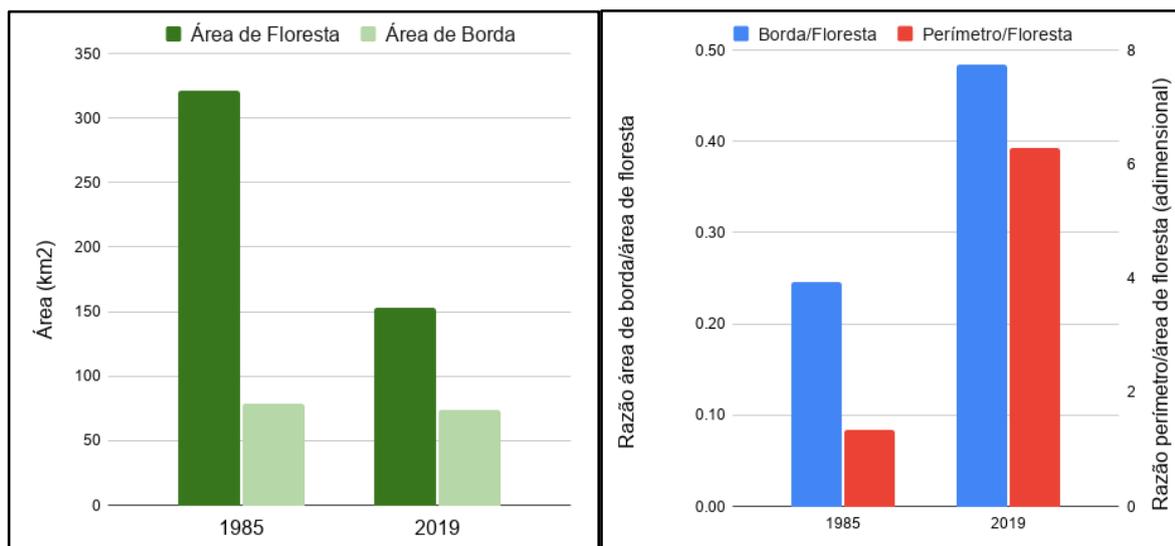
**Tabela 1.** Dados comparativos de algumas métricas da paisagem, para os anos 1985 e 2019 (início e final da série temporal abordada no presente capítulo) na Fazenda Experimental Catuaba, Senador Guimard, Acre.

Atributo	1985	2019
Área Convertida (km <sup>2</sup> )	153 (39%)	374 (71%)
Área de Floresta (km <sup>2</sup> )	321 (61%)	153 (29%)
Área de Borda* (km <sup>2</sup> )	79 (15%)	74 (14%)
Razão Borda/Floresta	0.24	0.48
Perímetro de Borda	433	961
Razão Perímetro/Floresta	1.35	6.28
Número de Fragmentos	245	555
Perda de Carbono Total (Tg)**	-----	mín 7 / máx 10
Perda de Carbono por Degradação (Tg)***	-----	mín 0.4 / máx 0.5

\*Área de floresta sob o efeito de borda de cerca de 120 m comprimento (4 pixels de uma imagem raster dos Sensores Landsat). \*\*Perda total refere-se ao total de C emitido para atmosfera devido ao desmatamento acumulado nos 527 km<sup>2</sup> até o ano de 2019. \*\*\*Perda de C por degradação na área de borda dos fragmentos, referente a área de borda para o ano de 2019.

Quanto a área de borda (Tabela 1), observamos que a área absoluta de floresta sob o efeito de borda se manteve praticamente a mesma (79 km<sup>2</sup> em 1985 e 74 km<sup>2</sup> em 2019). Porém, isto não significa que o efeito de borda permaneceu o mesmo, pois em 1985 isto representava  $\frac{1}{4}$  somente do total de floresta na paisagem, mas em 2019, isto representa  $\frac{1}{2}$  do total de floresta remanescente. Portanto, a proporção de área sob o efeito de borda duplicou (Figura 8 à esquerda). A mesma tendência é observada para a razão entre o perímetro total de borda e a área total de floresta, mas neste caso, a razão mais que quadruplicou (Figura 8 à direita).

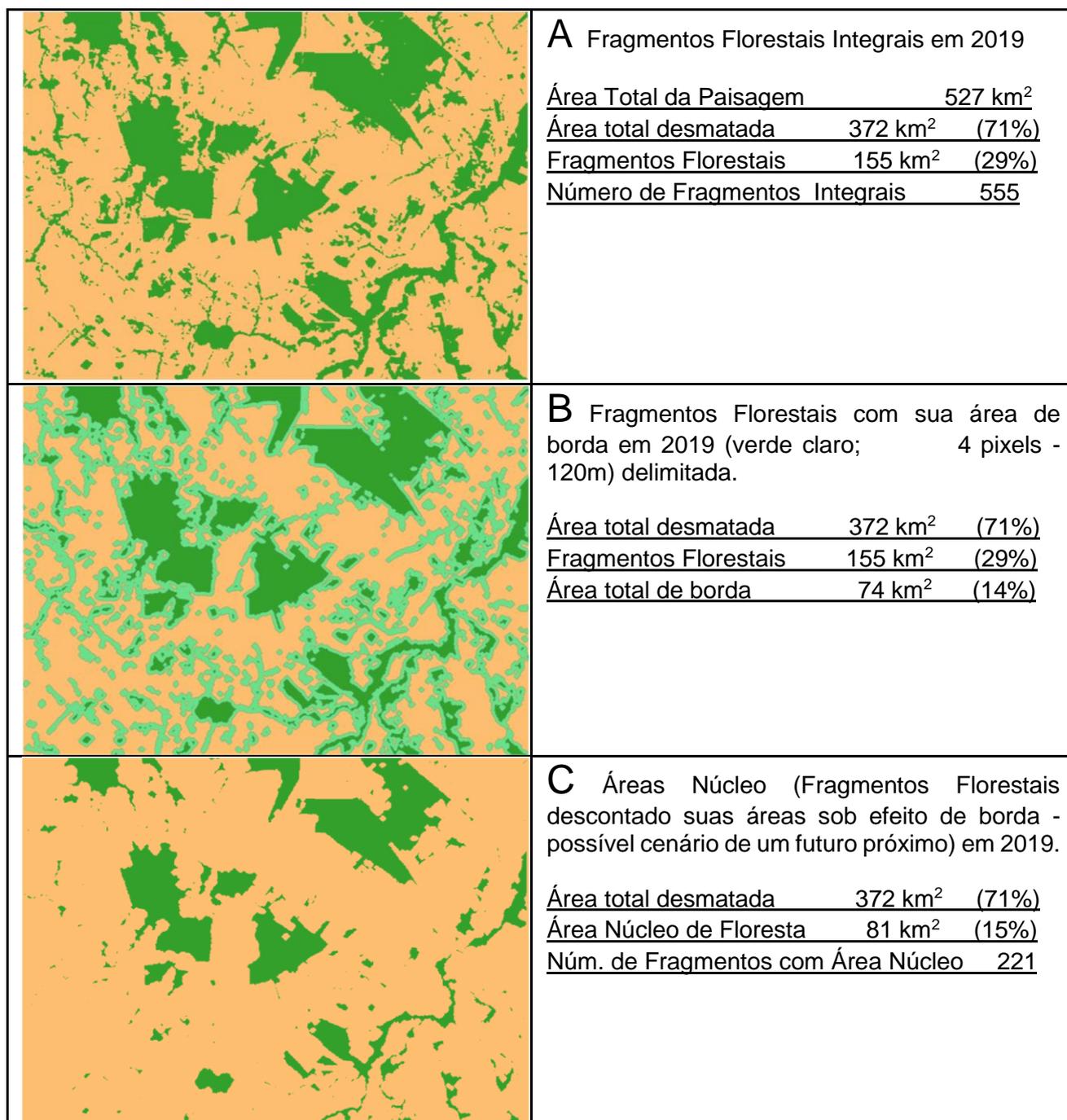
Quanto à fragmentação da paisagem, como era esperado, houve um aumento no número total de fragmentos florestais ao longo do tempo (245 em 1985 e 555 em 2019); devido ao aumento do número de áreas desmatadas e aumento do número de estradas e ramais. Embora não abordamos detalhadamente os valores de todas as métricas da paisagem, pode-se deduzir com os resultados aqui apresentados, que se a área total de florestas diminuiu de 321 km<sup>2</sup> (1985) para 153 km<sup>2</sup> (2019) e o número de fragmentos mais que dobrou, o tamanho médio de cada fragmento diminuiu (fato observado na Figura 5 A e B).



**Figura 8.** Esquerda: Área de floresta e área de borda para os anos de 1985 e 2019 (note que embora a área de borda tenha permanecido quase a mesma, a área total de floresta caiu para menos da metade). Direita: razão entre área de borda/área de floresta (azul) e razão entre perímetro total/área de floresta (vermelho), para os anos de 1985 e 2019 (note que a razão borda/floresta duplicou e a razão perímetro/área quadruplicou), na Fazenda Experimental Catuaba, Senador Guimard.

Quando retiramos digitalmente a área referente a borda florestal (Figura 9 A e B) podemos observar em 2019 que a distância entre os fragmentos que possuem área núcleo efetiva aumenta consideravelmente (Figura 9 C).

Um tema não explorado neste capítulo é a influência da presença e dominância do bambu *Guadua weberbaueri* Pilger nas bordas de florestas, e seus possíveis impactos tanto na biomassa aérea quanto na profundidade real de área sob efeito de borda em uma floresta. Tal assunto será abordado no capítulo 6. O que sabemos nos estudos realizados no próprio fragmento da FEC (MEDEIROS et al., 2013; CASTRO et al., 2013), há indícios de que manchas de bambu tem um papel similar ao efeito de borda para determinados atributos da estrutura de comunidades vegetais no leste Acreano e que a biomassa aérea é menor em áreas de alta densidade de colmos de bambu.



**Figura 9.** Determinação do efeito de borda para o entorno da Fazenda Experimental Catuaba, Senador Guimard, para o ano de 2019. A: Área florestal total (verde escuro) e área desmatada (amarelo mostarda). B: Área Florestal (verde escuro) + área sob o efeito de borda (verde claro) e área desmatada (amarelo mostarda). C: Área Núcleo (área florestal [verde escuro] menos área sob efeito de borda [verde claro]) e área desmatada (amarelo mostarda).

## 6. EMISSÕES DE CARBONO PARA ATMOSFERA

Sabemos que a Floresta Amazônica é um ecossistema muito importante para a manutenção da estabilidade do clima não só regional, mas em escala continental e global (FEARNSIDE, 2018), além de ter um papel crucial na redistribuição de umidade do ar e chuva para outras regiões da América do Sul (YÁÑEZ-SERRANO et al., 2020). Desta forma, é importante determinarmos não só a quantidade de floresta que é desmatada ou degradada, mas também estimamos a quantidade de Carbono que é emitida para atmosfera através da mudança de cobertura e uso do solo e através da degradação das bordas das florestas fragmentadas.

Como já vimos acima, quando falamos sobre a relação entre fogo e bordas de floresta, sabemos que as áreas sob efeito de borda sofrem uma degradação devido ao próprio fogo, além do aumento de incidência de ventos, diminuição de umidade e aumento de temperatura que também provocam quedas de árvores. Todos estes fatores levam a uma perda em média de 25% da biomassa aérea da floresta (SILVA et al., 2018).

A biomassa aérea das florestas típicas do leste Acreano (Floresta Aberta com Bambu e Floresta Densa) apresentam entre  $274 \pm 19$  e  $193 \pm 14$  Mg C ha<sup>-1</sup> (SALIMON et al., 2011). Como a área total desmatada na área do recorte abordado neste estudo, até 2019 foi de 371 km<sup>2</sup>, podemos calcular a quantidade de Carbono perdida (emitida para a atmosfera, através da queimada ou da decomposição), que ficou entre 7 e 10 Tg (1 Tg é igual a 1 milhão de toneladas!).

Ao aplicarmos o fator de perda em áreas de borda de 25% (Silva Jr et al., 2020) e multiplicarmos pela área sob o efeito de borda (74 km<sup>2</sup>, Tabela 1), chegamos a uma perda entre 0,4 e 0,5 Tg C ( $\pm 10\%$  de incerteza) para a área (527 km<sup>2</sup>) do recorte deste capítulo. Novamente aqui temos que observar que os dados aqui apresentados não levam em consideração a densidade de colmos de bambu e portanto, existe uma incerteza ao redor destes mínimos e máximos calculados, embora não tenhamos ainda estimativas precisas da influência do bambu nestes valores (MEDEIROS et al., 2013; CASTRO et al., 2013).

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Atualmente o entorno da Fazenda Experimental Catuaba encontra-se majoritariamente desmatado (71% de sua área). Além disto, o pouco que restou de floresta

madura (29%), encontra-se altamente fragmentado e em algum estágio de degradação devido a matriz do entorno, pois metade desta pouca floresta remanescente encontra-se sob o efeito de borda.

Esta mudança que vem ocorrendo desde a intensificação da ação antrópica (principalmente a partir de 1960 - e mais bem documentada em imagens de satélite a partir de 1985), provocou uma emissão na ordem de milhões de toneladas de carbono para atmosfera. A substituição de floresta por pastagens provocou uma emissão entre 13 e 19 G g C km<sup>-2</sup> mais 0,9 G g C km<sup>-2</sup> por degradação das bordas da floresta.

Além dos efeitos climáticos desta perda de floresta, tem-se também uma perda de habitat na mudança da cobertura e também degradação da qualidade do habitat nas áreas de borda dos fragmentos florestais. Deve-se observar, também, que várias espécies de animais não atravessam grandes distâncias de pastagens entre fragmentos, provocando o isolamento total de subpopulações, que em alguns casos ou grupos taxonômicos, pode levar a extinções locais.

## 8. AGRADECIMENTOS

Ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico), CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior), Programa LBA (Programa de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia), por terem possibilitado a permanência e o trânsito de tantos pesquisadores e estudantes ao longo dos anos de estudo no Acre. Agradecemos também nominalmente Francisco Portela, o “Seu Portela”, guardião das trilhas do Catuaba e contador de histórias dos tempos dos Seringais; Luiz Eduardo Oliveira e Cruz de Aragão por colaborar e ser autor de boa parte dos conhecimentos aqui apresentados; Patrícia Fabian de Araújo Diniz pela compreensão do tempo dedicado a esta empreitada e Marcos Silveira pela revisão cuidadosa do documento. Agradecemos também a todas as famílias de moradores das florestas (nativos ou não) que colaboram de alguma forma na conservação da natureza.

## 9. REFERÊNCIAS

ACRE Governo do Estado. **Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado do Acre Fase II: documento síntese—Escala 1.250.000**. 2000.

AMARAL, E.F. **Estratificação de ambiente para gestão ambiental e transferência de conhecimento no Estado do Acre, Amazônia Ocidental.** (Tese) Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.

AURELIANO, T.; GHILARDI, A.M.; GUILHERME, E.; SOUZA-FILHO, J.P.; CAVALCANTI, M.; RIFF, D. Morphometry, bite-force, and paleobiology of the Late Miocene Caiman *Purussaurus brasiliensis*. **PloS one**, v. 10, n. 2, e01117944, 2015.

BRASIL. **Lei n. 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. 2012. Diário Oficial da União, Brasília, DF, Ano CXLIX, n. 102, 28 maio 2012. Seção 1, p.1. Disponível em <<http://portal.in.gov.br/>>. Acesso em 21 outubro de 2020.

BROWDER, J. **Políticas Públicas e Desmatamento na Amazônia Brasileira." Políticas Públicas e o Abuso dos Recursos Florestais.** Cambridge, Cambridge Imprensa Universitária, 1988.

CAMPANHARO, WA; LOPES, AP; ANDERSON, LO; DA SILVA, THIAGO FMR; ARAGAO, LEOC. Translating fire impacts in southwestern Amazonia into economic costs. **Remote Sensing**, v. 11, n. 7, p. 764, 2019.

CASTRO, W.; SALIMON, C.I.; MEDEIROS, H.; BRASIL DA SILVA, I.; SILVEIRA, M. Bamboo abundance, edge effects, and tree mortality in a forest fragment in Southwestern Amazonia. **Scientia Forestalis**, v. 41, n. 98, p. 159-164, 2013.

FEARNSIDE, P.M. Brazil's Amazonian forest carbon: the key to Southern Amazonia's significance for global climate. **Regional Environmental Change**, v. 18, n. 1, p. 47-61, 2018.

IBGE. **Manual técnico da vegetação brasileira.** Rio de Janeiro: IBGE, 2012. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv63011.pdf>> Acessado em: 30 abr. 2019.

IBGE. **Censo de 2019.** Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2019/default>>. Acessado em 21 de outubro de 2020.

JARAMILLO, C.; ROMERO, I.; D'APOLITO, C.; BAYONA, G.; DUARTE, E.; LOUWYE, S.; MORA, A. Miocene flooding events of western Amazonia. **Science advances**, v. 3, n. 5, e1601693. 2017.

MEDEIROS H.; CASTRO W.; SALIMON C.I.; SILVA BRASIL, I.; SILVEIRA, M. Tree mortality, recruitment and growth in a bamboo dominated forest fragment in southwestern Amazonia, Brazil. **Biota Neotropica**, v. 13, n. 2, p 29-34, 2013.

PROJETO MapBiomias – **Coleção 5 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil**, acessado em 10/10/2020 através do link: <https://mapbiomas.org>

RANZI, A. – **Paleoecologia da Amazônia: Megafauna do Pleistoceno.** Editora UFSC. Florianópolis, 2000.

ROSSETTI, D.F.; COHEN, M.C.; PESSEDA, L.C. Vegetation change in southwestern Amazonia (Brazil) and relationship to the late Pleistocene and Holocene climate. **Radiocarbon**, v. 59, n. 1, p. 69, 2017.

ROSSETTI, D.F.; GRIBEL, R.; TOLEDO, P.M.; TATUMI, S.H.; YEE, M.; TUDELA, D.R.G.; COELHO, L.D.S. Unfolding long-term Late Pleistocene–Holocene disturbances of forest communities in the southwestern Amazonian lowlands. **Ecosphere**, v. 9, n. 10, e02457, 2018.

SALIMON, C.I.; PUTZ, F.E.; MENEZES-FILHO, L.; ANDERSON, A.; SILVEIRA, M.; BROWN, I.F.; OLIVEIRA, L.C. Estimating state-wide biomass carbon stocks for a REDD plan in Acre, Brazil. **Forest Ecology and Management**, vol. 262, n. 3, p. 555-560, 2011.

SHOCK, M.P.; MORAES, C.D.P. A floresta é o domus: a importância das evidências arqueobotânicas e arqueológicas das ocupações humanas amazônicas na transição Pleistoceno/Holoceno. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Humanas**, 14, v. 2, p. 263-289, 2019.

SILVA JUNIOR C.H.L.; ARAGÃO L.; ANDERSON L.O.; FONSECA M.; SHIMABUKURO Y.; VANCUTSEM C.; ACHARD F.; BLEUCHE R.; NUMATA I.; SILVA C.; MAEDA E.; LONGO M.; SAATCHI S. Persistent collapse of biomass in Amazonian forest edges following deforestation leads to unaccounted carbon losses. **Science Advances** v. 30, v. 6, n. 40, eaaz8360, 2020.

SILVA, C.V.J.; ARAGÃO, L.E.O.C.; BARLOW, J.; ESPIRITO-SANTO, F.; YOUNG, P.J.; ANDERSON, L.O.; BERENGUER, E.; BRASIL, I.; BROWN, F.; CASTRO, B.; FARIAS, R.; FERREIRA, J.; FRANÇA, F.; GRAÇA, P.; KIRSTEN, L.; LOPES, A.; SALIMON, C.; SCARANELLO, M.A.; SEIXAS, M.; SOUZA, F.C.; XAUD, H. A.M. Drought-induced Amazonian wildfires instigate a decadal-scale disruption of forest carbon dynamics. **Philosophical Transactions of the Royal Society B**, v. 1760, v. 373, , 2018,

UCEGEO. **Evolução do desmatamento anual e acumulado no Acre até 2019**. Rio Branco, AC: Governo do Acre - Instituto de Mudanças Climáticas (IMC) /Unidade Central de Geoprocessamento. 2020.

YÁÑEZ-SERRANO, A.M.; BOURTSOUKIDIS, E.; ALVES, E.G.; BAUWENS M., STAVRAKOU T., LLUSIA J., FILELLA I., GUENTHER A., WILLIAMS J., ARTAXO P., SINDELAROVA K., DOUBALOVA J., KESSELMEIER J., PEÑUELAS J. Amazonian biogenic volatile organic compounds under global change. **Global Change Biology**, v. 26, n. 9, p. 4722-4751, 2020.

WATLING, J.; IRIARTE, J.; MAYLE, F. E.; SCHAAN, D.; PESSEDA, L. C.; LOADER, N. J.; RANZI, A. Impact of pre-Columbian “geoglyph” builders on Amazonian forests. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 114, v. 8, p. 1868-1873, 2017.

WESSELINGH, F. P.; SALO, J. A. A Miocene perspective on the evolution of the Amazonian biota. **Scripta Geologica**, v. 133, p. 439-458, 2006.