



## AMAZÔNIA 4.0: CAMINHOS PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

### AMAZON 4.0: WAYS FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT

GUSTAVO ALVES DE MELO | UFLA

SAMUEL BORGES BARBOSA | UFU

MARIA GABRIELA MENDONÇA PEIXOTO | UFV

MARIA CRISTINA ANGÉLICO MENDONÇA | UFLA

FÁTIMA MACHADO DE SOUZA LIMA | UFMG

### RESUMO

O presente estudo teve por objetivo analisar o projeto de desenvolvimento sustentável do bioma amazônico, denominado Amazônia 4.0. Frente a isso, foram expostos seus desafios e benefícios de implementação, contribuindo para a formação de opinião e geração de conhecimento na área. Dessa forma, o estudo se caracterizou como uma pesquisa aplicada de caráter exploratório. Além disso, este se pautou em uma abordagem qualitativa e na utilização de pesquisas bibliográficas como procedimento técnico para a obtenção de informações. Diante a isso, foram verificados benefícios mediante a aplicação de técnicas de manejo sustentável pautadas nas bases da Quarta Revolução Industrial (4RI) tanto para a melhoria de cultivos já domesticados quanto para a descoberta de novos ativos biológicos. Além disso, a expansão de técnicas racionais de aproveitamento da floresta tende a reduzir os impactos causados pela exploração irracional, visto que auxiliam no processo de captura de carbono da atmosfera e movimentam de forma equilibrada a economia agroflorestal da região. Todavia, o estudo reitera a importância de práticas fiscalizadoras desenvolvidas de forma paralela às práticas de manejo sustentável a fim de obter maior controle e punir aqueles que veem a exploração irracional como único caminho para o aproveitamento do bioma.

### PALAVRAS-CHAVE

Amazônia; Desenvolvimento sustentável; Exploração racional.

### ABSTRACT

*This paper aimed analyzing the project for sustainable development of the amazon biome, named Amazon 4.0. In front of this, their challenges and implementation benefits were exposed, contributing to opinion training and knowledge generation in the area. Therefore, the study characterized as an applied research of an exploratory character. Further, this is based on a qualitative approach and the use of bibliographic researches as a technical procedure for obtaining information. Before that, benefits were verified through the application of sustainable management techniques based on the basis of the fourth industrial revolution (4IR) both for the improvement of cultivates already domesticated as for the discovery of new biological assets. In addition, the expansion of rational techniques for the use of the forest tends to reduce the impacts caused by irrational exploration, which assist in the carbon capture process of the atmosphere and move the agro-forest economy of the region in a balanced way. However, the study reiterates the importance of supervisory practices developed in parallel with sustainable management practices in order to obtain greater control and punish those who see irrational exploitation as the only way to take advantage of the biome.*

### KEY WORDS

Amazon; Sustainable development; Rational exploration.

## 1. INTRODUÇÃO

Na conjuntura atual, os debates referentes à importância de preservação de biomas têm se tornado frequentes e se apresentado de maneira mais incisiva, uma vez que a regulação da exploração destes pode reduzir os impactos já observados em análises climáticas mundiais e contribuir para a manutenção da fauna e flora restantes (RIBEIRO *et al.*, 2018; STRAND *et al.*, 2018). Neste contexto, se enquadram as discussões realizadas sobre as formas de aproveitamento da floresta tropical amazônica, já que sua exploração, em grande parte, esteve pautada em metodologias arcaicas e que aceleram o processo de desequilíbrio climático (DE OLIVEIRA *et al.*, 2019). Entretanto, a luta por interesses econômicos entre membros de alto escalão brasileiro corresponde à um gargalo para o progresso de medidas que visam a preservação e uso racional do bioma (LOVEJOY; NOBRE, 2019).

Frente a isso, a floresta amazônica se destaca como um importante componente do território brasileiro, se estendendo por cerca de metade do país e estando concentrada nas regiões Norte e Centro-Oeste (TERRABRASILIS, 2020). Além disso, sua cobertura vegetal contribui fortemente para a plenitude dos ciclos de chuvas no país a partir de processos de evapotranspiração em rios e árvores presentes neste território, o que determina o clima da região, este marcado por baixa amplitude térmica e grande umidade (BRASIL, 2008). Vale ressaltar a fauna existente, composta por uma diversidade de espécies que dependem da conservação de matas virgens para o seu crescimento e preservação (STRAND *et al.*, 2018).

Neste âmbito, a criação e desenvolvimento de metodologias de produção sustentável representa um caminho prudente de exploração de recursos sem haver a degradação em massa da biodiversidade presente na floresta (MEDEIROS; PANTOJA, 2016). De maneira geral, a partir do século XXI, os discursos sobre sustentabilidade se intensificaram e passaram a compor os diversos setores existentes a partir de programas, planos e políticas na sociedade (BRATMAN, 2019). Entretanto, no que se refere ao desenvolvimento e produção sustentável aplicado à floresta amazônica, é importante que as medidas adotadas neste contexto sejam efetivas quanto à inclusão de famílias de pequenos agricultores e extrativistas que se encontram marginalizados bem como na redução da degradação ambiental do território (OLIVEIRA *et al.*, 2019).

Dessa maneira, o conhecimento do potencial produtivo correspondente à cada área da floresta amazônica aliado a metodologias de desenvolvimento sustentável que respeitem os limites naturais de cada região representam aspectos importantes para o sucesso na implementação de projetos dessa categoria (NOBRE; NOBRE, 2018; RIBEIRO *et al.*, 2018). Sendo assim, o presente estudo teve por objetivo analisar o projeto de desenvolvimento sustentável para a floresta amazônica, denominado Amazônia 4.0, expondo os seus desafios e benefícios de implementação para a região, além de contribuir para a formação de opiniões e geração de conhecimento na área.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1. Amazônia: desafios e medidas para a sua conservação

A floresta amazônica corresponde ao maior bioma existente no território brasileiro, além de ser considerada a maior floresta tropical do planeta (TERRABRASILIS, 2020). Sua área possui uma extensão de 5,5 milhões de km<sup>2</sup> aproximadamente, onde cerca de 60% desta está distribuída em estados brasileiros, a saber, Acre, Amazonas, Rondônia, Roraima, Pará, Mato Grosso, Amapá, Tocantins e Maranhão (TERRABRASILIS, 2020). Diante a isso, o termo Amazônia Legal foi difundido em 1953 a fim de se referir a toda a extensão da floresta, sendo assim, partes de outros países também foram contempladas, a saber, Peru, Colômbia, Venezuela, Equador, Bolívia, Guiana, Suriname e Guiana Francesa (IMAZON, 2020; TERRABRASILIS, 2020).

Neste sentido, o bioma apresenta mais de 30 mil espécies de plantas compreendidas em três grupos principais, são eles, igapó, várzea e mata de terra firme (TERRABRASILIS, 2020). Além disso, sua área contempla a maior bacia hidrográfica

do mundo, dotada de 6 milhões de km<sup>2</sup> aproximadamente (TERRABRASILIS, 2020). Cabe lembrar sua importante participação e contribuição no clima da região a partir da formação de grandes volumes de chuva (NOBRE; NOBRE, 2018). Isso ocorre uma vez que rios e árvores tem a capacidade de devolver ao ambiente uma parcela de umidade capaz de ser reaproveitada por este através das chuvas, seguindo a dinâmica estipulada pelo ciclo da água (NOBRE *et al.*, 2016). Tal fato permite a formação de corredores de umidade no Brasil, sendo muito importante para a produção agrícola no país (COSTA *et al.*, 2019).

Em se tratando das atividades com fins econômicos desenvolvidas para o sustento de comunidades existentes na região, podem ser citados o extrativismo vegetal e mineral, bem como a indústria e a pesca. O extrativismo vegetal se concentra na exploração de borracha e castanha-do-pará (ECOAMAZÔNIA, 2016). Já o extrativismo mineral se baseia em sua maioria na exploração de calcário e estanho (ECOAMAZÔNIA, 2016). No entanto, dentre as possibilidades de extração apresentadas, o setor de mineração assim como o setor agrícola possuem alta capacidade de modificação da cobertura vegetal, sendo responsáveis por uma parcela considerável do desmatamento, queimadas e degradação do bioma (ECOAMAZÔNIA, 2016). Vale ressaltar que a floresta também é alvo de explorações irracionais de madeira, onde terras são exploradas sem um estudo prévio da sua capacidade de produção e aproveitamento, sendo abandonadas posteriormente (LOVEJOY; NOBRE, 2019).

Neste contexto, a busca incessante e abusiva por crescimento econômico bem como o atendimento de ideais de um conjunto específico de indivíduos corresponde ao maior impasse para a preservação e desenvolvimento sustentável da região (MEDEIROS; PANTOJA, 2016; LOVEJOY; NOBRE, 2019). Segundo dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, as taxas de desmatamento na Amazônia Legal no período de 2005 a 2012 apresentaram grandes reduções ano a ano, após o registro de períodos de forte impacto na degradação do bioma como, por exemplo, os anos de 1995, 2003 e 2004 (INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS, 2020). No ano de 2004, foram registrados mais de 27.000 km<sup>2</sup> de área desmatada, com cerca de 70% desta ocorrida nos estados de Mato Grosso e Pará por exemplo. Tais dados foram obtidos a partir do Projeto de Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite (PRODES) que é realizado em fluxo contínuo desde 1988 (INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS, 2020).

Dessa forma, o monitoramento de áreas desmatadas se mostrou efetivo, pois incentivou o desenvolvimento de novos programas para a preservação do bioma, à exemplo, o Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAM) (GOVERNO FEDERAL, 2020). Este que foi lançado em 2004, sendo responsável por uma queda expressiva no quantitativo de desmatamento da cobertura vegetal amazônica na ordem de 71% até o ano de 2016 (TERRABRASILIS, 2020). Sendo assim, o PPCDAM se encontra estruturado em quatro bases estratégicas, a saber, o fomento de atividades produtivas sustentáveis, monitoramento e controle ambiental, ordenamento fundiário e territorial e, por fim, instrumentos normativos e econômicos (TERRABRASILIS, 2020). Esta última base que foi criada em 2016 com foco no incentivo econômico, produtivo e no mínimo de impacto gerado à floresta (TERRABRASILIS, 2020).

Além disso, paralelamente ao PPCDAM, foi desenvolvido em 2015 a Estratégia Nacional para Redução das Emissões Provenientes do Desmatamento e da Degradação Florestal, Conservação dos Estoques de Carbono Florestal, Manejo Sustentável de Florestas e Aumento de Estoques de Carbono Florestal (ENREDD+) (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2020). O plano visa reduzir as mudanças referentes ao clima através da eliminação do desmatamento ilegal, da preservação e recuperação dos ecossistemas florestais bem como a partir da implementação de uma economia florestal sustentável de baixo carbono (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2020). Frente a isso, com uma visão focada no desenvolvimento sustentável foi lançado em 2008 o Plano Amazônia Sustentável (PAS) pautado nas diretrizes de ordenamento territorial, produção sustentável com inovação e competitividade, infraestrutura para o desenvolvimento e inclusão social e cidadania (BRASIL, 2008; GOVERNO FEDERAL, 2020).

No entanto, o que se observa de acordo com dados recentes do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, a partir do PRODES, foi um crescimento periódico do desmatamento a partir do ano de 2013, chegando a registrar a marca de 10.129 km<sup>2</sup> de área desmatada em 2019 (TERRABRASILIS, 2020). Isso revela o impacto do fortalecimento de falsos

discursos em prol do atendimento da sociedade brasileira como, por exemplo, a necessidade de expansão na produção agrícola nestas áreas para o abastecimento da população, como forma de mascarar interesses econômicos individuais (LOVEJOY; NOBRE, 2019). Além disso, este quantitativo representa um valor expressivo e que merece atenção, visto que não se observou um valor acima de 10.000 km<sup>2</sup> de área desmatada desde 2008 (TERRABRASILIS, 2020).

Vale ressaltar a magnitude do setor madeireiro brasileiro, estando o país na condição de maior produtor e consumidor mundial de madeira de florestas tropicais (SANTOS DE LIMA *et al.*, 2018). Além disso, é uma atividade que contribui de maneira expressiva para a geração de empregos diretos e indiretos na região (MEDEIROS; PANTOJA, 2016). Muito embora, também é uma atividade que requer atenção uma vez que a exploração irracional se confunde a metodologias de exploração racionais e planos de manejo sustentável (LOVEJOY; NOBRE, 2019). Segundo TerraBrasilis (2020), em média, cerca de dois terços à três quartos da madeira extraída são provenientes de florestas nativas, o que caracteriza a prática predatória de exploração. Tal fato configura um desafio e justifica a importância de criação de novas metodologias de desenvolvimento sustentável por parte dos programas de cunho preservacionista existentes combinadas às práticas de fiscalização destas áreas.

## 2.2. Desenvolvimento sustentável na Amazônia

A expansão desordenada da utilização de áreas da floresta tropical amazônica para fins de produção agrícola, construção de hidrelétricas bem como para o avanço de projetos de mineradoras tem representado uma preocupação para entidades de preservação ambiental (MEDEIROS; PANTOJA, 2016). Isso porque o desenvolvimento destas atividades tem levado ao desmatamento e degradação de áreas nativas da floresta, sem haver justificativas plausíveis e metodologias de manejo sustentável que amparem este fato (TERRABRASILIS, 2020). Além disso, a comercialização de madeira oriunda da floresta tem representado uma alternativa facilitada de lucro, o que agrava a situação apresentada e intensifica a importância de mudança nos padrões de aproveitamento do bioma (LOVEJOY; NOBRE, 2019).

Frente a isso, foi desenvolvido o Fundo Amazônia gerido pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), que corresponde a mais uma medida para a contenção da exploração predatória da floresta (FUNDO AMAZÔNIA, 2020). Entretanto, tal medida se destaca pela captação de recursos de diversas partes do mundo para a implementação de projetos pautados no desenvolvimento sustentável da região (FUNDO AMAZÔNIA, 2020). Sendo assim, os projetos a serem apoiados pela medida devem primeiramente estar alinhados às políticas e diretrizes do programa, além de apresentarem objetivos bem fundamentados a partir de ações previstas que respeitem tanto o orçamento quanto o cronograma de implementação (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2020). Dessa maneira, a medida apresenta mais de cem projetos apoiados, estes distribuídos nos diferentes temas de análise possíveis, a saber, terras indígenas, unidades de conservação, Cadastro Ambiental Rural (CAR), assentamento e combate a incêndios e queimadas (FUNDO AMAZÔNIA, 2020).

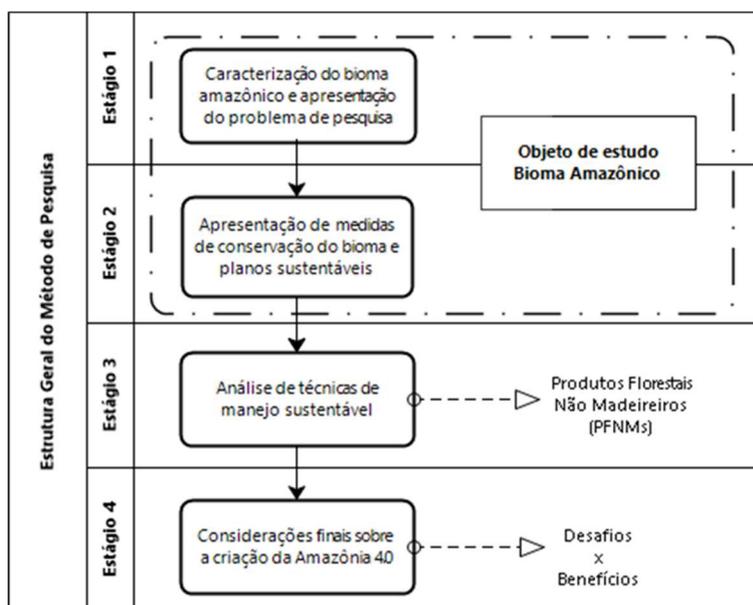
Outro aspecto a ser ressaltado frente às questões de produção sustentável contempla a questão da inclusão social em atividades extrativistas na floresta amazônica. Em grande parte, a prática predatória de exploração do bioma é marcada pelo beneficiamento econômico de um grupo restrito de indivíduos, o que gera impactos negativos tanto ambientais quanto socioeconômicos para a região (MEDEIROS; PANTOJA, 2016). Desta maneira, além do foco preservacionista foram lançados programas que incentivam o desenvolvimento sustentável da região, a fim de promover também o crescimento econômico de povos nativos (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2020). Uma importante medida adotada a partir do ano de 2011 foi o Programa de Apoio à Conservação Ambiental conhecido como Bolsa Verde (CAIXA ECONÔMICA FEDERAL, 2020).

No que se refere ao programa Bolsa Verde, este consiste em uma linha de crédito destinada a famílias que se encontram em situações precárias de extrema pobreza e que desenvolvem atividades de conservação ambiental em áreas de florestas nacionais, reservas extrativistas, territórios ocupados por ribeirinhos, entre outros (MINISTÉRIO DO MEIO

AMBIENTE, 2020). De maneira geral, as famílias são identificadas através de um cadastro realizado pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA), tendo o benefício uma duração de dois anos para cada família, no valor de R\$300,00 pagos trimestralmente (CAIXA ECONÔMICA FEDERAL, 2020; MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2020). Entretanto, ainda é uma medida de baixo impacto quando considerados outros problemas sociais existentes como documentação irregular e falta de acesso à internet que dificultam a participação de todas as famílias.

### 3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A metodologia de pesquisa científica contempla a aplicação de procedimentos e técnicas que visam a construção do conhecimento, comprovando sua validade e utilidade nos diversos âmbitos da sociedade (KOCHE, 2016; ZANGIROLAMI-RAIMUNDO *et al.*, 2018; KUMAR, 2019). Segundo Kumar (2019), a ciência corresponde a uma sistematização de conhecimentos, ou seja, um conjunto de proposições correlacionadas do comportamento de determinados fenômenos de estudo. Dessa maneira, o método científico se refere à linha de raciocínio adotada no processo de construção científica, sendo fruto de um conjunto de procedimentos intelectuais e técnicos aplicados na busca por conhecimento (KOCHE, 2016; KUMAR, 2019). Frente a isso, o método científico utilizado no presente estudo pode ser verificado pela análise da Figura 1.



**Figura 1:** Estrutura Geral do Método de Pesquisa. FONTE: Autor (2020).

Ainda conforme a Figura 1, o conteúdo deste estudo teve seu foco no bioma amazônico como objeto de estudo nas duas primeiras fases. Sendo assim, foram elucidadas as características e aspectos referentes ao bioma e sua conservação. A partir do terceiro estágio, foi realizada uma análise das técnicas de manejo sustentável considerando alguns exemplos de PFNM's. Por fim, no quarto estágio foram apresentados os desafios e benefícios relacionados à criação de uma Amazônia 4.0.

Diante a isso, o presente estudo se caracterizou como uma pesquisa aplicada de caráter exploratório. Conforme Zangirolami-Raimundo *et al.* (2018), uma pesquisa aplicada está pautada na geração de conhecimento para a aplicação prática a fim de solucionar problemas específicos. Já uma pesquisa de cunho exploratório, de acordo com Kumar (2019), tem como finalidade a promoção de mais informações sobre um assunto específico possibilitando sua definição e seu delineamento. Em se tratando da abordagem de pesquisa, este estudo apresentou uma abordagem qualitativa. Segundo Glesne (2016), uma pesquisa qualitativa é caracterizada pela interpretação de fenômenos e atribuição de

significados. Além disso, ainda conforme Glesne (2016), esse tipo de abordagem não requer o uso de técnicas estatísticas de análise.

Sendo assim, este estudo se pautou em pesquisas bibliográficas como procedimento técnico para a obtenção de resultados. De acordo com Kumar (2019), a pesquisa bibliográfica se baseia em informações já publicadas, sendo necessária a conferência de informações pelo pesquisador sobre a veracidade dos dados. Dessa maneira, foram desenvolvidas 5 etapas até a construção deste estudo, a saber, a escolha do tema de análise, levantamento bibliográfico preliminar, elaboração do plano provisório e organização lógica do assunto conforme os estágios da Figura 1, leitura do material e redação do texto.

#### 4. ANÁLISE CRÍTICA

A incorporação de metodologias de manejo sustentável ao novo patamar tecnológico introduzido pela Quarta Revolução Industrial (4RI) representa uma oportunidade para o desenvolvimento focado no baixo nível de degradação ambiental (GALFORD *et al.*, 2013; BRATMAN, 2019). A mudança de paradigma imposta pela Quarta Revolução Industrial (4RI) ou Indústria 4.0 contempla a fusão de técnicas de produção já conhecidas com sistemas inteligentes que visam a integração de organizações e pessoas a nível global. Nesse sentido, a Indústria 4.0 busca atuar além das barreiras de implementação de sistemas inteligentes e conectados, integrando desde o sequenciamento genético, nanotecnologia, energias renováveis à computação quântica. Neste sentido, a Quarta Revolução Industrial (4RI) se faz única uma vez que se utiliza destas tecnologias em diferentes domínios físicos, digitais e biológicos (GALFORD *et al.*, 2013; BRATMAN, 2019).

Em um contexto histórico recente, a sustentabilidade tem assumido um papel importante na promoção de caminhos viáveis de desenvolvimento e crescimento da economia regional amazônica (MEDEIROS; PANTOJA, 2016; BRATMAN, 2019). Entretanto, mesmo que o tema tenha sido amplamente discutido, os dados apresentados pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) ainda retratam outra realidade, ou seja, a baixa eficácia na disseminação e/ou substituição por técnicas pautadas na exploração racional da biodiversidade da floresta (TERRABRASILIS, 2020). Frente a isso, surge dentre algumas possibilidades de aproveitamento do bioma o projeto de implementação da Amazônia 4.0, de Carlos Nobre, pautado no desenvolvimento de uma bioeconomia a partir do uso de ativos biológicos e biomiméticos (STRAND *et al.*, 2018). Dessa forma, os bioinsumos terão maior valor agregado a partir de seu tratamento em biofábricas instaladas no próprio bioma (NOBRE; NOBRE, 2018; STRAND *et al.*, 2018).

Ainda de acordo com Nobre e Nobre (2018), o projeto Amazônia 4.0 se baseia na implementação de Laboratórios Criativos da Amazônia (LCAs) em parceria com o Parque Tecnológico da Univap em São Jose dos Campos (NOBRE; NOBRE, 2018). Assim, serão realizados testes nestes laboratórios para que de fato possam ser reproduzidos no interior da floresta amazônica em 2022, auxiliando as comunidades locais no beneficiamento dos produtos extraídos do bioma (STRAND *et al.*, 2018). A proposta do projeto vai de encontro com a formação de uma Terceira Via para a exploração do bioma, a qual não admite a extração irracional de recursos a partir de atividades agropecuárias e de mineração, todavia sugere a extração racional e produção sustentável da floresta com o auxílio de técnicas da Quarta Revolução Industrial (4RI) ou Indústria 4.0 (NOBRE; NOBRE, 2018; RIBEIRO *et al.*, 2018).

A exploração irracional, novamente, tem sido alvo de grande preocupação de órgãos ambientais, visto o novo crescimento do nível de desmatamento apresentado nos últimos sete anos para a Amazônia Legal (SOUZA-RODRIGUES, 2019). Além disso, poucos são os estudos que trazem uma mensuração econômica detalhada a respeito da produção de Produtos Florestais Não Madeireiros (PFNM's), o que torna o caminho incerto para algumas pessoas (NOBRE; NOBRE, 2018). Desta forma, a busca por um retorno econômico rápido e garantido fluem em direção às práticas inadequadas de exploração que geram a degradação do bioma (COSTA *et al.*, 2019).

Além disso, vale ressaltar a importância de inclusão de informações sobre as diferenças do uso da terra e de sistemas ecológicos entre regiões em estudos relacionados (NOBRE; NOBRE, 2018). Tal fato pode contribuir para a geração de um maior número de adeptos às práticas de desenvolvimento sustentável, criando bases sólidas em programas e planos sustentáveis (GOULART *et al.*, 2016). Dessa maneira, espera-se uma redução no quantitativo de desmatamento e queimadas realizadas, assim como um impulso efetivo na economia local (STRAND *et al.*, 2018). Isso se deve à maior credibilidade conferida à estudos dessa categoria que são responsáveis pela geração de conhecimento na área (LOPES *et al.*, 2019).

Entretanto, a mensuração do valor de serviços ecossistêmicos ainda representa um desafio para o planeta, visto a existência de uma biodiversidade na floresta amazônica desconhecida por pesquisadores (NOBRE; NOBRE, 2018). A realização de pesquisas no território sobre as propriedades de diferentes espécies de plantas tem sido frequentes, todavia, a falta de recursos e amparo à comunidade acadêmica acabam por dificultar a obtenção rápida de resultados e o progresso em projetos desta magnitude (RIBEIRO *et al.*, 2018; STRAND *et al.*, 2018). Diante a isso, os investimentos em pesquisas para a detecção de substâncias e ativos naturais bem como em estudos que visem a classificação de terras a partir do seu potencial produtivo se fazem necessários, a fim de interromper o ciclo destrutivo da floresta e implementar novos caminhos para o seu aproveitamento consciente (MEDEIROS; PANTOJA, 2016; BRATMAN, 2019).

Vale ressaltar o impasse existente em algumas regiões do bioma referentes às diferenças entre a proporção de ganhos individuais e coletivos oriundos de práticas de extração (DE OLIVEIRA *et al.*, 2019). Frente a isso, nestes casos são notórios os crescimentos consideráveis no PIB de cada região, mas que não correspondem à realidade socioeconômica destas (DE OLIVEIRA *et al.*, 2019). Dessa maneira, são regiões caracterizadas por baixos níveis de produtividade em setores de educação e saúde, por exemplo, mas que apresentam renda geral acima da média nacional (NOBRE; NOBRE, 2018). Tal fato revela um dos desafios para a criação de uma Amazônia 4.0, no caso, a questão da distribuição igualitária de recursos e geração de renda local (GALFORD *et al.*, 2013; OLIVEIRA *et al.*, 2019).

Em se tratando do âmbito climático, a exploração irracional da Amazônia tem se aproximado de um ponto de inflexão quase irreversível. Ou seja, tal fato tem gerado a perda de mais de 800.000 km<sup>2</sup> de extensão para as práticas de extração de madeira, agricultura, mineração e construção de barragens e, por consequência, o aumento da temperatura global em 0,6°C em um período de 50 anos (THE ECONOMIST, 2019). Por outro lado, nesse período, medidas importantes também foram implementadas como o PRODES e o PPCDAM, este que conteve em parte o desmatamento e a degradação do bioma entre os anos de 2004 e 2012 (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2020; TERRABRASILIS, 2020). Sendo assim, o que se observa é uma grande fragilidade do bioma marcado por uma sequência de altos e baixos índices de exploração irracional (TERRABRASILIS, 2020).

Além disso, no que se refere às regiões mais afetadas nesse processo de exploração podem ser citados no Brasil os estados do Pará e Mato Grosso (INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS, 2020). De acordo com dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (2020), considerando o território da Amazônia Legal, os dois estados respondem por quase 67% da taxa de desmatamento acumulada. No caso do estado do Pará, a situação apresentada é mais crítica para os municípios de Altamira e Novo Progresso que registraram marcas de 111 km<sup>2</sup> e 65 km<sup>2</sup> de área desmatada do fim de 2017 até o segundo trimestre de 2018 (G1 PA, 2018; IMAZON, 2020). Tal fato, intensifica a importância dos debates rumo à uma Amazônia 4.0, onde aspectos de desenvolvimento socioeconômico e ambiental são abordados de forma amistosa (RIBEIRO *et al.*, 2018; IMAZON, 2020).

Segundo Nobre e Nobre (2018), os desafios existentes para o desenvolvimento sustentável na Amazônia se dividem em três categorias de falhas, a saber, conceituais, de conhecimento e de implementação. As falhas conceituais se referem aos desafios de criação de caminhos alternativos de produção bioindustrial. As falhas de conhecimento correspondem aos desafios de pesquisa e informação representados pela falta de investimentos nestas áreas, o que dificulta a realização de pesquisas inovadoras e a descoberta de novos ativos biológicos de alto valor econômico e social. Já as falhas de implementação estão relacionadas aos impasses de governança e política bem como aos aspectos inerentes

à falta de capacidade empresarial para a distribuição igualitária de recursos (NOBRE; NOBRE, 2018; OLIVEIRA *et al.*, 2019).

Neste sentido, o histórico de práticas de aproveitamento da floresta amazônica tem apresentado dois caminhos principais, a saber, o caminho da conservação e o caminho do desenvolvimento intensivo de recursos, ambos caracterizados por Nobre e Nobre (2018) como 'Primeira via' e 'Segunda via', respectivamente. No entanto, há uma impossibilidade comprovada para o seguimento de cada um de maneira isolada, bem como um fracasso sucessivo de organizações ambientais para a junção de ambos a partir de técnicas de intensificação sustentável na produção agrícola (MEDEIROS; PANTOJA, 2016). Dessa forma, a introdução de tecnologias oriundas da Quarta Revolução Industrial (4RI) surgem como uma possibilidade de aprimoramento de técnicas de extração baseadas no aproveitamento efetivo da biodiversidade amazônica, caracterizando-se como uma 'Terceira via' para o alcance de uma Amazônia 4.0 (GALFORD *et al.*, 2013; STRAND *et al.*, 2018).

Cabe lembrar que as atividades com fins sustentáveis ainda têm pouca influência sobre o território da floresta. Isto ocorre em parte às dificuldades encontradas por produtores sustentáveis na aquisição de apoio do mercado (MEDEIROS; PANTOJA, 2016; MUZELL, 2019). Em grande parte, na floresta amazônica a produção sustentável atual é fruto de uma atividade extrativa de pequeno porte e em muitos casos de caráter familiar (ECOAMAZÔNIA, 2016; MUZELL, 2019). À exemplo, pode ser citado o café agroflorestal Apuí que é produzido por famílias no sul do estado do Amazonas em áreas degradadas da floresta (MUZELL, 2019). Um aspecto importante e necessário referente à espécie corresponde à sua adaptação ao clima, ou seja, é um tipo de cultivar que se adapta em áreas de vegetação nativa, se beneficiando da sombra projetada pelas copas de árvores (MUZELL, 2019).

O crescimento da produção sustentável na Amazônia também gera retornos positivos quanto a captura de carbono da atmosfera, amenizando os impactos gerados por atividades como pecuária, agricultura, mineração e construção de barragens que induzem ao desmatamento do substrato florestal (MERRY; SOARES-FILHO, 2017; BRATMAN, 2019). No entanto, deve-se enfatizar a importância da união conjunta de países para a preservação do bioma, visto que a geração de créditos de carbono pode representar uma arma para países que não apoiem a causa sustentável, gerando uma oportunidade para a elevação dos índices de aquecimento terrestre (ECOAMAZÔNIA, 2016). Neste contexto, a aplicação de tecnologias da Quarta Revolução Industrial (4RI) representa uma oportunidade de expansão facilitada para o desenvolvimento sustentável, sanando as dificuldades de crescimento vivenciadas pela comunidade florestal, além de fortalecer as bases da cultura bioindustrial (RIBEIRO *et al.*, 2018).

Na conjuntura atual, diversas são as possibilidades de cadeias de cultivos existentes e que podem ser introduzidas em práticas de extração em larga escala na Amazônia 4.0, desde que sejam aprimoradas as técnicas de manejo, métodos de propagação, adubação, nutrição e sistemas de produção (EMBRAPA, 2016). Com relação às espécies frutíferas tropicais, na Amazônia brasileira concentram-se em torno de 44% das 500 espécies nativas existentes no país (EMBRAPA, 2016). Dentre estas, algumas merecem seu destaque pela domesticação já realizada na floresta a partir de práticas sustentáveis de manejo e não apenas extrativistas, a saber, o guaraná, o bacuri, o cupuaçu, o açaí, além de outros cultivos como a castanha-do-pará e a pupunha (EMBRAPA, 2016; NOBRE; NOBRE, 2018).

Segundo informações da Embrapa (2016), a domesticação do açaí ocorre desde 2002 em território amazônico nos estados do Amapá e do Pará. Além disso, o processo de produção ocorre através da técnica de manejo de mínimo impacto de açais nativos (EMBRAPA, 2016). Neste processo a distribuição de açazeiros combinada a outras espécies nativas se faz presente, contribuindo para a melhoria de qualidade da fruta, maior rendimento da polpa e facilitação na manutenção da limpeza do açaisal (EMBRAPA, 2016). Ainda conforme a Embrapa (2016) a produção de açaí apresentou um crescimento de mais de 75% no período entre os anos de 2009 e 2013, o que correspondeu a uma alta de 255% no faturamento.

No entanto, mesmo com a ampliação do cultivo de açaí nos últimos anos em terras degradadas do bioma, muitos extrativistas ainda consideram a pecuária como única fonte promissora de lucros (LOPES *et al.*, 2019). Em um estudo realizado por Lopes *et al.* (2019), foram analisados dois grupos de colonos da região de Feijó no estado do Acre, sendo verificado por exemplo, a liderança de práticas agropecuárias frente às técnicas de manejo sustentável. Tal fato indica a necessidade imediata de apoio governamental através de subsídios e programas de cunho sustentável a fim de reverter a consciência produtiva dos povos nessas regiões (RIBEIRO *et al.*, 2018).

Além disso, em cultivos como o bacuri e a castanha-do-pará a prática extrativista ainda impera em território amazonense (EMBRAPA, 2016). Todavia, a domesticação de castanha-do-pará dispõe de 3 a 5% do total produzido em castanhais cultivados (EMBRAPA, 2016; NOBRE; NOBRE, 2018). Já a produção do bacuri, concentrada na região norte do estado do Pará, tem apresentado um crescimento contínuo em manejos sustentáveis, tendo um retorno econômico considerável visto o grande valor associado à sua polpa (EMBRAPA, 2016). Em relação aos cultivos de palmeiras como o tucumã-do-amazonas e a pupunha, neste último a domesticação se faz mais presente (EMBRAPA, 2016). Entretanto, técnicas de cultivo para facilitar a germinação de sementes do tucumã têm sido implementadas a fim de apoiar sua domesticação e produção sustentável (EMBRAPA, 2016).

Vale ressaltar a falta de valorização de alguns cultivos nativos da região amazônica frente a questões logísticas, política de preços e preferência de consumidores (NOBRE; NOBRE, 2018). Ao longo do tempo, estes acabaram perdendo mercado e sendo substituídos por cultivos oriundos de outros países como a laranja e a maçã (EMBRAPA, 2016). Neste sentido podem ser ressaltados o murici, o bacuri e o pequiá que além de perderem destaque, sua produção ainda é prejudicada pelo desmatamento pois são árvores de maior potencial madeireiro (EMBRAPA, 2016). Por outro lado, existem outros cultivos nativos da floresta amazônica que são amplamente consumidos no Brasil, a saber, o abacaxi, o cacau, o caju e o maracujá (EMBRAPA, 2016; NOBRE; NOBRE, 2018). Além disso, mesmo nestes cultivos onde a domesticação sustentável já é uma realidade consolidada, o auxílio proposto por tecnologias da Quarta Revolução Industrial (4RI) apresenta benefícios quanto à maior produtividade, adaptação e qualidade final do produto (EMBRAPA, 2016; STRAND *et al.*, 2018).

Além dos benefícios evidenciados na indústria alimentícia, a biodiversidade amazônica apresenta alto potencial de contribuição para as indústrias farmacêutica, química e de cosméticos (EMBRAPA, 2016; MUZZELL, 2019). No caso do tucumã-do-pará, o óleo de sua amêndoa possui uma rica propriedade para a produção de biodiesel (EMBRAPA, 2016). Já o dendê, embora nativo da África Ocidental, é um tipo de palma que tem apresentado uma boa adaptabilidade às condições climáticas do continente americano, sendo uma interessante opção de cultivo em áreas degradadas do bioma amazônico (EMBRAPA, 2016). Dentre os benefícios obtidos em seu cultivo sua alta produtividade se destaca, onde um hectare do cultivar pode gerar cerca de cinco toneladas de óleo por ano, superando em 86% a produtividade do cultivo de mamona e em 90% o de soja (EMBRAPA, 2016).

Diante a isso, o dendê possui uma vasta possibilidade de aplicação servindo para a produção de alimentos como sorvetes, biscoitos, margarinas, e outros produtos como sabonetes, detergentes, lubrificantes, e até na produção de biocombustíveis (EMBRAPA, 2016). Outros aspectos positivos inerentes ao cultivar correspondem à sua contribuição no processo de sequestro de carbono da atmosfera bem como a sua alta eficiência econômica e produtiva comprovada quando utilizado em consórcios de banana, mandioca e abacaxi (EMBRAPA, 2016). Ainda de acordo com a Embrapa (2016), os sistemas palma/abacaxi, palma/banana e palma/mandioca apresentaram uma redução dos custos de produção em 100%, 86,7% e 64,5%, respectivamente. Sendo que em consórcios de feijão, milho e amendoim, a palmeira apresentou um ótimo crescimento vegetativo (EMBRAPA, 2016).

Além disso, em estudos recentes, cultivos como o uxi, pau-rosa, camu-camu, abiu e cajá também estão sendo incorporados à dinâmica de desenvolvimento sustentável em áreas degradadas da floresta (EMBRAPA, 2016; NOBRE; NOBRE, 2018). Desta forma, a plenitude de cultivos em áreas nativas busca aliar o combate da exploração irracional do bioma às técnicas de produção sustentável direcionadas ao apoio ambiental e socioeconômico local (NOBRE; NOBRE,

2018; MUZELL, 2019). Sendo assim, a ampliação da visão produtiva da comunidade florestal consolida uma nova etapa de desenvolvimento focado nas bases da Quarta Revolução Industrial (4RI) (GALFORD *et al.*, 2013; RIBEIRO *et al.*, 2018).

Por fim, é importante salientar sobre os desafios existentes na expansão produtiva de PFNMs em planos sustentáveis que imperam em sua maioria na mudança da consciência produtiva de indivíduos (STRAND *et al.*, 2018). Atualmente, as medidas para implementação de uma cultura sustentável têm gerado pouco impacto, o que pode ser comprovado pelo aumento das taxas de desmatamento do bioma amazônico nos últimos sete anos (TERRABRASILIS, 2020). Isto se deve à falta de novos programas focados na resolução de questões logísticas, de amparo à pesquisa de ativos biológicos, bem como relacionadas ao treinamento e capacitação de povos locais (RIBEIRO *et al.*, 2018). Além disso, a falta de incentivos por parte do governo e de instituições consolidadas acabam por minimizar o grande potencial produtivo do bioma e, sobretudo, a possibilidade de maiores lucros frente às práticas de extração irracionais (DE OLIVEIRA *et al.*, 2019; LOPES *et al.*, 2019).

## 5. CONCLUSÃO

O presente estudo contemplou os desafios e benefícios existentes no desenvolvimento de uma Amazônia 4.0 pautada na aplicação de tecnologias da Quarta Revolução Industrial (4RI) para o aprimoramento de técnicas de manejo sustentável. Além disso, o estudo apresentou efetividade no alcance de seu objetivo, analisando caminhos focados no desenvolvimento sustentável da floresta, além de contribuir para a formação de opinião e geração de conhecimento. Frente a isso, foi observado que a utilização de tecnologias da Quarta Revolução Industrial (4RI) pode contribuir tanto em cultivos já domesticados a partir de técnicas de desenvolvimento sustentável e no aperfeiçoamento da qualidade produtiva quanto na descoberta de novos ativos biológicos inexplorados.

No que se refere à comunidade local da floresta tropical amazônica, esta é marcada pela falta de informação e conhecimento do potencial produtivo da biodiversidade do bioma. Dessa forma, a criação de bases sólidas para um modelo sustentável como o da Amazônia 4.0 indica a realização de transformações importantes nos contextos sociais e tecnológicos. Sendo assim, a necessidade de modificação da consciência produtiva de extrativistas locais é uma realidade que pode ser obtida a partir do fortalecimento de práticas de manejo sustentável amparadas pela comunidade científica com a comprovação em dados de natureza quantitativa e com a intensificação de práticas de fiscalização do governo para o maior controle da exploração irracional.

Em se tratando dos benefícios alcançados com a implementação de manejos sustentáveis, há a possibilidade de combinação de cultivos sem ocorrer a perda de produtividade destes, a captura de carbono da atmosfera bem como a intensificação da geração de empregos e renda para a comunidade local e redução dos níveis de desmatamento. Além disso, a economia associada a comercialização de ativos biológicos apresenta alto potencial de crescimento, desde que apoiada de maneira efetiva. Já com relação à renda proporcionada, esta é distribuída de forma mais igualitária em comparação a outros padrões de extração existentes.

## REFERÊNCIAS

- BRATMAN, Eve Z. **Governing the Rainforest: Sustainable Development Politics in the Brazilian Amazon**. Oxford University Press, 2019.
- CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. Bolsa Verde. 2020. Disponível em: <http://www.caixa.gov.br/poder-publico/programas-uniao/meio-ambiente-saneamento/bolsa-verde/Paginas/default.aspx>. Acesso em: 21 jun. 2020.
- COSTA, Marcos H. *et al.* Climate risks to Amazon agriculture suggest a rationale to conserve local ecosystems. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v. 17, n. 10, p. 584-590, 2019.
- DE OLIVEIRA, Aline S. *et al.* Economic losses to sustainable timber production by fire in the Brazilian Amazon. **The Geographical Journal**, v. 185, n. 1, p. 55-67, 2019.
- ECOAMAZÔNIA. Amazônia e a Mineração. 2016. Disponível em: <https://www.ecoamazonia.org.br/2016/06/amazonia-mineracao/>. Acesso em: 21 jun. 2020.
- EMBRAPA. Dendê é opção para plantio em 30 milhões de hectares da Amazônia. 2016. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/14817957/dende-e-opcao-para-plantio-em-30-milhoes-de-hectares-da-amazonia>. Acesso em: 21 jun. 2020.

- EMBRAPA. Amazônia é berço de frutas nativas de alto potencial comercial. 2016. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/14818376/amazonia-e-berco-de-frutas-nativas-de-alto-potencial-comercial>. Acesso em: 21 jun. 2020.
- FUNDO AMAZÔNIA (Rio de Janeiro). Guia para o Monitoramento de Efetividade de Projetos de Produção Sustentável apoiados pelo Fundo Amazônia. 2020. Disponível em: <http://www.fundoamazonia.gov.br/pt/noticia/Guia-para-o-Monitoramento-de-Efetividade-de-Projetos-de-Producao-Sustentavel-apoiados-pelo-Fundo-Amazonia/>. Acesso em: 22 jun. 2020.
- G1 PA. Pará é o estado com maior índice de desmatamento da Amazônia Legal, aponta Imazon. 2018. Disponível em: <https://g1.globo.com/pa/para/noticia/para-e-o-estado-com-maior-indice-de-desmatamento-da-amazonia-legal-aponta-imazon.ghtml>. Acesso em: 21 jun. 2020.
- GALFORD, Gillian L.; SOARES-FILHO, Britaldo; CERRI, Carlos EP. Prospects for land-use sustainability on the agricultural frontier of the Brazilian Amazon. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 368, n. 1619, p. 20120171, 2013.
- GLESNE, Corrine. **Becoming qualitative researchers: An introduction**. Pearson. One Lake Street, Upper Saddle River, New Jersey 07458, 2016.
- GOULART, Fernando F.; CARVALHO-RIBEIRO, Sonia; SOARES-FILHO, Britaldo. Farming-biodiversity segregation or integration? Revisiting land sparing versus land sharing debate. **Journal of Environmental Protection**, v. 7, n. 7, p. 1016-1032, 2016.
- GOVERNO FEDERAL. Fundo Amazônia: políticas públicas orientadoras. Políticas públicas orientadoras. 2020. Disponível em: [http://www.fundoamazonia.gov.br/export/sites/default/pt/galleries/documentos/prevencao-e-controle-do-desmatamento/PAS\\_Plano\\_Amazonia\\_Sustentavel.pdf](http://www.fundoamazonia.gov.br/export/sites/default/pt/galleries/documentos/prevencao-e-controle-do-desmatamento/PAS_Plano_Amazonia_Sustentavel.pdf). Acesso em: 20 jun. 2020.
- IMAZON. 70% da exploração madeireira no Pará é ilegal, de acordo com estudo do Imazon. 2020. Disponível em: <https://imazon.org.br/imprensa/imazon-avalia-exploracao-madeireira-ilegal-paraense/>. Acesso em: 21 jun. 2020.
- INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. PRODES - Amazônia. 2020. Disponível em: <http://www.obt.inpe.br/OBT/assuntos/programas/amazonia/prodes>. Acesso em: 20 jun. 2020.
- KOCHE, José Carlos. **Fundamentos de metodologia científica**. Editora Vozes, 2016.
- KUMAR, Ranjit. **Research methodology: A step-by-step guide for beginners**. Sage Publications Limited, 2019.
- LOPES, E. *et al.* Mapping the socio-ecology of Non-Timber Forest Products (NTFP) extraction in the Brazilian Amazon: The case of açaí (Euterpe precatoria Mart) in Acre. **Landscape and Urban Planning**, v. 188, p. 110-117, 2019.
- LOVEJOY, Thomas E.; NOBRE, Carlos. Amazon tipping point: Last chance for action. 2019.
- MEDEIROS, Rodrigo; PANTOJA, Eugênio. O desafio do desenvolvimento sustentável na Amazônia: a história da exploração da floresta foi cheia de erros. Mas ainda dá tempo mudar e criar um futuro para se orgulhar. 2016. Disponível em: <https://epoca.globo.com/colunas-e-blogs/blog-do-planeta/amazonia/noticia/2015/06/o-desafio-do-desenvolvimento-sustentavel-na-amazonia.html>. Acesso em: 20 jun. 2020.
- MERRY, Frank; SOARES-FILHO, Britaldo. Will intensification of beef production deliver conservation outcomes in the Brazilian Amazon?. **Elem Sci Anth**, v. 5, 2017.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Fundo Amazônia. 2020. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/apoio-a-projetos/fundo-amazonia>. Acesso em: 21 jun. 2020.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. A Estratégia Nacional para REDD+ do Brasil. 2020. Disponível em: <http://redd.mma.gov.br/pt/>. Acesso em: 21 jun. 2020.
- MUZELL, Lúcia. "Aglhas num palheiro": produtores sustentáveis na Amazônia batalham por apoio do mercado. 2019. Disponível em: <http://www.rfi.fr/br/brasil/20191226-produtores-sustentaveis-na-amazonia-batalham-por-mais-espaço>. Acesso em: 21 jun. 2020.
- NOBRE, Carlos A. *et al.* Land-use and climate change risks in the Amazon and the need of a novel sustainable development paradigm. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 113, n. 39, p. 10759-10768, 2016.
- NOBRE, Ismael; NOBRE, Carlos A. The Amazonia third way initiative: the role of technology to unveil the potential of a novel tropical biodiversity-based economy. *In: Land Use-Assessing the Past, Envisioning the Future*. IntechOpen, 2018.
- OLIVEIRA, A. S. *et al.* Bringing economic development for whom? An exploratory study of the impact of the Interoceanic Highway on the livelihood of smallholders in the Amazon. **Landscape and Urban Planning**, v. 188, p. 171-179, 2019.
- RIBEIRO, Sônia M. Carvalho *et al.* Can multifunctional livelihoods including recreational ecosystem services (RES) and non timber forest products (NTFP) maintain biodiverse forests in the Brazilian Amazon?. **Ecosystem Services**, v. 31, p. 517-526, 2018.
- SANTOS DE LIMA, Letícia *et al.* Illegal logging as a disincentive to the establishment of a sustainable forest sector in the Amazon. **Plos one**, v. 13, n. 12, p. e0207855, 2018.
- SOUZA-RODRIGUES, Eduardo. Deforestation in the Amazon: A unified framework for estimation and policy analysis. **The Review of Economic Studies**, v. 86, n. 6, p. 2713-2744, 2019.
- STRAND, Jon *et al.* Spatially explicit valuation of the Brazilian Amazon forest's ecosystem services. **Nature Sustainability**, v. 1, n. 11, p. 657-664, 2018.
- TERRABRASILIS. PRODES (Desmatamento). 2020. Disponível em: [http://terrabilis.dpi.inpe.br/app/dashboard/deforestation/biomes/legal\\_amazon/rates](http://terrabilis.dpi.inpe.br/app/dashboard/deforestation/biomes/legal_amazon/rates). Acesso em: 21 jun. 2020.
- THE ECONOMIST. The Amazon is approaching an irreversible tipping point. 2019. Disponível em: <https://www.economist.com/briefing/2019/08/01/the-amazon-is-approaching-an-irreversible-tipping-point>. Acesso em: 21 jun. 2020.
- ZANGIROLAMI-RAIMUNDO, Juliana; DE OLIVEIRA ECHEIMBERG, Jorge; LEONE, Claudio. Research methodology topics: Cross-sectional studies. **Journal of Human Growth and Development**, v. 28, n. 3, p. 356-360, 2018.