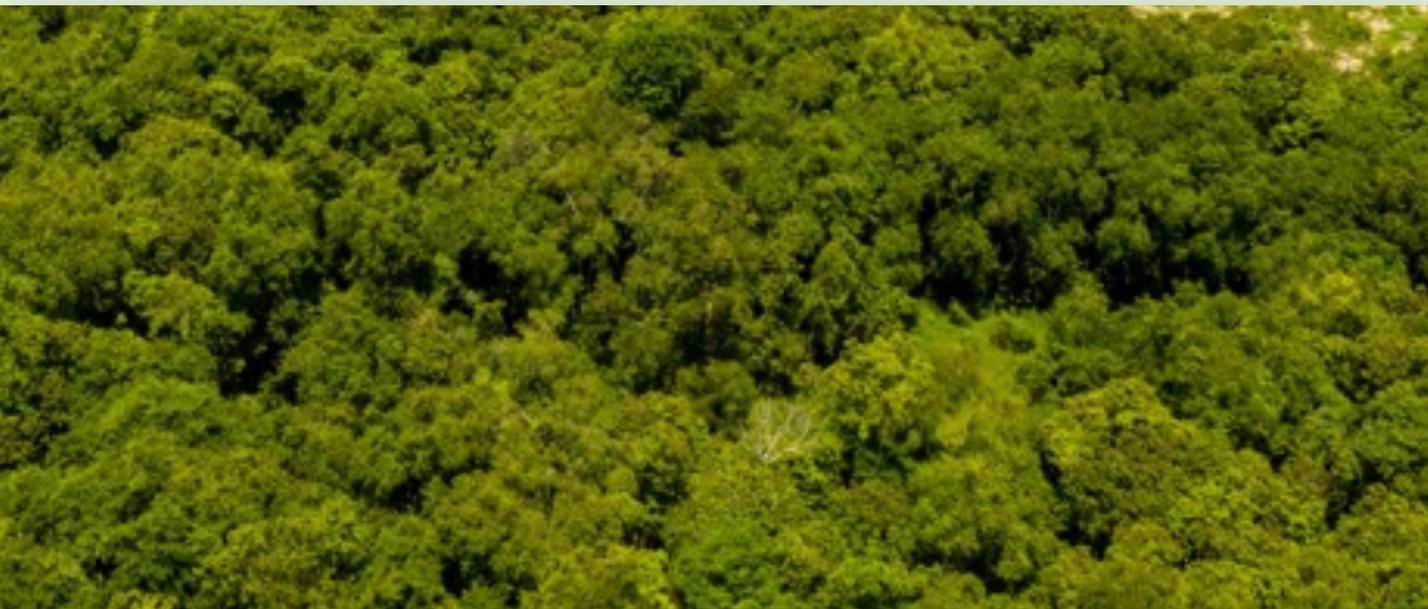


SUMÁRIO EXECUTIVO

ART TREES 2.0 MATO GROSSO

| Remoções de carbono

Setembro 2023



Equipe The Nature Conservancy

Equipe Agrosatélite

Coordenador

Moisés Salgado

Equipe técnica

Adriana A. Moreira

Kênia S. Santos

Nildson R. de França e Silva

Rafael Cardão Augusto

Customer Success

Luciana de Oliveira

Contextualização

O Estado de Mato Grosso tem desempenhado um papel fundamental na proteção ambiental, concentrando seus esforços na redução do desmatamento e na preservação de suas florestas. Além de buscar deter o desmatamento e minimizar a degradação florestal, o Mato Grosso tem trabalhado ativamente na redução das emissões de carbono. Em 2021, o estado apresentou uma proposta à Coalizão *Lowering Emissions by Accelerating Forest Finance* (LEAF)¹, que exige a conformidade com os requisitos do Padrão de Excelência Ambiental REDD+ da Arquitetura para transações REDD+ (conhecido como ART TREES)² para obter créditos de carbono.

O Padrão ART TREES não apenas possibilita a geração de créditos com base na redução das emissões de carbono, mas também permite a obtenção de créditos associados ao sequestro do carbono devido ao crescimento de florestas secundárias e áreas de reflorestamento.

Para estimar o potencial de remoção de carbono pela vegetação, é crucial entender o quanto a vegetação é capaz de retirar de carbono da atmosfera. Os fatores de remoção desempenham um papel fundamental nesse processo, indicando a taxa pela qual a vegetação, por meio de seus processos fisiológicos, sequestra carbono da atmosfera. Essa taxa pode variar de acordo com fatores como incidência de fogo, frequência de desmatamento, degradação florestal e, particularmente a idade da vegetação.

Estudos recentes^{3,4,5} têm demonstrado que vegetações mais jovens, com menos de 20 anos, tendem a remover mais carbono da atmosfera do que vegetações mais maduras, com mais de 20 anos. Portanto, a adoção de um único fator de remoção para todas as idades da vegetação pode não representar de maneira abrangente o potencial de remoção de carbono dessa vegetação.

Metodologia

Atualmente são empregados nas comunicações nacionais, como no IV Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI)⁶, fatores de remoção que não permitem a estratificação pela idade da vegetação, assumindo uma remoção linear ao longo do tempo.

A abordagem atualmente empregada pode não refletir adequadamente toda a complexidade dos processos fisiológicos da vegetação ao longo do tempo, podendo subestimar ou até superestimar o potencial de remoção de carbono pela vegetação secundária.

Nesse contexto, para apoiar Mato Grosso na estimativa do potencial de remoção de suas florestas secundárias, a *The Nature Conservancy* (TNC), em parceria com o Agrosatélite, desenvolveu um estudo para estimar o potencial de remoção de carbono das áreas de vegetação secundária florestal, nos biomas Amazônia e Cerrado do estado de Mato Grosso, de acordo com os requerimentos do padrão ART TREES.

A abordagem utilizada considerou a idade da vegetação secundária como um fator importante para estratificar os fatores de remoção. A metodologia envolveu a obtenção de dados sobre vegetação secundária, biomassa acima do solo (AGB) e informações sobre a idade da vegetação secundária. Para isso, foram consideradas as áreas de vegetação secundária identificadas pelo TerraClass⁷, um projeto desenvolvido em parceria pela Embrapa e pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), vinculado ao MCTI. Além disso, foram usados dados de biomassa acima do solo, da Agência Espacial Europeia (ESA)⁸ para estimar o estoque de carbono da vegetação, juntamente com informações de idade da vegetação secundária provenientes do produto de Desmatamento e Vegetação Secundária do projeto MapBiomass⁹.

Estes dados foram utilizados para analisar os padrões de incremento de biomassa da vegetação secundária ao longo de seu crescimento, permitindo estimar fatores de remoção para diferentes estratos de idade da vegetação secundária.

Resultados e Implicações

Com base nos fatores de remoção obtidos, foi possível calcular a quantidade de carbono removida das áreas de vegetação secundária nos biomas Amazônia e Cerrado, seguindo os requerimentos do padrão ART TREES. Os resultados revelam que, utilizando os fatores de remoção atualmente empregados no IV Inventário Nacional, pode-se alcançar entre 14 e 18 M tCO₂ removidas pela vegetação secundária do Mato Grosso. No entanto, usando os fatores de remoção propostos neste estudo, o quantitativo de remoções pode alcançar entre 18 e 22. Ou seja, de uma a mais de quatro vezes o quantitativo obtido

usando os fatores do IV Inventário Nacional.

Esses resultados destacam que a dinâmica de crescimento da vegetação pode estar subestimada, especialmente em seus estágios iniciais, quando ocorre um aumento significativo na biomassa, se forem empregados fatores de remoção estáticos. Isso indica que existe uma grande oportunidade de revisão dos fatores de remoção atualmente utilizados, visando aprimorar as estimativas de remoção de carbono das florestas secundárias, o que contribuiria para as metas globais de redução das emissões de gases de efeito estufa.

¹ *Lowering Emissions by Accelerating Forest Finance* (LEAF). Disponível em <<https://www.leafcoalition.org/pt/home/>> Acesso em 09 de Agosto de 2023.

² Architecture for REDD+ Transactions (ART) The REDD+ Environmental Excellence Standard (TREES). Disponível em <<https://www.artredd.org/>>. Acesso em 09 de Junho de 2023.

³ HEINRICH, Viola HA et al. Mind the Gap: Reconciling tropical forest carbon flux estimates from Global Earth Observation and National Reporting. 2023.

⁴ ANDERSON, Liana Oighenstein et al. Disentangling the contribution of multiple land covers to fire-mediated carbon emissions in Amazonia during the 2010 drought. *Global biogeochemical cycles*, v. 29, n. 10, p. 1739-1753, 2015.

⁵ YANG, Yan et al. Interannual variability of carbon uptake of secondary forests in the Brazilian Amazon (2004-2014). *Global Biogeochemical Cycles*, v. 34, n. 6, p. e2019GB006396, 2020.

⁶ IV Inventário - LULUCF (Uso da Terra, Mudança de Uso da Terra e Florestas). Disponível em <<https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/publicacoes/relatorios-de-referencia-setorial>>. Acesso em 03 de Agosto de 2023.

⁷ Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). TerraClass. Disponível em <<https://www.terraclass.gov.br/>>. Acesso em 03 de Agosto de 2023.

⁸ SANTORO, M.; CARTUS, O. (2019): ESA Biomass Climate Change Initiative (Biomass_cci): Global datasets of forest above-ground biomass for the year 2017, v1. Centre for Environmental Data Analysis, 02 December 2019. doi:10.5285/bedc59f37c9545c981a839eb552e4084.

⁹ MapBiomass. Deforestation and Secondary Vegetation – Appendix. Collection 7.1. version 1. Disponível em <https://mapbiomas-br-site.s3.amazonaws.com/Metodologia/Collection%207.1/Deforestation__Secondary_Vegetation_Appendix_-_ATBD_Collection_7.1.docx.pdf> Acesso em 30 de Agosto de 2023.

Fontes de dados
e procedimentos metodológicos

**ART TREES 2.0
MATO GROSSO**

| Remoções de carbono



Informações sobre Vegetação Secundária

A primeira etapa da metodologia foi a identificação das áreas de vegetação secundária. Para isso, foram avaliadas diversas fontes de dados disponíveis e selecionado o mapeamento do projeto TerraClass. O TerraClass baseia-se na interpretação visual dos polígonos de desmatamento identificados pelo Projeto de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Legal por Satélite (PRODES)¹⁰, usando imagens Landsat com uma resolução espacial de 30 metros. Atualmente, a metodologia vem se desenvolvendo para a utilização de métodos baseados em aprendizagem de máquina e imagens com resolução mais alta (10 metros).

Em relação a disponibilidade temporal destes mapeamentos, estão disponíveis para o bioma Amazônia para os anos 2004, 2008, 2010, 2012, 2014 e 2020.

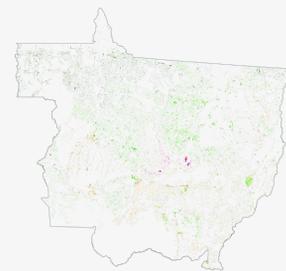
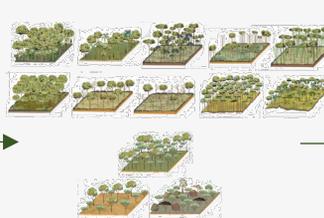
Para o Cerrado estão disponíveis para os anos de 2018 e 2020. Neste sentido, os mapeamentos do ano de 2020, único ano em comum aos dois biomas no âmbito do projeto TerraClass, foi utilizado para a geração dos estratos de vegetação secundária. Esses mapeamentos foram unificados no limite do estado do Mato Grosso e tiveram suas legendas padronizadas para garantir uma harmonização consistente. Posteriormente, foram selecionadas apenas as áreas classificadas como vegetação secundária e, dentro dessa classe, foram consideradas apenas os estratos que apresentavam fitofisionomias florestais (IBGE)¹¹, conforme definido no *National Forest Reference Emission Level (FREL)*¹², no IV Inventário Nacional e pelo *Global Forest Resources Assessment (FRA)* da FAO¹³.

Mapa de Uso e Cobertura TerraClass

Vegetação Secundária TerraClass

Fitofisionomias Florestais IBGE

Vegetação Secundária em Fitofisionomias Florestais



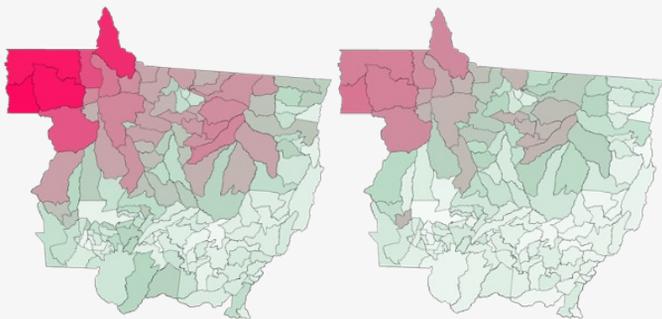
Informações sobre Biomassa acima do solo

Para calcular os fatores de remoção, é essencial ter dados sobre a biomassa acima do solo (*Aboveground Biomass – AGB*). Atualmente estão disponíveis diversas fontes de dados baseados em sensoriamento remoto que disponibilizam essas informações, cobrindo quase todo o globo, e em escala espacial que varia de 25 a 500 metros. Para este projeto foram analisadas diferentes fontes de dados de AGB e, levando em consideração a cobertura espacial, a disponibilidade temporal e a concordância com a literatura científica, foi selecionado o *Climate Change Initiative Biomass Project (CCI)*⁸.

O *CCI Biomass* é um projeto desenvolvido pela *European Space Agency (ESA)*, com o objetivo de gerar estimativas globais AGB com base em dados de sensoriamento remoto para uma série de anos entre 2005 e 2022, além de também buscar quantificar as mudanças que ocorrem em termos de biomassa. Os dados de AGB estão atualmente disponíveis para os anos de 2010, 2017, 2018, 2019 e 2020, cobrindo todo o globo, de forma contínua, ou seja, todo *pixel* dentro da zona de cobertura possui um valor válido de AGB, em uma resolução espacial de 100 metros. Para garantir compatibilidade temporal com os dados de uso e cobertura da terra do TerraClass, empregados para obtenção das áreas de vegetação secundária, utilizou-se os dados do *CCI Biomass* para o ano de 2020.

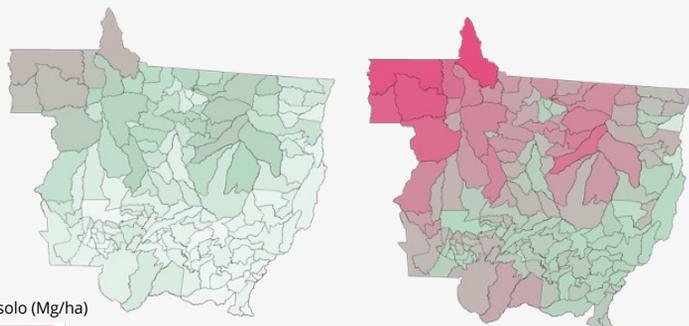
CCI Biomass⁸

GEDI¹⁴



NASA¹⁵

WHRC¹⁶



Biomassa acima do solo (Mg/ha)



Informações sobre a idade da vegetação

Para a modelagem dos fatores de remoção também é necessário a obtenção de informações sobre a idade dos estratos de vegetação secundária. Para isso, foi utilizado o produto de Desmatamento e Vegetação Secundária do projeto MapBiomas⁹, que permitiu a atribuição da idade aos estratos de vegetação secundária. Este produto tem como objetivo identificar as áreas de desmatamento e de vegetação secundária com base na trajetória do *pixel* ao longo da série temporal. Na metodologia deste produto, os mapas de uso e cobertura da terra são reclassificados para classes naturais e antrópicas, e por meio da análise da trajetória do *pixel* são identificadas as mudanças de classes naturais para antrópicas, possibilitando a identificação de desmatamento, e de classes antrópicas para naturais, com a identificação de vegetação secundária. A metodologia também se preocupa com a consistência destas classes, e desta forma, ao identificar uma mudança em um determinado ano, são analisados a trajetória deste *pixel* nos anos anteriores e posteriores à mudança, para verificar a sua consistência.

quando esta é identificada, é possível contar por quantos mapeamentos esta classe permaneceu como vegetação secundária, possibilitando atribuir uma idade a cada *pixel* desta classe. É importante ressaltar que, apesar da série de mapeamento do MapBiomas iniciar em 1985, para este produto (Desmatamento e Vegetação Secundária), o início acontece em 1987. Os dois primeiros anos da série temporal são usados para conferência da consistência das mudanças. Da mesma forma, o último ano da série (2021, para a Coleção 7.1) também é utilizado para verificar a consistência das trajetórias, fazendo que com a série se estenda até 2020.

Neste sentido, considerando a disponibilidade das informações de idade da Vegetação Secundária para o ano base deste estudo (2020), o produto de Desmatamento e Vegetação Secundária foi adotado como fonte de informações para os estratos de vegetação secundária do TerraClass.

Atribuição de informações aos estratos

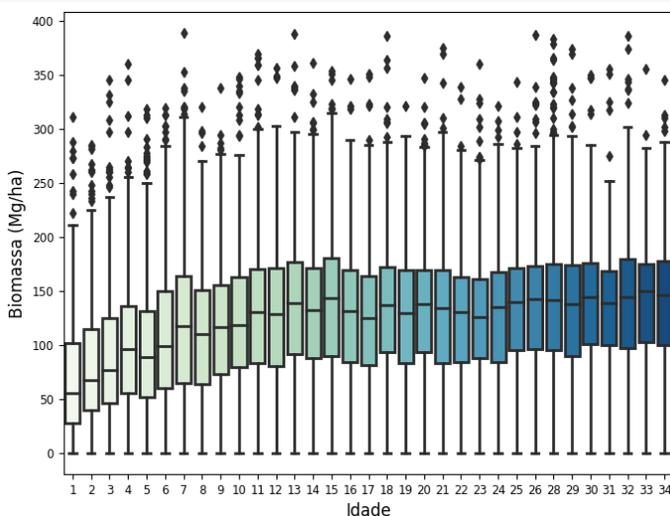
Para atribuição das informações de AGB e de idade aos estratos de Vegetação Secundária do TerraClass gerou-se máscaras do tipo matricial para cada idade da Vegetação Secundária, utilizando o produto de idade do MapBiomas. Posteriormente, foram geradas máscara de áreas de Vegetação Secundária do TerraClass, e esta máscara foi então aplicada aos dados de AGB do CCI Biomass. O dado de AGB filtrado apenas para as áreas de Vegetação Secundária foi novamente filtrado para fitofisionomias florestais.

Em posse do dado de AGB filtrado para as áreas de Vegetação Secundária e fitofisionomias do tipo florestal, foram aplicadas as

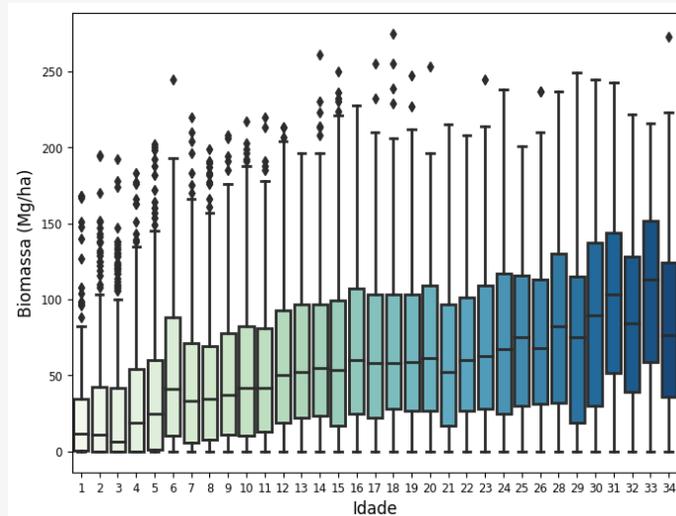
máscaras para cada idade da Vegetação Secundária. Desta foram, obteve-se 34 novas imagens de AGB, sendo uma para cada idade da vegetação. Para cada um destes resultados foram obtidas as distribuições dos valores de AGB de cada imagem.

Com base neste procedimento, obteve-se uma distribuição de valores de AGB para cada idade da Vegetação Secundária, para os biomas Amazônia e Cerrado. E a partir dela foi possível prosseguir com os procedimentos metodológicos (Simulação Monte Carlo e modelagem Chapman-Richards) que proporcionaram a obtenção dos fatores de remoção.

Amazônia



Cerrado



Modelagem dos Fatores de Remoção

Para obter os fatores de remoção para os estratos de vegetação secundária, é crucial entender sobre o crescimento dessas áreas florestais na região de interesse. Uma das formas de obter uma curva que descreva o crescimento da vegetação secundária é por meio de modelagem matemática. Um dos modelos matemáticos amplamente utilizados para essa finalidade é a função Chapman-Richards¹⁷. Esta função tem sido amplamente utilizada na modelagem do aumento de biomassa e a incorporação de carbono pela vegetação ao longo do seu crescimento, devido a sua flexibilidade e adaptação à diferentes variáveis dendométricas, como AGB, volume, altura e diâmetro das espécies arbóreas, por exemplo. A equação da função Chapman-Richards é apresentada abaixo.

$$Y_t = A(1 - e^{-kt})^c$$

Onde Y é o valor da variável dendométrica a ser obtido no tempo t , A é o valor assintótico de Y , ou seja, o valor máximo que Y atingirá ao longo do tempo, k é o coeficiente que determina a taxa de crescimento, t é a idade, e c é o coeficiente que determina o formato da curva de crescimento. Para o ajuste dos parâmetros (A , k e c) do modelo Chapman-Richards foi utilizado o método dos Mínimos Quadrados. Para isso, foram determinados valores iniciais dos parâmetros e com base neles foram calculados valores de AGB. Com base nos valores modelados e nos valores de AGB obtidos pelos dados de sensoriamento remoto torna-se possível o cálculo da soma do erro quadrático. Esse procedimento é realizado iterativamente, ajustando os parâmetros até que o erro quadrático seja minimizado ou até atingir um número máximo de iterações predefinido. Portanto, os parâmetros ajustados da função Chapman-Richards são aqueles que resultam no menor erro quadrático entre os dados observados e os dados modelados, permitindo descrever o crescimento da vegetação secundária em função do tempo.

Modelagem dos Fatores de Remoção

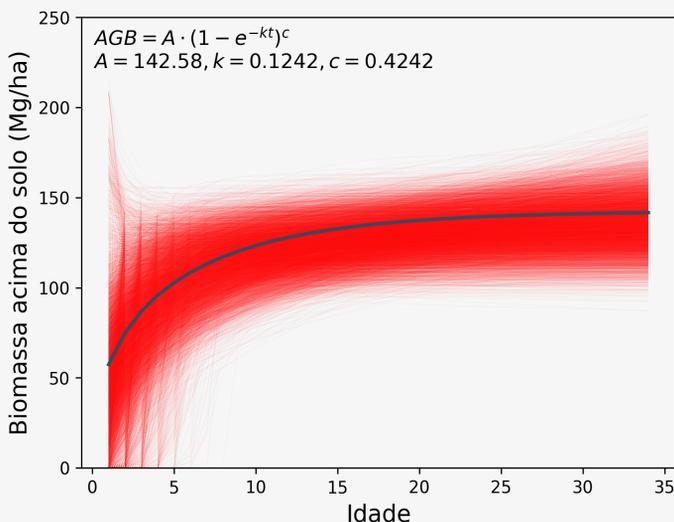
Com o objetivo de atender aos requerimentos do padrão ART TREES foi realizada simulações Monte Carlo¹⁸ (*número de simulações = 10.000*), com base na distribuição de valores de AGB ao longo das idades das áreas de vegetação secundária.

Para as áreas de vegetação secundária, foram obtidos aleatoriamente 10.000 valores de AGB para cada idade, com base na simulação Monte Carlo. Posteriormente, com base nesta distribuição de valores de AGB por idade foram modeladas 10.000 curvas de incremento de AGB ao longo do tempo com base na função de Chapman-Richards.

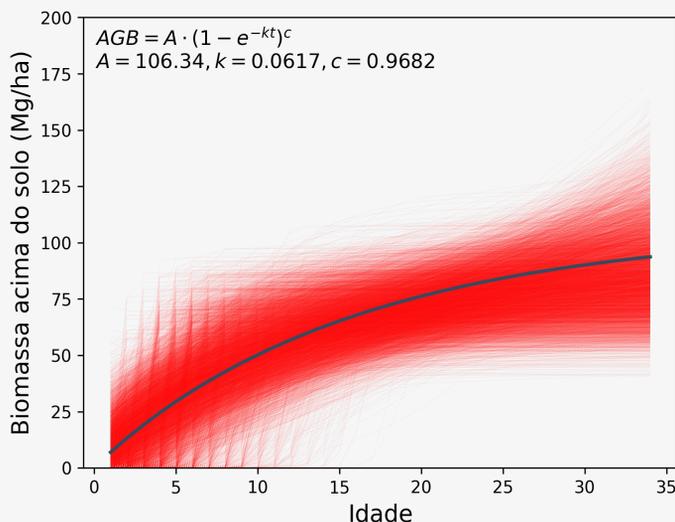
A curva resultante foi obtida pela mediana das curvas modeladas, e o intervalo de confiança de 90% foi calculado como a média do intervalo de confiança de 90% das 10.000 simulações Monte Carlo, seguindo metodologia empregada em Rappaport et al. (2018)¹⁹.

Os resultados proporcionaram obter o ajuste dos parâmetros da função Chapman-Richards para duas curvas de incremento de biomassa em função da idade, para os biomas Amazônia e Cerrado, do estado do Mato Grosso.

Amazônia



Cerrado

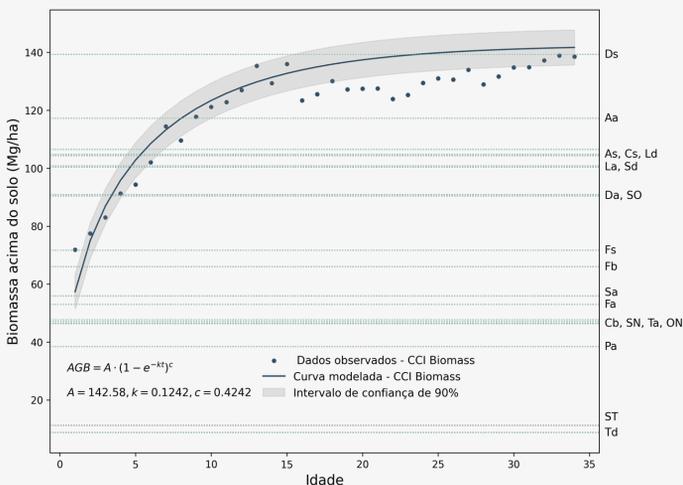


Modelagem dos Fatores de Remoção

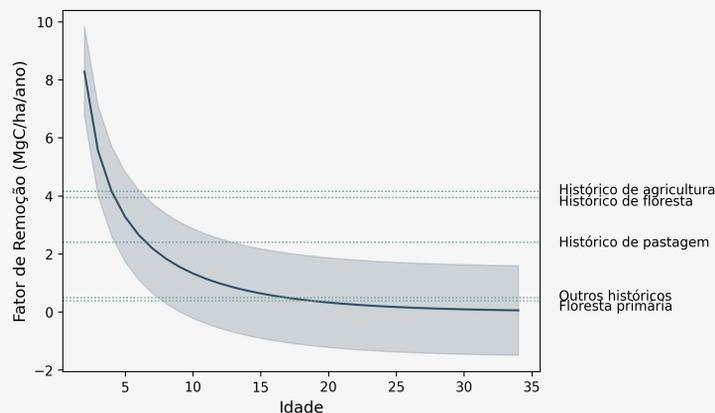
Os fatores de remoção são medidas importantes utilizadas para quantificar a capacidade das florestas e dos ecossistemas em retirar carbono da atmosfera e armazená-lo na biomassa da vegetação. Esses fatores são geralmente calculados com base em uma função de incremento de biomassa ao longo do tempo, fornecendo uma taxa na qual o carbono é retirado da atmosfera ao passo que a vegetação cresce. Para obtenção dos fatores de remoção de carbono foi realizada a conversão dos valores de AGB modelados pela função Chapman-Richards em valores de carbono, com a multiplicação destes valores pelo fator de conversão utilizado pela comunidade científica e também adotado pelo IV Inventário Nacional (0.47).

Posteriormente, os valores de incremento anual de carbono pela vegetação devido ao seu crescimento foram derivados da curva modelada, seguindo metodologia adotada em Cassol (2017)²⁰. Desta forma, foi obtida uma curva com os fatores de remoção de carbono para a vegetação secundária do estado do Mato Grosso. Os resultados obtidos foram comparados com aqueles observados na literatura e no IV Inventário Nacional.

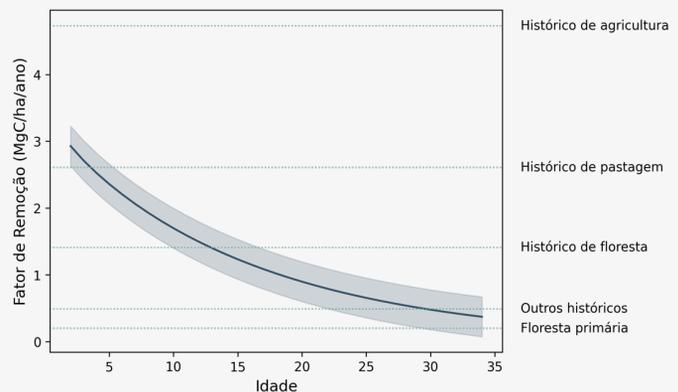
Curva de incremento de biomassa - Amazônia



Fatores de Remoção Amazônia



Fatores de Remoção Cerrado



Cálculo das Remoções

Para calcular as remoções de carbono para as áreas elegíveis, foram adotadas algumas estratégias que permitiram obter as informações necessárias para realização dos cálculos. A primeira etapa foi a obtenção da idade da Vegetação para todos os estratos analisados e que não possuem informação de idade proveniente do produto de Desmatamento e Vegetação Secundária do MapBiomas.

A obtenção das idades de todos os estratos de vegetação secundária é uma etapa fundamental, uma vez que essa informação é determinante para obtenção das áreas elegíveis para o cálculo das remoções.

Para a modelagem dos fatores de remoção, a informação de idade foi obtida por meio da sobreposição do produto de Desmatamento e Vegetação Secundária do MapBiomas. Por meio dessa sobreposição foi possível obter informação de idade para cerca de 42,79% dos polígonos de vegetação secundária do TerraClass 2020, fomentando a modelagem dos fatores de remoção.

No entanto, para obter o quantitativo de remoções de carbono das áreas elegíveis para creditação, é necessário que todos os polígonos do TerraClass 2020 possuam uma informação de idade associada.

Neste sentido, para as áreas que não possuem informação de idade proveniente do produto de Desmatamento e Vegetação Secundária do MapBiomas foi utilizada metodologia empregada em Wang et al. (2020)²¹ que objetiva obter as informações de idade da vegetação secundária com base nos mapeamentos do TerraClass.

Nesta metodologia analisa-se a trajetória dos *pixels*, da mesma forma que são obtidas as informações de idade pelo MapBiomas, mas com a diferença de obter a informação de idade para agrupamentos de idade devido a limitação de não estarem disponíveis mapeamentos anuais.

Cálculo das Remoções

Após a estratificação das áreas de vegetação secundária e a obtenção de informações de idade para todos os estratos foi possível, juntamente com os fatores de remoção modelados, realizar o cálculo das remoções de carbono conforme os requerimentos do padrão ART TREES.

De acordo com os requerimentos do ART TREES os participantes podem creditar as remoções quando demonstrarem que as emissões de desmatamento e degradação foram reduzidas abaixo do nível de creditação TREES, em cada ano que se pretenda creditar as remoções. Após determinar a elegibilidade para a creditação das remoções, os participantes precisam calcular o nível de creditação. Nessa etapa, é necessário calcular a média da área de plantios comerciais e de restauração natural ao longo de um período de referência de 5 anos. Se for possível fazer uma distinção entre plantios comerciais e restauração natural, todos os estratos naturais tornam-se elegíveis para a creditação. No caso dos estratos de plantios comerciais, eles precisam ser

comparados com o nível de creditação de remoções, e apenas as áreas que excedem o nível de creditação de remoções são elegíveis para a creditação.

Além disso, as áreas de plantio e restauração natural que atendem aos requisitos do ART TREES e que foram plantadas ou restauradas até 10 anos antes do início do período de creditação são elegíveis para a creditação de remoções.

É importante destacar que todas as áreas reportadas devem ser monitoradas, e todas as remoções em andamento, ou seja, o crescimento nessas áreas ao longo do tempo, também são elegíveis para a creditação das remoções. Da mesma forma, qualquer desmatamento ou degradação que ocorra nessas áreas também devem ser reportados como emissões

Cálculo das Remoções

Devido a limitação de obtenção de mapeamentos de vegetação secundária que cobrisse, para os biomas Amazonia e Cerrado, um período de 5 anos, foi considerado o ano de 2020 como ano da creditação, e com base nele, foram calculadas, a princípio, somente as remoções herdadas. Além disso, devido às limitações da metodologia de obtenção idades dos estratos do bioma Cerrado, utilizando metodologia com base nos mapeamentos do TerraClass, foram propostos dois cenários de áreas elegíveis para o cálculo das remoções.

No cenário 1 considera-se como áreas elegíveis apenas as áreas de vegetação secundária do bioma Amazônia e Cerrado com idades de 1 a 10 anos, resultando em um total de 1,59 Mha de áreas para o cálculo das remoções. Neste cenário, as áreas do bioma Cerrado, onde foi obtida idade por meio da metodologia do TerraClass, igual a 3 anos, não foram consideradas.

Nesta situação, as áreas com idade igual a 3 anos estão presentes em ambos mapeamentos (2018 e 2020), não permitindo identificar se a idade é maior ou menor que 10 anos.

No cenário 2 considera-se que estas áreas do Cerrado em que não se sabe se a idade é maior ou menor que 10 anos são elegíveis para o cálculo das remoções. Neste sentido, todas as áreas florestais de vegetação secundária, com idade de 1 a 10 anos e as áreas do Cerrado com idade maior que 3 anos (onde não se pode afirmar se estas áreas têm idade maior ou não que 10 anos) são consideradas elegíveis para o cálculo das remoções, ou seja, 2,03 Mha.

Além disso, em nenhum dos dois cenários propostos são consideradas as áreas de silvicultura como elegíveis para a creditação, uma vez que no padrão ART TREES as remoções herdadas são somente calculadas para áreas de vegetação natural.

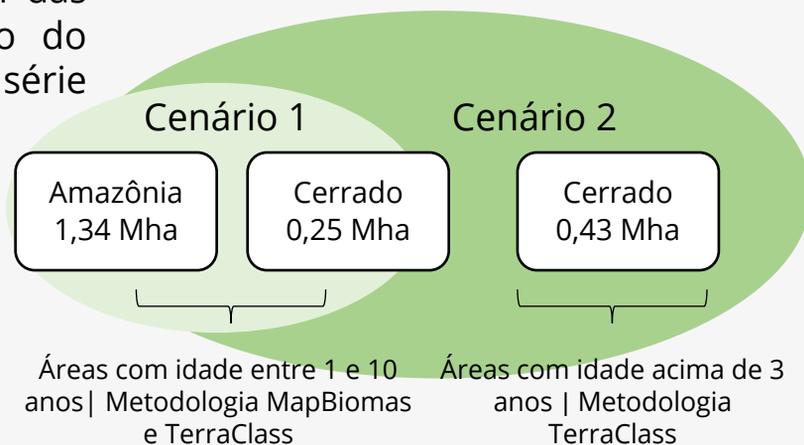
Cálculo das Remoções

Além dos cenários de áreas elegíveis adotados para o cálculo das remoções herdadas, também foram projetados três diferentes cenários de incremento de áreas de da vegetação secundária, de forma a entender o impacto das estratégias de regeneração no quantitativo de remoções ao longo de um período de 5 anos de creditação hipotéticos.

Para obter os cenários de incremento de áreas de vegetação secundária foi necessário definir uma taxa de incremento atual. Desta forma, a taxa de incremento atual de vegetação secundária foi definida pela diferença da média da variação percentual do aumento das áreas de vegetação secundária no estado do Mato Grosso, de acordo com a série histórica do TerraClass (cerca de 11,66% nos biomas Amazônia e Cerrado), e da média da variação percentual das áreas desmatadas no estado do Mato Grosso, segundo a série histórica do PRODES (2,50%).

Neste sentido, chegou-se a um percentual de cerca de aumento de 9,15% ao ano das áreas de vegetação secundária no estado do Mato Grosso.

Após a definição da taxa de incremento atual das áreas de vegetação secundária foi possível definir os cenários projetados para o período hipotético de creditação. O primeiro cenário, chamado de 'atual' considera que a vegetação secundária tem uma taxa de incremento atual, ou seja, cerca de 9,15% ao ano. No segundo cenário considera-se que haja um aumento de 5% além da taxa atual de incremento, e o terceiro cenário considera uma taxa de 10% além da taxa atual.

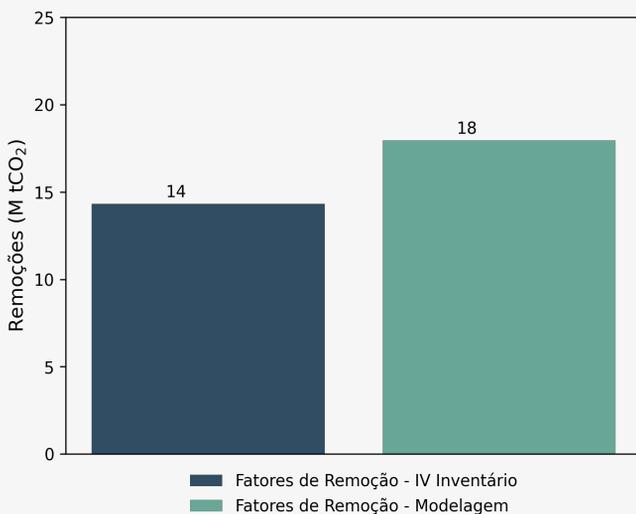


Resultados

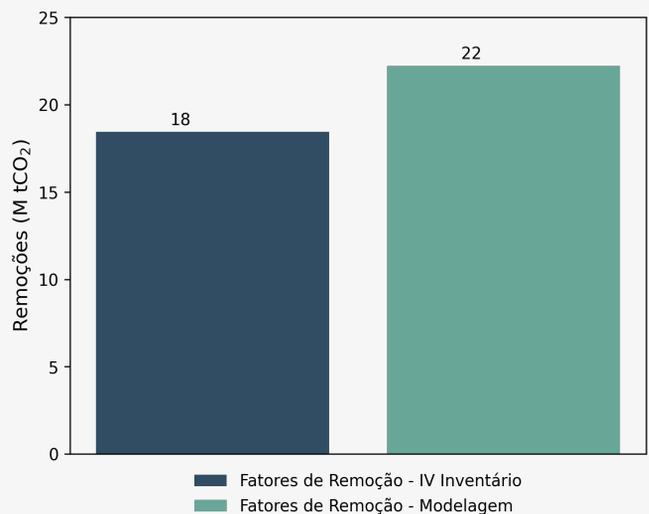
Para cada um desses cenários de áreas elegíveis, seguindo os requisitos do padrão ART/TREES, multiplicamos cada um dos estratos pelas respectivas taxas de remoção modeladas, correspondentes às idades das vegetações. Também aplicamos os fatores de remoção atualmente utilizados no âmbito do IV Inventário Nacional para os mesmos estratos elegíveis.

Os resultados revelam que, ao utilizar os fatores de remoção do IV Inventário Nacional, em ambos os cenários, se obtém menores quantidades de remoções (14 – 18 M tCO₂). Quando se analisa o quantitativo obtido por meio dos fatores modelados, são observados valores maiores que aqueles observados utilizando os fatores do IV Inventário Nacional (18 – 22 M tCO₂).

Cenário 1



Cenário 2



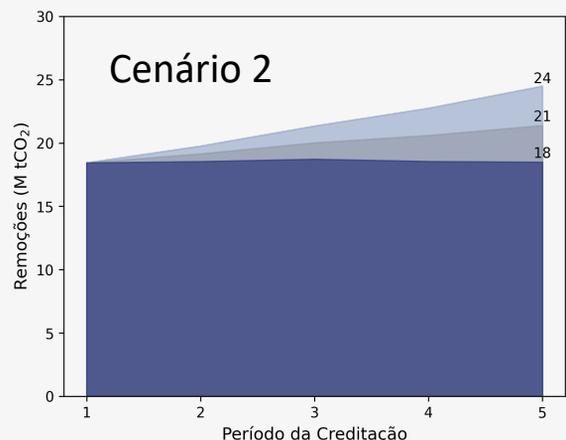
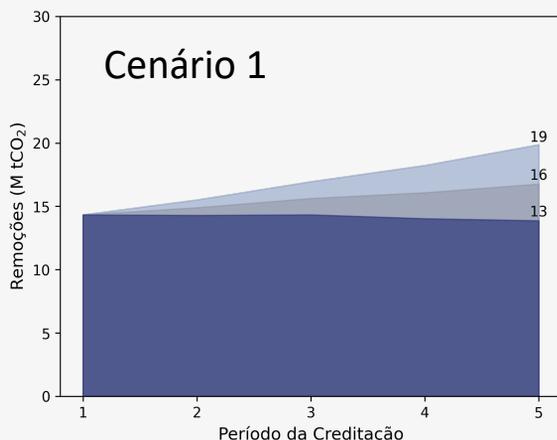
Resultados

Os resultados mostram diferenças significativas nas quantidades projetadas de remoção de carbono ao longo do período hipotético de creditação, dependendo da taxa de incremento das áreas de vegetação secundária.

Nos cenários de incremento projetado das áreas de vegetação secundária, nota-se que no cenário atual, o total de remoções ao longo de um período de creditação hipotético permanece estável, reduzindo ligeiramente nos dois últimos. Essa redução se deve as perdas de área que ultrapassam a idade de 10 anos, pois de acordo com os requerimentos ART TREES, áreas de vegetação secundária com mais de 10 anos não são elegíveis para creditação. Portanto, se a quantidade de área de vegetação secundária, de um ano para outro, durante o período de creditação, excede a idade de 10

anos, ela não é mais considerada para a creditação. Se essa quantidade de área que se torna inelegível para a creditação for maior do que a quantidade de novas áreas, as remoções daquele ano serão menores do que as do ano anterior.

Esse padrão de redução das remoções de carbono ao longo dos anos de creditação é observado apenas no cenário que considera a taxa atual de incremento das áreas de Vegetação Secundária. Quando analisamos os cenários em que se projeta incrementos de 5% e 10% acima da taxa atual, observa-se um aumento contínuo nas quantidades de remoção alcançadas.



■ Fatores de Remoção - IV Inventário (+ 10%)
■ Fatores de Remoção - IV Inventário (+ 5%)
■ Fatores de Remoção - IV Inventário (atual)

Conclusões

Os resultados obtidos apresentam importantes avanços para o entendimento do potencial da vegetação secundária na remoção de carbono, nos biomas Amazônia e Cerrado, do estado do Mato Grosso.

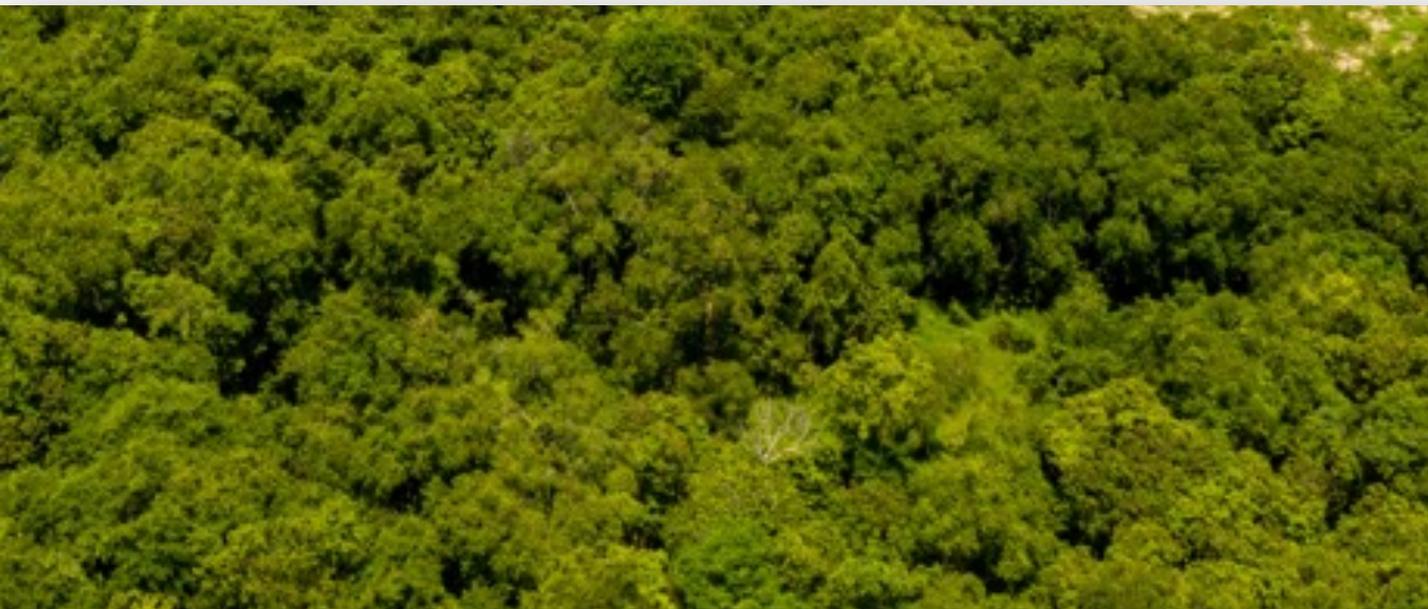
Os fatores de remoção modelados fornecem informações valiosas para projetos e políticas que buscam a conservação ambiental por meio do combate ao desmatamento e a promoção da restauração florestal. Enquanto os fatores de remoção atualmente empregados, em âmbito nacional, para calcular as remoções consideram uma mesma taxa de sequestro de carbono ao longo do tempo, os fatores modelados neste estudo consideram que esta taxa não é estática, e que varia conforme o crescimento da vegetação.

Além de seu impacto no cálculo das remoções de carbono, os fatores de remoção modelados

têm implicações mais amplas para a gestão ambiental e a tomada de decisões estratégicas. Eles fornecem uma visão mais precisa do dinamismo das florestas em regeneração. Isso é particularmente importante em um cenário em que as mudanças climáticas e as pressões sobre os ecossistemas naturais estão em constante evolução. Desta forma, os gestores, formuladores de políticas e todos os interessados na busca da conservação ambiental podem usar essas informações para otimizar seus esforços de restauração florestal, promovendo não apenas a captura de carbono, mas também a recuperação da biodiversidade e a prestação de serviços ecossistêmicos cruciais.

ART TREES 2.0 MATO GROSSO

| Remoções de carbono



¹⁰ Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Metodologia Utilizada nos Sistemas PRODES E DETER - 2 Edição (Atualizada). Disponível em <<http://mtc-m21d.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m21d/2022/08.25.11.46/doc/thisInformationItemHomePage.html>>. Acesso em 03 de Agosto de 2023.

¹¹ Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Manual Técnico da Vegetação Brasileira. Disponível em <<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv63011.pdf>>. Acesso em 31 de Março de 2023.

¹² *Brazil's National Forest Reference Emission Level for Results-based Payments for REDD+ under the United Nations Framework Convention on Climate Change*. Disponível em <https://redd.unfccc.int/files/documento_1012639_brazil_national_frel.pdf>. Acesso em 01 de Agosto de 2023.

¹³ Food and Agriculture Organization (FAO). Global Forest Resources Assessment 2020 Report - Brazil. Disponível em: <<https://www.fao.org/3/ca9976en/ca9976en.pdf>>. Acesso em 09 de Agosto de 2023.

¹⁴ KELLNER, James R.; ARMSTON, John; DUNCANSON, Laura. Algorithm theoretical basis document for GEDI footprint aboveground biomass density. *Earth and Space Science*, v. 10, n. 4, p. e2022EA002516, 2023.

¹⁵ Spawn, S.A., Sullivan, C.C., Lark, T.J. et al. Harmonized global maps of above and belowground biomass carbon density in the year 2010. *Sci Data* 7, 112 (2020). [doi:10.1038/s41597-020-0444-4](https://doi.org/10.1038/s41597-020-0444-4).

[0444-4](https://doi.org/10.1038/s41597-020-0444-4).

¹⁶ BACCINI, A. G. S. J. et al. Estimated carbon dioxide emissions from tropical deforestation improved by carbon-density maps. *Nature climate change*, v. 2, n. 3, p. 182-185, 2012.

¹⁷ RICHARDS, Francis J. A flexible growth function for empirical use. *Journal of experimental Botany*, v. 10, n. 2, p. 290-301, 1959.

¹⁸ Mooney, Christopher Z. Monte Carlo Simulation. Thousand Oaks, Calif. :Sage Publications, 1997.

¹⁹ RAPPAPORT, Danielle I. et al. Quantifying long-term changes in carbon stocks and forest structure from Amazon forest degradation. *Environmental Research Letters*, v. 13, n. 6, p. 065013, 2018.

²⁰ Cassol, Henrique Luis Godinho. Aplicação dos dados polarimétricos ALOS/PALSAR-2 para modelagem de biomassa em florestas secundárias da Amazônia considerando o histórico de uso. Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, SP, 2017.

²¹ WANG, Yunxia et al. Upturn in secondary forest clearing buffers primary forest loss in the Brazilian Amazon. *Nature Sustainability*, v. 3, n. 4, p. 290-295, 2020.