



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA – UFRA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

SAYMON AUGUSTO GAVINHO AMORIM

**A CONVERSÃO DA FLORESTA AMAZÔNICA EM PASTAGEM AFETA O
ESTOQUE DE CARBONO DO SOLO?**

Belém/PA
2025

SAYMON AUGUSTO GAVINHO AMORIM

**A CONVERSÃO DA FLORESTA AMAZÔNICA EM PASTAGEM AFETA O
ESTOQUE DE CARBONO DO SOLO?**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Coordenação do Curso de Agronomia e ao Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal Rural da Amazônia como requisito para obtenção do título de Bacharel em Agronomia. Área de concentração: Zootecnia.

Orientador: Professor Dr. Thiago Carvalho da Silva.

Coorientador: Dr. Jorge Cardoso de Azevedo.

Belém/PA

2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Bibliotecas da Universidade Federal Rural da Amazônia
Gerada automaticamente mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

A524c Amorim, Saymon Augusto Gavinho
A CONVERSÃO DA FLORESTA AMAZÔNICA EM PASTAGEM AFETA O ESTOQUE DE
CARBONO DO SOLO? / Saymon Augusto Gavinho Amorim. - 2025.
34 f. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Curso de Agronomia, Campus Universitário de
Belém, Universidade Federal Rural Da Amazônia, Belém, 2025.

Orientador: Prof. Dr. Thiago Carvalho da Silva
Coorientador: Prof. Dr. Jorge Cardoso de Azevedo.

1. Carbono. 2. Densidade. 3. Uso do solo. 4. Floresta. 5. Pastagem. I. da Silva, Thiago Carvalho,
orient. II. Título

CDD 631.4

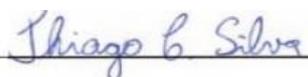
SAYMON AUGUSTO GAVINHO AMORIM

**A CONVERSÃO DA FLORESTA AMAZÔNICA EM PASTAGEM AFETA O
ESTOQUE DE CARBONO DO SOLO?**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Coordenação do Curso de Agronomia e ao Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal Rural da Amazônia como requisito para obtenção do título de Bacharel em Agronomia. Área de concentração: Zootecnia.

Data da Aprovação: 17/02/2025.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Thiago Carvalho da Silva
Orientador

Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA



Prof. Dr. Daniel Pereira Pinheiro
Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA

Prof. Dr. Nauara Moura Lage Filho
Universidade Federal de Roraima – UFRR

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, à Deus por ele nunca ter me abandonado nesta longa caminhada, mantendo-me forte o suficiente para enfrentar as adversidades da vida, tanto na vida acadêmica, quanto na vida pessoal e demonstrar a minha eterna gratidão por ter me dado o anjo de minha vida, o Henry Augusto Ribeiro Gavinho, meu filho.

Em especial, ao meu pai-avô, o Sr. Carlos Alberto Lobo Gavinho, por todo o empenho, em me criar, me ensinar o certo e errado, me ensinar a ser humilde e até a andar de bicicleta. Saiba que onde estiveres, estarei contigo em pensamento, meu amigo, pai e avô. Levarei para sempre os seus ensinamentos para comigo, e hoje lhe dedico minha trajetória e este trabalho.

Não menos importante, a minha mãe, Fátima do Socorro Gonçalves Gavinho, por seus esforços para nos criar. Obrigado por tudo, minha eterna parceira e amiga.

Agradeço ao meu pai, Rodney José Rocha Amorim por sempre me guiar no caminho certo desta vida. Família Amorim e a Família Gavinho, obrigado por tudo.

A minha esposa e eterna namorada, Elayne Cristina Barbosa Ribeiro, obrigado pela parceria e todo o seu esforço para comigo e nossa família.

Aos meus amigos Ana Amorim, Caio Costa, Bianca Carvalho, Wendel Vieira, Débora Melo e Karlyson Malone. E aos meus companheiros de trabalho e cachaça: João Victor de Oliveira, João Victor Pinheiro, Izabela Gomes, Rômulo Engelhard, Aluizio Raimundo, Caroline Santa Rosa, Jéssica Brenda, Adria Gabriely, Nauara Moura, Dennis Carlos, Francy Manoely, Isadora Matos, Elyara Lisboa, Elton Moreira, Luís Fernando, Alexandre Santos.

As minhas mães científicas, Andreza Amoras, Dayana Mesquita, Geissy Helen e Lorena Maués.

Ao meu coorientador, Jorge Cardoso de Azevedo que acreditou em mim e me apoiou em um dos momentos mais conturbados na minha trajetória acadêmica. E ao professor Cristian Faturi, por sempre confiar no meu trabalho e sempre se dispor a me ajudar.

Em especial, ao meu orientador, pai científico e compadre, Thiago Carvalho da Silva. No momento desta escrita não tenho palavras para expressar tamanha gratidão pela parceria, ensinamentos e conselhos que moldaram meu caráter e me fizeram ser um profissional mais capacitado, me ensinando tudo, principalmente, a trabalhar.

*“Aquele que tem um porquê para viver
pode suportar quase qualquer como”*
(Friedrich Nietzsche)

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Território que a amazônia ocupa e quanto pertence a cada País.....	12
Figura 2 - Extração seletiva de madeira de lei na floresta amazônica.	16
Figura 3 - Abertura de área através do uso de trator com lâmina frontal.	17
Figura 4 - Enleiramento dos materiais que não foram totalmente decompostos pelo fogo.	17
Figura 5 - Brotamento da vegetação nativa.	18
Figura 6 - Calcário agrícola utilizado na correção de acidez do solo.	18
Figura 7 - Fosfato Natural Reativo	19
Figura 8 - Aplicação de herbicida (Picloram + 2,4 D) e semeio.....	19
Figura 9 - Coleta de solo indeformada em trincheira de 1m ³	21
Figura 10 - Anel Cilíndrico de Aço Inoxidável preenchido com solo.	22
Figura 11 - Perfil de Coleta Indeformada com Anel de Aço Inoxidável e Talhadeira Chata de Aço.....	22

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Textura do solo (%) no perfil de 0-100 cm de profundidade sob diferentes sistemas de usos da terra no município de Moju – PA.....	20
Tabela 2 - Densidade do solo (g cm ³) no perfil de 0-100 cm de profundidade sob diferentes sistemas de usos da terra no município de Moju – PA.	25
Tabela 3 - Carbono Orgânico Total (g.kg ⁻¹) no perfil de 0-100 cm de profundidade sob diferentes sistemas de usos da terra no município de Moju – PA.	26
Tabela 4 - Estoque de Carbono (Mg C ha ⁻¹) nos intervalos de 0-30 e 30-100 cm de profundidade sob diferentes sistemas de usos da terra no município de Moju – PA.....	26

RESUMO

A mudança do uso da terra tem sido apontada como o principal driver das emissões de gases de efeito estufa e de modificações na floresta amazônica. Objetivou-se com presente estudo avaliar a densidade do solo, o carbono orgânico total e o estoque de carbono em função da mudança do uso da terra (Floresta, Pasto manejado com fogo por 30 anos e Pasto intensivo) no município de Moju, PA. As amostras de solo foram retiradas das paredes espelhadas de cada trincheira nas profundidades: 0–5; 5–10; 10–20; 20–30; 30–40; 40–60; 60–80 e 80–100 cm. Os efeitos de uso da terra dentro de cada profundidade foram submetidos à análise de variância (ANOVA) validada pelo teste F a 0,05, quando significativo, foi utilizado a comparação múltipla das médias pelo teste Tukey a 0,05, usando o software estatístico R. Em suma, não houve diferença ($P > 0,05$) entre floresta com os demais sistemas *Urochloa humidicola* cv. Comum (quicuío-da-amazônia) e *Megathyrus maximus* cv. BRS Zuri nas primeiras camadas do solo (0-20 cm), no entanto, houve diferença entre todos os tratamentos na camada de 30-40 cm (1,46; 1,36; 1,32), respectivamente. No carbono orgânico total (COT), houve diferença apenas ($P > 0,05$) nas camadas de 20-60 cm, sendo, na camada de 20-30 cm o Zuri com menor concentração de COT. Na camada de 30-40 cm houve diferença entre todos os tratamentos, tendo Zuri com maior concentração. Zuri e Quicuío foram semelhantes na camada de 40-60 cm, e ambos diferiram da floresta (5,64; 5,55; 4,57), respectivamente. O estoque de carbono não teve diferença entre os sistemas analisados independente dos intervalos das camadas do solo (0-30 cm) e (0-100 cm), tendo médias de 33,33 e 70,79, de modo respectivo. O uso da terra interfere na densidade do solo, carbono orgânico total. As maiores densidades foram atreladas às primeiras camadas de solo do sistema de Quicuío, onde passou por manejo convencional por 30 anos, utilizando-se de fogo, mas não afetando o estoque de carbono. A conversão da floresta em Zuri apresentou maiores teores de carbono orgânico total nas camadas de 20-60 cm. Pastagens com adequado sistema de manejo podem apresentar maior ou igual sequestro de C, que sistemas florestais, reduzindo níveis de CO₂ da atmosfera.

Palavras-chave: Gases de efeito estufa; Densidade do solo; Fogo; Pastagem.

ABSTRACT

Land use changes have been identified as the main driver of greenhouse gas emissions and modifications in the Amazon rainforest. The aim of this study was to evaluate soil density, total organic carbon and carbon stock as a function of land use change (Forest, Pasture managed with fire for 30 years and Intensive Pasture) in the municipality of Moju, Pará. Soil samples were taken from the mirrored walls of each trench at depths: 0–5; 5–10; 10–20; 20–30; 30–40; 40–60; 60–80 and 80–100 cm. The effects of land use within each depth were subjected to analysis of variance (ANOVA) validated by the F test at 0.05, when significant, multiple comparison of means was used by the Tukey test at 0.05, using the statistical software R. In summary, there was no difference ($P > 0.05$) between the forest and the other systems *Urochloa humidicola* cv. Common (Amazonian kikuyu) and *Megathyrsus maximus* cv. BRS Zuri in the first soil layers (0-20 cm), however, there was a difference between all treatments in the 30-40 cm layer (1.46; 1.36; 1.32), respectively. In the total organic carbon (TOC), there was a difference only ($P > 0.05$) in the 20-60 cm layers, with Zuri having the lowest TOC concentration in the 20-30 cm layer. In the 30-40 cm layer, there were differences between all treatments, with Zuri having the highest concentration. Zuri and Quikuio were similar in the 40-60 cm layer, and both differed from the forest (5.64; 5.55; 4.57), respectively. The carbon stock did not differ between the analyzed systems, regardless of the intervals of the soil layers (0-30 cm) and (0-100 cm), with averages of 33.33 and 70.79, respectively. Land use affects soil density and total organic carbon. The highest densities were linked to the first soil layers of the Quikuio system, where it underwent conventional management for 30 years, using fire, but without affecting the carbon stock. The conversion of the forest to Zuri showed higher total organic carbon contents in the 20-60 cm layers. Pastures with adequate management systems can present greater or equal carbon sequestration than forest systems, reducing atmospheric CO₂ levels.

Keywords: Greenhouse gases; Soil density; Fire; Pasture.

SUMÁRIO

RESUMO	8
ABSTRACT	9
1. INTRODUÇÃO	11
2. REVISÃO DE LITERATURA	12
2.1. A importância da floresta amazônica como reguladora climática para o cumprimento da Agenda da ONU 2030	12
2.2. Efeito da conversão da floresta para pastagens e o uso do fogo como método convencional.....	14
3. MATERIAL E MÉTODOS	15
3.1 Caracterização da Área	15
3.2 Descrição dos sistemas experimentais	16
3.2.1 Características do solo.....	20
3.2.2 Coleta de solo	20
3.2.3 Densidade	21
3.2.4 Concentração e Estoque de Carbono.....	23
3.2.5 Cálculos.....	23
3.2.6 Análise Estatística.....	24
4. RESULTADOS	25
4.1 Densidade do solo	25
4.2 Carbono Orgânico Total.....	26
4.3 Estoque de Carbon	26
5. DISCUSSÃO.....	27
5.1 Densidade do Solo e textura do solo	27
5.2 Carbono Orgânico Total.....	27
5.3 Estoque de Carbono	28
6. CONCLUSÃO	28
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	29

1. INTRODUÇÃO

A floresta amazônica é responsável por diversos serviços ecológicos e hidrológicos em escala global. A evaporação e condensação que passam pela floresta amazônica, por exemplo, são ingredientes ativos naturais na circulação da atmosfera global (Malhi, 2008). Além disso, comporta aproximadamente $123 \pm 23 \text{ Pg C}^{-1}$ de biomassa acima e abaixo do solo e preserva grandes quantidades estoque de Carbono (C) e Nitrogênio (N), sendo a maior reserva de C do mundo (Gatti *et al.*, 2021).

China, Estados Unidos, União Europeia, Índia, Rússia e Japão lideram as emissões de GEE, devido às atividades de alto nível industrial (Ortega-Ruiz *et al.*, 2022). De acordo com SEEG (2022), 74,4% das emissões de CO₂ (gás carbônico) dentro do bioma amazônico, estão ligados à mudança de uso da terra. Nesse contexto, o Brasil está entre os seis países com maior emissão de CO₂ (dióxido de carbono) do solo (Sanderman *et al.*, 2017) do mundo.

A interferência antrópica em ambientes de floresta ocorre devido alguns fatores, como por exemplo: na região amazônica, o desmatamento ocorre no intuito da exploração madeira e o pasto sucede a exploração como uma alternativa para garantir o “uso da terra”. Dessa forma, a posse da determinada área para um beneficiamento econômico, com isso ainda assegura a posse da terra e evita maiores invasões (Azevedo *et al.*, 2024). Segundo os autores o pasto é opção mais barata, que requer menos maquinário e operações do solo que a agricultura, em seguida com o apodrecimento das raízes e restos madeiros, a agricultura sucede as pastagens.

A maioria das pesquisas sobre o estoque de carbono (C) em função do uso da terra no Brasil adota a abordagem de cronosequência para avaliar a variação desse estoque ao longo de décadas, tendo a floresta como sistema de referência. Esse método consiste na comparação de solos semelhantes em áreas próximas (Maia *et al.*, 2010; Braz *et al.*, 2013; de Oliveira *et al.*, 2022; Azevedo *et al.*, 2024).

No entanto, há uma lacuna por trabalhos no território brasileiro sobre a conversão de áreas de floresta do bioma Amazônia recém-convertidas em áreas de pastagem, onde o único trabalho encontrado foi de Perrin *et al.* (2014), realizado na Guiana Francesa, onde os autores demonstraram que mesmo moendo e incorporando parte da floresta no solo, esse ainda perde C nos primeiros anos. Além disso, devido aos entraves ambientais, não encontramos trabalho com o uso do fogo como técnica de manejo do pasto, mas por ser uma realidade ainda utilizada, é importante conhecer os seus impactos.

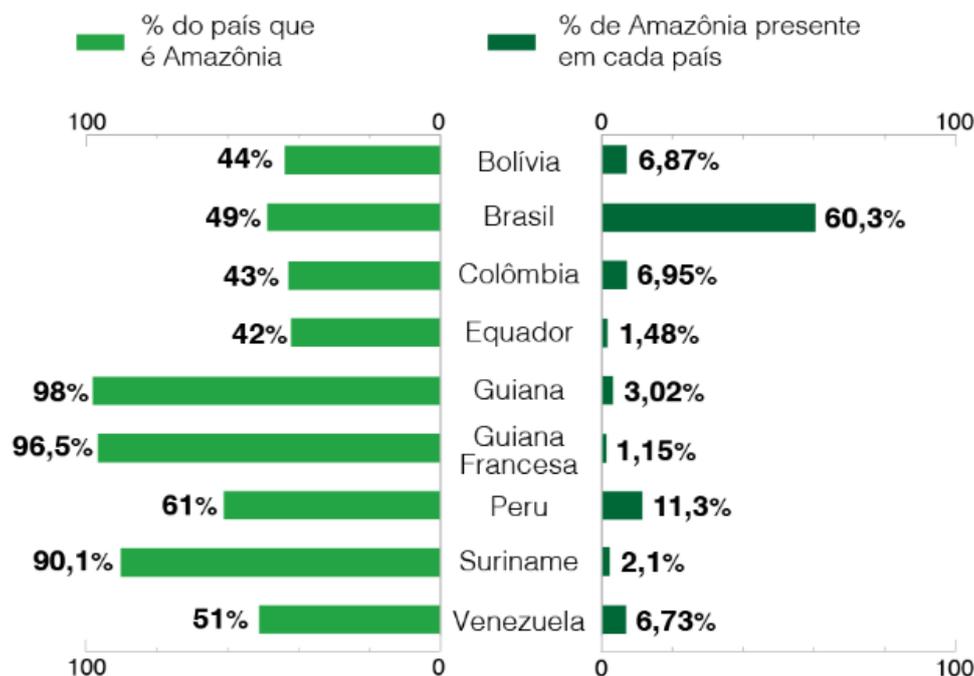
Diante disso, nossa hipótese é que o efeito da conversão da floresta tropical em áreas de pastagens difere na quantidade de carbono orgânico total e estoque de carbono total em relação a vegetação nativa. A transformação da floresta em áreas de pasto ocasiona perdas de C do solo. Diante do exposto, nosso objetivo foi avaliar os efeitos da recente conversão da floresta nativa, bioma Amazônico, em áreas de pastagens com manejos distintos sobre o estoque de carbono no solo em diferentes profundidades.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. A importância da floresta amazônica como reguladora climática para o cumprimento da Agenda da ONU 2030

A área da floresta amazônica corresponde a 5.015.146,008 km² (IBGE, 2025), e faz parte de 9 países diferentes. Sendo que, dentre os 9 países, o Brasil correspondendo a 60,3% da Amazônia, é o país mais representativo desse bioma (Figura 1).

Figura 1 - Território que a Amazônia ocupa e quanto pertence a cada País



Fonte: BBC News Brasil, 2020.

As diferenças territoriais também refletem diversas contraposições políticas, cujos impactos nos serviços ecossistêmicos (serviço de suporte, serviço de provisão, serviço de regulação e serviço cultural) (Souza *et al.*, 2024) podem gerar variações no processo de desenvolvimento da Amazônia. Essas variações tangenciam os principais eixos da agenda da ONU 2030, que incluem pessoas, planeta, prosperidade, paz e parceria (Souza *et al.*, 2024).

A agenda da Organização das Nações Unidas (ONU) 2030, corresponde a um plano de ação para colocar o mundo em um caminho mais sustentável e resiliente até 2030, esse plano de ação indica 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, os (ODS). Dentre os ODS da ONU para a agenda de 2030, o ODS 13 representa ações contra a mudança climática global e seus impactos ambientais, sociais e econômicos. Nesse contexto, a floresta amazônica tem papel importante no desenvolvimento sustentável, na manutenção da diversidade animal e vegetal, no ciclo hidrológico nacional e global, e no armazenamento de carbono (Fearnside, 2008).

Desse modo, Baker *et al.* (2018), afirma que durante o período 2001 a 2013, o desmatamento severo corroborou para o aumento de temperatura terrestre em 0,44 °C a 1,5 °C nas estações mais secas do ano, sendo consequência direta da ausência do material vegetativo responsável pela evapotranspiração, causando um desequilíbrio no ciclo hidrológico, onde os ecossistemas da floresta amazônica estão cada vez mais expostos e vulneráveis às ações antrópicas (Fawcett, 2023).

Além disso, áreas em que passaram por algum tipo de perturbação (incêndios, exploração madeireira e fragmentações) afetam o ciclo do carbono (Matricardi, 2021).

O desflorestamento faz com que ocorra uma mudança do ciclo do C e micro e macro escala global. O carbono armazenado na biomassa vegetal e no solo é emitido para atmosfera na forma de CO₂, ocasionado acúmulo de gases na camada de ozônio responsável pelo agravamento do efeito estufa (Hashimoto, 2023), fazendo com que a temperatura terrestre se eleve e os eventos climáticos se intensifiquem (IPCC, 2023).

A Amazônia é a maior reserva de floresta tropical preservada do mundo (Galford *et al.*, 2013; Berenguer *et al.*, 2014), armazenando aproximadamente 86 Pg C⁻¹ (Pentagrama de Carbono), correspondendo a 38% da vegetação lenhosa dentre a América, África e Ásia (Walker *et al.*, 2014). A capacidade de armazenamento de carbono tem decrescido de acordo com o uso da terra para atividades de extração de madeira, mineração, agropecuária e outros usos da terra (Azevedo *et al.*, 2022; Chaddad *et al.*, 2022).

Os modos de exploração afetam diretamente o estoque de carbono da biomassa acima do solo e abaixo do solo. Em suma, todas as práticas citadas acima utilizam da eliminação da vegetação total ou parcial, e essa eliminação corrobora com 9% do desmatamento da área total da floresta amazônica (Sonter *et al.*, 2017). A ação antrópica desequilibra e altera as formas de vida do sistema e sua perenidade, afetando a densidade aparente do solo, a estabilidade dos agregados do solo, as comunidades microbianas e os minerais do solo (Roso *et al.*, 2023).

2.2. Efeito da conversão da floresta para pastagens e o uso do fogo como método convencional

O solo é um dos maiores reservatórios de C do mundo, com concentrações que ultrapassam a atmosfera e a biomassa vegetal (Oliveira *et al.*, 2018), e a transformação da paisagem natural muda os fatores biológicos do ecossistema.

Diante disso, a transformação da floresta em pastagem, é uma mudança abrupta de condições do material vegetal e das condições do solo, através do aumento da temperatura acima do solo, onde os valores médios para esta mudança estão entre 250 a 450 °C. sendo assim divididos em impactos diretos e indiretos (Pereira *et al.*, 2018), onde a quantidade de calor gerado e propagado vai interferir diretamente se a combustão desse material é totalmente maléfica ou não.

O calor gerado é consequência do tipo de material envolvido e suas quantidades, estima-se que queimadas que atingem temperaturas acima de 200 ° C, emitem para a atmosfera C e N, mas o fogo florestal pode chegar a 1.100 ° C, volatilizando Cálcio, Magnésio, Alumínio ou Manganês (Pereira *et al.*, 2018). Portanto, um dos fatores mais prejudiciais na conversão da floresta em pastagem é a perda de uma grande quantidade de material vegetal em que anteriormente estava em cobertura do solo (Pereira *et al.*, 2015). Além do mais, os incêndios mais severos há um aumento da densidade aparente do solo, mudança de textura e aumento da repelência à água do solo, um dos fatores é interligado as questões de erosão do solo (Alcañiz *et al.*, 2018)

Entretanto, na queima, uma parte da matéria orgânica (M.O) do solo é perdida e outra parte é modificada, modificação esta que perde os pools mais lábeis de Carbono, ou seja, as formas mais volúvel de C do solo (microbiano e de carboidratos), proporcionando uma desestabilização do solo e a formação de materiais orgânicos pirogênicos (materiais inertes da matéria orgânica), que tem grande capacidade de ser sumidouro de C, ou seja, o incêndio permite a perda de nutrientes e fica mais suscetível aos intempéries naturais (Pereira *et al.*, 2018).

Intempéries naturais têm interferências diferentes no ambiente modificado, explicado pela mortalidade e mudança de habitat, onde a perda da biomassa do solo é severa (Pereira *et al.*, 2018). A capacidade de infiltração da água no solo pós fogo é reduzida, diminuindo a umidade do sistema, moderando os processos de nitrificação e desnitrificação do solo, quebrando ciclos biogeoquímicos necessários para a manutenção da microbiota do solo (Köster *et al.*, 2024).

O uso do fogo de baixa severidade, onde se tem baixa biomassa (comparado ao ambiente de floresta), tem efeitos positivos no solo. A utilização do fogo como manejo de plantas daninhas e posteriormente reforma de pasto, é caracterizado como fogo de baixa intensidade, onde a combustão incompleta permite a disponibilização e matéria orgânica do solo, podendo ser fixada como C estável no solo (Köster *et al.*, 2024), dentre o ambiente brasileiro, é bastante usual.

A manutenção de pastos através do fogo, é uma alternativa de manejo de baixo custo econômico e é empregada geralmente em pastos extensivos e com elevados níveis de degradação, ocasionado por falta de correção de solo, adubação e escolha correta da espécie forrageira para o clima local (Dias-filho., 2023). A amazônia tem cerca de 172 milhões hectares de pastagens cultivadas e nativas, sendo 50 a 70 % desta área que se encontra em algum nível de degradação, perdendo assim a sua produtividade e eficiência de fixação de carbono (Oliveira *et al.*, 2018).

As pastagens têm grande capacidade de fixar C no solo, através do sistema radicular, a fisiologia interligada da lâmina foliar até o sistema radicular e alta rotatividade de emissão de novos perfilhos e senescência dos mais antigos. De acordo com Costa *et al.*, (2020), o comprimento médio do perfilho do cultivar Zuri é de 42,5cm sendo que a expansão da folha é de 5,05 cm/dia, apresentando uma alta taxa de renovação foliar, fixando mais substratos que irão ser transformados pela microbiota do solo em matéria orgânica, nas profundidades em que as raízes chegam.

O metabolismo acelerado dos capins é benéfico para o solo. As plantas forrageiras quando bem estabelecidas e com tratos culturais que visem a perenidade, é a responsável pelo armazenamento de grandes quantidades de C, advindo da atmosfera para o solo.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da Área

O estudo foi realizado no município de Moju, estado do Pará, Brasil (01° 53' 10" de latitude Sul e 48° 46' 00" de longitude a oeste). Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Am, com temperaturas anuais superiores a 25 °C e precipitação pluviométrica anual variando entre 2000 e 3000 mm (Marques, 2003). O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Amarelo de textura arenosa (Santos *et al.*, 2018).

3.2 Descrição dos sistemas experimentais

Os sistemas avaliados foram: Floresta, pasto recém estabelecido de *Megathyrus maximus* cv. BRS Zuri e pasto de *Urochloa humidicola* cv. Comum (quicuío-da-amazônia) manejado com fogo por 30 anos.

A área de floresta, considerada de zona extrativista, originalmente era vegetação nativa em que passou por supressão seletiva de madeira de lei, mas esta prática não ocorria a mais de 50 anos (Figura 3).

Figura 2 - Extração seletiva de madeira de lei na floresta amazônica.



Fonte: Autor, 2020.

A área de capim Zuri, foi aberta através do uso de trator, entre outubro e novembro de 2020, e utilizou-se fogo em área total no mês de dezembro do mesmo ano, com o intuito de reduzir os resíduos vegetais (Figura 4). Em junho de 2021, o material em que não foi totalmente queimado pelo fogo foi enleirado (Figura 5). Em dezembro de 2021 foi feita a gradagem da área para eliminação da vegetação nativa em que havia brotado (Figura 6). Com análises e cálculos feitos, recomendou-se a corrigir a acidez do solo com $1,5 \text{ ton.ha}^{-1}$ com calcário agrícola (Figura 7). Em janeiro de 2022 foi feito o semeio a lanço do capim e a adubação fosfatada com fosfato natural reativo (Figura 8), e no fim de janeiro de 2022, foi feita a aplicação de herbicida com Picloram + 2,4 D, a fim de conter o crescimento de plantas do ciclo fotossintético C3 (Figura 9).

O quicuío da Amazônia, foi manejado com o uso do fogo de forma intercalada, onde cada manejo tinha um intervalo de 3 a 5 anos entre eles e durante 7 anos a área não foi pastejada.

Figura 3 - Abertura de área através do uso de trator com lâmina frontal.



Fonte: Autor, 2020.

Figura 4 - Enleiramento dos materiais que não foram totalmente decompostos pelo fogo.



Fonte: Autor, 2021.

Figura 5 - Brotamento da vegetação nativa.



Fonte: Autor, 2021.

Figura 6 - Calcário agrícola utilizado na correção de acidez do solo.



Fonte: Autor, 2021.

Figura 7 - Fosfato Natural Reativo



Fonte: Autor, 2022.

Figura 8 - Aplicação de herbicida (Picloram + 2,4 D) e semeio.



Fonte: Autor, 2022.

3.2.1 Características do solo

No que tange a textura do solo foram classificadas como franco argiloso arenosa e argilo arenoso (Tabela 1), onde foi passível de confirmação através de análises laboratoriais para saber a composição física do solo coletado, o solo foi coletado na profundidade média de 0-20 cm. Os locais de coletas foram escolhidos para que os teores de argila variem o mínimo possível.

Tabela 1 - Textura do solo (%) no perfil de 0-100 cm de profundidade sob diferentes sistemas de usos da terra no município de Moju – PA

Sistema	Profundidade	Argila	Silte	Areia	Textura
Floresta	0-20	35	8	57	Argilo Arenoso
Quicuío da Amazônia	0-20	34	8	58	Argilo Arenoso
Zuri	0-20	36	8	56	Argilo Arenoso

3.2.2 Coleta de solo

Foram abertas doze trincheiras (4 por sistema de uso da terra), com dimensões de 1 metro (comprimento) × 1 metro (largura) × 1 metro (altura) (Figura 3), abertas de forma mecânica por meio de ferramentas agrícolas. Foram preservados dois lados da parede (espelhado), para que as coletas de densidade não fossem afetadas.

As amostras de solo foram retiradas nos seguintes intervalos: 0 – 5; 5 – 10; 10 – 20; 20 – 30; 30 – 40; 40 – 60; 60 – 80 e 80 – 100 cm de cada parede espelhada. No entanto, coletou-se nos 5 cm centrais (intervalo médio: 2,5; 7,5; 15; 25; 35; 50; 70 e 90 cm) (Santos et al., 2019). Além disso, coletou-se amostras para as análises físico-químicas e suas quantificações (areia, silte e argila; carbono e nitrogênio).

Figura 9 - Coleta de solo indeformada em trincheira de 1m³.



Fonte: Autor, 2024.

3.2.3 Densidade

A coleta de solo para densidade foi realizada por meio de anéis de aço inoxidável (Figura 4) em duas paredes de cada trincheira, os anéis tinham um volume de 100,6 cm³ (5 cm de diâmetro e 5,2 cm de comprimento). Desta forma, os cilindros foram inseridos no solo através de uma talhadeira chata de aço inoxidável e uma marreta (Figura 5), até que alcançasse a profundidade necessária, respeitando os intervalos médios descritos anteriormente. Logo após a coleta, o material foi pesado em balança de precisão de 0,01 g e seco em estufa à 105 °C por 48 horas ou até atingir um peso constante para a determinação da massa de solo por correlação com o volume do anel de aço, haja vista que a determinação da densidade ocorreu pelo método do cilindro volumétrico (Teixeira *et al.*, 2017). Os valores de densidade foram obtidos através da massa e volumes conhecidos, e utilizando-se da Equação (1).

Figura 10 - Anel Cilíndrico de Aço Inoxidável preenchido com solo.



Fonte: Autor, 2024.

Figura 11 - Perfil de Coleta Indeformada com Anel de Aço Inoxidável e Talhadeira Chata de Aço.



Fonte: Autor, 2024.

$$DS = Ma / V \quad (1)$$

Em que:

DS – Densidade do solo, em kg dm⁻³ (equivalente a g cm⁻³)

Ma– Massa da amostra de solo seco a 105 °C até peso constante, em g

V – Volume do cilindro, em cm³

3.2.4 Concentração e Estoque de Carbono

As análises do carbono orgânico do solo foram realizadas no Centro de Isótopos Estáveis da UNESP (Universidade Estadual Paulista) em Botucatu-SP. As amostras passaram por secagem prévias ao ar, por 72 horas e no laboratório foram secas em estufa à 50 °C por 48h, depois homogeneizadas em moinho criogênico (Geno/Grinder 2010 – SPEX SamplePrep, USA) e por fim, uma alíquota de 10,0 a 20,0 mg foi pesada em cápsulas de estanho de 5,0 x 8,0 mm utilizando balança com resolução de 0,1 mg. A secagem e homogeneização das amostras foram necessárias para obter alíquotas representativas de massa seca nas cápsulas. Após a preparação, as amostras encapsuladas foram analisadas usando um sistema de espectrometria de massa de razão isotópica por fluxo contínuo (“Continuous Flow Isotope Ratio Mass Spectrometry” CF-IRMS) composto por um IRMS (Delta V, Thermo Scientific, Germany) acoplado a um analisador elementar EA (Flash 2000, Thermo Scientific, Germany) por meio de uma interface de gases (ConFlo IV, Thermo Scientific, Germany).

3.2.5 Cálculos

A determinação dos estoques de C foi realizada por meio da multiplicação dos teores de C pela densidade do solo nas respectivas profundidades. Os estoques de carbono foram corrigidos pelo sistema de uso da terra, que apresentou a menor massa do solo (Sisti., *et al* 2004). No procedimento proposto pelos autores citados anteriormente é assumido que os efeitos da compactação ocorrem nas camadas superficiais e o peso extra de massa do solo é subtraído nas camadas mais profundas, 20-30 e 80-100 cm. Desse modo, os estoques são corrigidos pela mesma massa do solo da área de referência entre 30 e 100 cm. Logo, para o cálculo dos estoques de C (equação 2) retirou-se o conteúdo de C presente no peso adicional do solo nas camadas mais profundas, 20-30 e 80-100 cm conforme Sisti *et al.* (2004).

$$Cs = \sum_{i=1}^{n-1} CTi + [MTn - (\sum_{i=1}^n MTi - \sum_{i=1}^n MSi)] CTn \quad (2)$$

Em que:

Cs: Representa a massa de C ($Mg ha^{-1}$) corrigida no solo em uma profundidade equivalente a mesma massa de solo que no perfil de referência (floresta em 30 e 100 cm de profundidade);

$\sum_{i=1}^{n-1} CTi$: É a soma da concentração ($Mg ha^{-1}$) de C da camada superficial até a penúltima camada nos perfis de tratamento (Pasto Intensivo ou Pasto Manejado com Fogo);

MTn: Consiste na massa de solo na camada mais profunda dos perfis de tratamento;

$\sum_{i=1}^n MTi$: Soma da massa de solo ($Mg ha^{-1}$) nas camadas 1 (0 a 5 cm, superfície)

n: (maior profundidade) no perfil de tratamento (Pasto Intensivo ou Pasto Manejado com Fogo);

$\sum_{i=1}^n MSi$: Soma da massa de solo ($Mg ha^{-1}$) nas camadas 1 (0 a 5 cm, superfície)

n: (maior profundidade) no perfil de referência (Floresta de Zona Extrativista);

CTn: É a concentração de C ($Mg ha^{-1}$) nas camadas mais profundas do perfil de tratamento (Pasto Intensivo ou Pasto Manejado com Fogo);

3.2.6 Análise Estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância, também chamada como ANOVA e com grau de complementaridade foi utilizado o teste de Tukey como comparativo das médias obtidas ($P < 0,05$), usando o software estatístico R, versão 4.1.1 (R Core Team, 2021). Tendo em vista que as áreas já haviam sido instauradas antes das coletas e amostragens de solo, os tratamentos já estavam instaurados, porém as trincheiras foram realizadas de forma aleatória, não diferindo mais 500 metros uma da outra.

4. RESULTADOS

O pasto implantando com Zuri apresentou a menor densidade que os demais sistemas ($P < 0,05$), com exceção da camada de 0-20 cm que não houve diferença ($P > 0,05$) entre a floresta e o Zuri, porém o quicuío manejado com o fogo apresentou maior densidade que o Zuri em todas as profundidades (Tabela 2). O Zuri demonstrou um menor teor para densidade em todas as profundidades. Os sistemas de Floresta e Quicuío só diferiram na profundidade de 30-40 cm ($P < 0,05$), onde a floresta apresentou densidade maior que o Quicuío 1,46 e 1,36 g.cm³ respectivamente. Os valores médios de densidade dos sistemas de Floresta, Quicuío e Zuri foram 1,40; 1,40 e 1,35 g.cm³.

4.1 Densidade do solo

Tabela 2 - Densidade do solo (g cm³) no perfil de 0-100 cm de profundidade sob diferentes sistemas de usos da terra no município de Moju – PA.

Profundidade (cm)	Floresta	<i>Urochloa humidicola</i> cv. Comum (quicuío-da-amazônia)	<i>Megathyrus maximus</i> cv. BRS Zuri	Média
0-5	1,25 ab	1,40 a	1,17 b	1,27
5-10	1,45 ab	1,47 a	1,41 b	1,44
10-20	1,45 ab	1,49 a	1,41 b	1,45
20-30	1,45 a	1,40 a	1,29 b	1,38
30-40	1,46 a	1,36 b	1,23 c	1,35
40-60	1,37 a	1,34 a	1,12 b	1,29
60-80	1,34 a	1,33 a	1,18 b	1,28
80-100	1,46 a	1,42 a	1,16 b	1,35

Médias na mesma linha seguidas da mesma letra não são significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Os resultados de Carbono Orgânico Total (COT) demonstraram que nos intervalos das camadas de solo (0-20 e 60-100 cm) os tratamentos não diferiram entre si. No intervalo entre 20 e 60 cm houve diferença entre os tratamentos ($P > 0,05$), sendo que na camada de 20-30 cm o quicuío demonstrou menor concentração de C orgânico que os demais, camada 0-30 cm, a floresta apresentou o menor valor (Tabela 3)

4.2 Carbono Orgânico Total

Tabela 3 - Carbono Orgânico Total (g.kg-1) no perfil de 0-100 cm de profundidade sob diferentes sistemas de usos da terra no município de Moju – PA.

Profundidade (cm)	Floresta	<i>Urochloa humidicola</i> cv. Comum (quicuío-da-amazônia)	<i>Megathyrus maximus</i> cv. BRS Zuri	Média
0-5	10,11	10,24	10,03	10,13
5-10	9,58	10,41	10,46	10,15
10-20	8,24	6,99	7,88	7,70
20-30	6,90 a	6,22 b	7,94 a	7,02
30-40	5,57 c	6,18 b	7,22 a	6,32
40-60	4,57 b	5,55 a	5,64 a	5,25
60-80	3,92	4,32	4,16	4,13
80-100	3,59	3,46	3,59	3,55

Médias na mesma linha seguidas da mesma letra não são significativamente diferentes (P<0,05).

Os estoques de COT do solo quando corrigido para a mesma massa do solo, não diferem entre si (P < 0,05), independente da camada 30 ou 100 cm de profundidade. Onde as médias dos tratamentos foram 33,33 e 70,79 Mg C ha⁻¹ na profundidade de 30 e 100 cm respectivamente (Tabela 4).

4.3 Estoque de Carbono

Tabela 4 - Estoque de Carbono (Mg C ha-1) nos intervalos de 0-30 e 30-100 cm de profundidade sob diferentes sistemas de usos da terra no município de Moju – PA.

Profundidade (cm)	Floresta	<i>Urochloa humidicola</i> cv. Comum (quicuío-da-amazônia)	<i>Megathyrus maximus</i> cv. BRS Zuri	Média
0-30	31,87 ± 3,24	29,43 ± 5,74	32,70 ± 5,83	33,33
30-100	69,01 ± 5,22	70,46 ± 8,49	72,91 ± 8,74	70,79

5. DISCUSSÃO

Diante dos nossos resultados, rejeitamos a hipótese de que o uso do fogo por período prolongado e o efeito da transformação da floresta tropical em áreas de pastagens (11 meses), ocasionam estoques de carbono divergentes. E rejeitamos a hipótese que a transformação da floresta em pasto ocasiona perda de C do solo. Os fatores de manejo da terra durante o processo de conversão, e durante o manejo do fogo, possivelmente são mais importantes que o fogo, ou que a conversão em si.

5.1 Densidade do Solo e textura do solo

As densidades do solo nos sistemas de Quicuío e Zuri nas camadas de 0-30 tiveram diferença pelo manejo e uso da terra. O Preparo de áreas através de maquinários e implementos agrícolas pesados, carga animal, inversão de camadas através de grades aradoras interferem diretamente nas densidades do solo (Feltz *et al.*, 2024; Azevedo, 2022).

As pastagens têm o papel importante na descompactação do solo através do aumento da porosidade do solo ligado ao crescimento radicular, inserindo material vegetal nas camadas de atuação das raízes (Filho *et al.*, 2021).

5.2 Carbono Orgânico Total

No intervalo de 20-60 cm, os teores de Carbono do solo estão atrelados diretamente à textura do solo (Spohn, 2024), de tal forma que solos com texturas mais finos e com considerável quantidade de argila, armazenam mais C (Russell *et al.*, 2024).

O COT é afetado pelo clima, a cobertura vegetal, o tipo de solo, o uso e o manejo. E os tipos de vegetações têm diferentes crescimentos radiculares. Nas camadas de 20-60, a diferença entre os tratamentos é explicada pelo alcance das raízes, quanto maior o sistema radicular e a densidade, maior a translocação de nutrientes e o armazenamento, existindo uma correlação entre parte aérea e raiz.

Maiores Produtividades, requer um metabolismo mais acelerado, ocorrendo mais reações bioquímicas entre a planta, solo e atmosfera. O aumento destas reações corrobora para o desenvolvimento vegetal, tanto na parte superior, quanto na parte inferior onde ocorrem o crescimento das raízes e formação de exsudatos (carboidratos, aminoácidos, ácidos orgânicos, fenóis, ácidos graxos, vitaminas e enzimas) (Carvalhais *et al.*, 2011) e decomposição das gomas vegetais e resinas vegetais (Monteiro *et al.*, 2012; Kang *et al.*, 2010) formando os pequenos agregados de carbono, advindo principalmente dos processos fotossintéticos da planta. A diferença da floresta para os pastos em relação ao COT, é devida ao baixo metabolismo de

espécies arbóreas já estabelecidas e que estão em equilíbrio com o ambiente, por mais que as árvores tenham mais reserva de biomassa, a deposição de material vegetal no solo e substratos, é maior em plantas de pequeno porte. Além do mais, fatores como: umidade, temperatura, pH e o embargo nutrientes do solo afetam diretamente os teores de COT (Pulrolnik, 2009).

Portanto, florestas recém-convertidas para pastagens intensificadas, não diminuí as suas concentrações C, desde que, o processo de derrubada e queimada seja mínimo. Em nosso trabalho a queimada foi realizada na área total apenas duas vezes, posteriormente as árvores de valor econômico para indústria do carvão foram retiradas e enleiradas, onde a queimada foi realizada apenas nas leiras. Atrelado aos fatores de conversão, a rápida cobertura do solo possivelmente contribuiu para manter a matéria orgânica do solo.

5.3 Estoque de Carbono

O nível tecnológico e a não degradação dos pastos analisados por este estudo foi a principal chave para que os sistemas não diferiram entre si. Pastagens bem manejadas tem uma grande capacidade de sequestrar CO₂ e de acordo com Damian (2023), tem a capacidade de estocar carbono até 50 % a mais que a floresta. Por mais que o conjunto dos sistemas e as práticas de manejo fossem diferentes, alguns fatores foram decisivos para o estoque de C, bem como: A floresta com o solo conservado de sua população microbológica; O quicuío com a cobertura perene do solo, retendo água do solo, fator imprescindível nos processos metabólicos, agindo como um ativador enzimático natural, através de uso do fogo de baixa condução de energia que decompõe diretamente o material, mas sem trazer malefícios para o solo; e o Zuri com a utilização de corretivos agrícolas e adubos fosfatados que impulsionam a produção das raízes e por consequência a perenidade da cultura.

Nos sistemas analisados, todos tiveram uma contrapartida não premeditada, onde cada sistema tinha suas próprias características e que buscou o seu próprio equilíbrio com o ecossistema.

6. CONCLUSÃO

A conversão da floresta em pastagens altera características do solo, como a densidade e a concentração de carbono orgânico total. A conversão da floresta em pastagem de *Urochloa humidicola* cv. Comum (quicuío-da-Amazônia) manejado com fogo por 30 anos apresenta maior densidade do solo em camadas superficiais, mas não altera o estoque de carbono. Por outro lado, a conversão da floresta em pastagem de *Megathyrus maximus* cv. BRS Zuri e

Urochloa humidicola cv. Comum (quicuío-da-amazônia) manejado com fogo por 30 anos, aumentaram a concentração de carbono orgânico no solo nas camadas mais profundas.

Pastagens com adequado sistema de manejo incluindo ser uma alternativa para recuperar áreas degradadas, proporcionando maior ou igual sequestro de C que sistemas florestais.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUSTÍN, M. A, MARIA, T. F, CRISTINA, F, BRUNO, C. V, FELIPE, G. O, JOSE, A. Vega, inferring changes in soil organic matter in post-wildfire soil burn severity levels in a temperate climate, **Science of The Total Environment**, Volume 627,2018, Pages 622-632, ISSN 0048-9697.2018.

ALCANIZ, M, OUTEIRO, L, M. FRANCOS, X. Úbeda Efeitos de incêndios controlados nas propriedades do solo: uma revisão. **Ciência Total Environ**, 613–614, pp. 944 – 957. 2018.

ARAÚJO, C. S. F.; MATOS, G. H. B; ANJOS, L J S. DINÂMICA DA COBERTURA VEGETAL E MUDANÇAS NO USO DA TERRA NO ESTADO DO PARÁ AO LONGO DE TRÊS DÉCADAS. **Revista Agroecossistemas**, [S.l.], v. 14, n. 1, p. 83 - 95, jun. 2022.

ARRUDA, S. C; OLIVEIRA, J. E. S; HACON, S. S. Serviços Ecosistêmicos da Amazônia Brasileira. **Revista Brasileira de Geografia Física.**, p. 178?198, 25 jan. 2024.

AZEVEDO, J. C. Perspectiva sustentável para a exploração da agropecuária no arco do desmatamento da Amazônia: mudanças no uso da terra e os estoques de C e N no solo. p. 7–68, 2022.

BAKER, J. C. A; SPRACKLEN, D.V. Benefícios climáticos das florestas amazônicas intactas e as consequências biofísicas da perturbação. **Frontiers in Forests and Global Change**, 2, 1 – 13. 2019.

BRAZ, S. P. SOUZA, E. R. A; FEREEIRA, R. F. Soil Carbon Stocks under Productive and Degraded *Brachiaria* Pastures in the Brazilian Cerrado. **Soil Science Society of America Journal**, v. 77, n. 3, p. 914–928, 2013.

BRAZ, A. M. A; FERNANDES, A. R; ALLEONI, L.R.F. Soil is attributed after the conversion from forest to pasture in amazon. **Land Degradation & Development**. V. 24, p. 33-38, 2013.

COPLEN, T. B. Guidelines and recommended terms for expression of stable-isotoperatio and gas-ratio measurement results. **Rapid Communications in Mass Spectrometry**, v. 25, n. 17, p. 2538–2560, set. 2011.

COSTA, N. L.. Produtividade e manejo de pastagens de *Brachiaria humidicola* no trópico úmido sul-americano. Porto Velho: **Embrapa Rondônia**. Documentos, 37, 1997.

CHADDAD, F. A; GOMES, F. H. A. Impact of mining-induced deforestation on soil surface temperature and carbon stocks: A case study using remote sensing in the Amazon rainforest, **Journal of South American Earth Sciences**, Volume 119, 2022.

CHADDAD, F. C. FELLIPE, A.O. M; MAHBOOBEH, T.; RABELO, J. L. S., CAMPOS, L. R, AMORIM, M. T. A, SOUSA, G. P. B, FERREIRA, T. O, PERLATTI, F. R, ROSIN, N. A, ROSAS, J. T. F, DEMATTÊ, J. A.M. Impact of mining-induced deforestation on soil surface temperature and carbon stocks: A case study using remote sensing in the Amazon rainforest. **Journal of South American Earth Science**, Volume 119. 2022

DIAS, F. M. B. Degradação de pastagens: conceitos, processos e estratégias de recuperação e preservação. 1 Ed. **Belém**. Ed autor, v.1. 59p. 2023.

EMBRAPA. 1988. Delineamento Macro-Agroecológico do Brasil. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (SNLCS)**, Rio de Janeiro, RJ. 114 p.

FAWCETT, D. , SITCH, S. , CIAIS, P. , WIGNERON, SILVA, J, HEINRICH, C.H.L, V. VANCUTSEM, C. , ACHARD, F. , BASTOS, A. , YAN, H. , Li, X. , ALBERGEL, C. , FRIDLINGATWIM, P, ARAGAO, L. Declínio da biomassa da Amazônia devido ao desmatamento e perdas subsequentes de degradação excedendo os ganhos . **Global Change Biology**, 29 (4), 1106 – 1118 . 2023.

FEARNSIDE, P.M. Quantificação do serviço ambiental do carbono nas florestas amazônicas brasileiras. **Oecologia Brasiliensis** 12(4): 743-756. 2018.

GATTI, L.V, BASSO, L.S, MILLER, J.B. Amazônia como fonte de carbono ligada ao desmatamento e às mudanças climáticas. **Nature** 595, 388–393. 2021.

GALFORD, G. L.; SOARES-FILHO B.; CERRI.; C. E. P. Prospects for land-use sustainability on the agricultural frontier of the Brazilian Amazon. **The Royal Society B**. v. 368, p. RSTB20120171, 2013.

HASHIMOTO, S., A; NISHINA, K. Estimativas divergentes baseadas em dados da respiração global do solo. **Commun Earth Environ** 4, 460. 2023.

JANK, L. ZIMMER, A. H. ; SANTOS, M. F. ; BRAGA, G. J. ; ARAUJO, A. R. ; Gomide, C.A. de M. ; ANDRADE, C.M.S. ; FERNANDES, C. D. ; MONTARDO, D. ; MONTAGNER, D.B. ; TORRES, F. Z. V. ; FERNANDES, F. D. ; LEDO, F J da S ; MACIEL, G.A. ; ASSIS, G.M.L. de ; VERZIGNASSI, J. R. ; RODRIGUES, J.G. ; VALÉRIO, J. R. ; VALENTIM, J. F. ; MACHADO, L.A.Z ; et.al . **O capim-BRS Zuri (*Panicum maximum* Jacq.) na diversificação e intensificação das pastagens**. Brasília, DF: Embrapa. (Comunicado técnico 163). 2022.

KAJAR, K, KOHLI, J. K, HENRIK, L, JUKKKA, P. A. C. Post-fire soil greenhouse gas fluxes in boreal Scots pine forests–Are they affected by surface fires with different severities. **Agricultural and Forest Meteorology**. V. 349, 109954, ISSN 0168-1923. 2024.

MARQUES, L. C. T.; HEALEY, P.; LOURENCO, R. F. **Informações básicas sobre o município de Moju, Pará - uma contribuição para o seu planejamento**. 2003.

MARTINS, G. B. Dinâmica do carbono orgânico dissolvido em solos com presença de resíduos vegetais. **Science flost**. p 36 – 40. 2022.

MELLO, N. G. R.; ARTAXO, P. Evolução do Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal. **Revista do Instituto de Estudos Brasileiros**, n. 66, p. 108, 2017.

MORENO. S. R, CHARG, B. V, SOLEIRO, E. R , QUINTERO, S , MERINO, A, RUIZ, M. R. Avaliação da severidade de queimadas do solo usando características de micro morfologia e morfometria após uma queimada prescrita em uma floresta manejada. Inglês: Español. **J. Solo. Ciência**, 13, pág. 11488. 2023.

OLIVEIRA, J. V. C. Caracterização do estoque de carbono e nitrogênio no solo em diferentes sistemas de uso da terra no município de Paragominas-PA. Orientador: FATURI, Cristian. 2023. 38 f. **Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Agrônômica)** - Universidade Federal Rural da Amazônia, Campus Belém, PA, 2023.

PATA, U. K, KARLILAR, A. G. S, PATA, S. As mudanças estruturais e o fator de capacidade de carga florestal proporcionam uma redução nas emissões de carbono nos países BRICS? **Air Qual Atmos Health**. 2024.

PULROLNIK, K. Transformações do Carbono no Solo. Planaltina-DF: Embrapa Cerrados ISSN 1517-5111, ISSN Online 2176-5081 ; 264, 2009 (Série Embrapa_ Documentos).

PEREIRA, P, CERDA, A , UBERA, X , MATAIX, J. S, ARCENEGUI, V. , L. Z. Modelagem dos impactos dos incêndios florestais na espessura das cinzas em um período de curto prazo. **Degradação de terras** , 26 , pp. 180 – 192. 2015.

PEREIRA, P, FRANCOS, M, BREVIK, E, UBEDA, X, BOGUNOVIC, I. Post-fire soil management. **Current Opinion in Environmental Science & Health**, 26-32. V. 5. 2018.

PORTO, D. **Entenda o que é a Floresta Amazônica e por quais países se estende além do Brasil**. Disponível em: <<https://www.cnnbrasil.com.br/nacional/entenda-o-que-e-a-floresta-amazonica-e-por-quais-paises-se-estende-alem-do-brasil/>>.

REICHERT, J. M.; SUZUKI, L. E. A. S.; REINERT, D. J. Compactação Do Solo Em Sistemas Agropecuários E Florestais: **Tópicos em ciência do solo**, v. 5, n. 15193934, p. 49–134, 2007.

RUSSEL, SK, GILLANDERS, BM, DETMAR, S. *et al.* Determinando os Drivers Ambientais da Variabilidade em Escala Fina em Estoques de Solo de Carbono Azul. **Estuários e Costas** **47** , 48–59. 2024.

RUIZ, G. O, NIETO, A. M.A.A, GOLPE, J.E. GARCIA, R. CO2 emissions and causal relationships in the six largest world emitters. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**. Volume 162, 112435, ISSN 1364-0321. 2022.

SANDEEMAN, J, HENGL, T. H, G.J. Fiske Soil carbon debt of 12,000 years of human land use PNAS, 114., pp. 9575-9580. 2017

SANTOS, H. G; JACOMINE, P. K. T; ANJOS, L.H.C; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F; COELHO, M. R; ALMEIDA, J.A.; ARAÚJO, F, J.C; OLIVEIRA, J. B; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. Rio de Janeiro: Embrapa. v. 1. 187p. 2018.

SANTOS, C. A, REZENDE, C. P, PINEHEIRO, E. F. M, PEREIRA, J. M. ALVES, R. S. Changes in soil carbon stocks after land-use change from native vegetation to pastures in the Atlantic Forest region of Brazil, **Geoderma**, v. 337, Pages 394-401, ISSN 0016-7061. 2019.

SISTI, C. P. J; SCHWARTZMAN, S. R; MIRANDA. Change in carbon and nitrogen stocks in soil under 13 years of conventional or zero tillage in southern Brazil. **Soil and Tillage Research**, v. 76, n. 1, p. 39–58, 2004.

TEAM, R. C; OLIVEIRA, J. B; CUNHA, T. J. F. A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, **Vienna, Austria**. 2019.

TEIXEIRA, P. C; DONAGEMMA, G.K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W.G. Manual de métodos de análise de solo. 3. ed. Brasília: **Embrapa**. 573p. 2017.

VASCONCELOS, P. F., S., MORAES, T. R. L. ., SANTOS, F. C. ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO EM ÁREA COM CAPIM BRIZANTHA E RUZIZIENSIS . **Revista Brasileira De Agropecuária Sustentável**, *11*(1), 366–374. 2021.

WALKER, W; BACCINI, A. M , S. SCHWARTZMAN, S. R; MIRANDA, M. A. O, C. AUGUTO, M. R , RICARDO, B, SMITH, R , MEYER, C. M. Carbono florestal na Amazônia: a contribuição não reconhecida dos territórios indígenas e áreas naturais protegidas **Global Amazon**. P. 200-223. 2022.

YADVINDERY, M. MATAIX, J. S, ARCENEGUI, V. , L. Z. Mudanças climáticas, desmatamento e o destino da Amazônia. **Science** 319, 169-172. 2008.