

## Modelagem de carbono em solos sob floresta natural e sistemas agroflorestais no Rio Grande do Sul e Santa Catarina

Miron, Laís<sup>1</sup>; Schenato, Ricardo Bergamo;<sup>2</sup>

<sup>1</sup>. Estudante de graduação, Universidade Federal de Santa Maria - Campus Sede/RS E-mail: lais.miron@acad.ufsm.com

<sup>2</sup>. Engenheiro Agrônomo Dr. em Ciência do Solo, professor no Departamento de Solos da Universidade Federal de Santa Maria- Campus Sede/RS. E-mail: ribschenato@gmail.com

### Resumo

O efeito estufa natural é responsável pela manutenção da temperatura no planeta. Desde que começou a Revolução Industrial as ações humanas iniciaram o efeito estufa antrópico, sendo que os principais responsáveis pelo desequilíbrio de carbono (C) atmosférico são as queimas de combustíveis fósseis e o desmatamento. O estudo teve como objetivo levantar dados bibliográficos e de campo para a modelagem do C no solo. A pesquisa ocorreu no portal de periódicos da CAPES, originando um arquivo com 420 dados de 47 artigos. O resultado mostra uma disparidade entre as pesquisas de C no Brasil nos diferentes usos de solo, evidenciando lacunas em relação às pesquisas de C nas florestas nativas do país, já que a agricultura convencional é a com maior número de dados (37) e menor concentração de C na camada de 0-40 cm (33,76 MgC).

Palavras-chave: Carbono, Banco de dados, Uso de solo.

### Introdução

Alimentado pelo progresso e ascensão econômica o ser humano passou a utilizar os recursos naturais sem limitações. Essas ações geraram um desequilíbrio nos gases presentes na atmosfera que são os responsáveis pela captação e absorção dos raios solares. A intervenção humana na natureza causou um aumento expressivo dos gases na camada atmosférica impedindo que o calor saísse do planeta, gerando, assim, o superaquecimento vivenciado nos dias atuais, conhecido como efeito estufa antrópico.

Visando a manutenção da vida no planeta, e para evitar um colapso ambiental ainda maior, cientistas e governantes decidiram colaborar entre si, gerando pautas ambientais com destaques políticos e econômicos. Em 1987, no Relatório Brundtland - "Nosso Futuro Comum" - foi apresentado o primeiro conceito de desenvolvimento sustentável: "O desenvolvimento sustentável é o desenvolvimento que encontra as necessidades atuais sem comprometer a habilidade das futuras gerações de atender suas próprias necessidades."

Nos anos subsequentes ocorreram inúmeros debates e reuniões que finalizaram em acordos mundiais cujo objetivo era a consciência ambiental. A maioria dos debates retratou a relação do carbono emitido e absorvido pelos principais países em desenvolvimento econômico. Em 1997, na cidade de Kyoto, no Japão, foi acordado o primeiro tratado internacional de diminuição dos gases de efeito estufa, assinado por 84 países e visando a redução de 5,2% sobre as emissões de 1990. O protocolo, declarado como um marco na proteção climática, tinha metas bem definidas, mas pela falta de comprometimento de alguns países não alcançou o resultado esperado.

Os acordos das Conferências das Partes (COP-21 e COP-26) também foram grandes marcos na história de controles climáticos. Em 2015, foi a primeira vez que todos os países signatários da UNFCC (United Nations Framework Convention on Climate Change) concordaram, de forma voluntária ou obrigatória, em assumir compromissos na redução dos gases de efeito estufa. Em 2021 o acordo trouxe como principais pontos a necessidade de acelerar a transição de fontes energéticas limpas, e pela primeira vez se falou em redução gradativa do uso do carvão, além de finalizar o livro de regras do "Acordo de Paris" sobre o mercado de carbono.

O carbono presente no planeta está distribuído em diferentes concentrações, sendo 0,06% na atmosfera, oceanos, plantas e animais e 99,94% nas rochas e sedimentos oceânicos (BERNER e LASAGA 1989, p. 58). Há 3 principais reservatórios de C que geram o ciclo biogeoquímico do carbono: atmosfera, oceano e biosfera terrestre. O carbono presente em combustíveis fósseis, por exemplo, não é permutável naturalmente e o desequilíbrio se dá a partir do momento em que as entradas de carbono no solo, oceanos, plantas e animais são menores que suas saídas, gerando locais conhecidos como fontes de C atmosférico.

As fontes de C atmosférico são originadas, principalmente, devido a queima de combustíveis fósseis, sendo que a redução de C atmosférico só ocorre através da absorção do mesmo através dos outros dois reservatórios que compõem o ciclo. Uma floresta pode ser tanto uma fonte de carbono,

devido ao desmatamento para a mudança do uso de solo, como drene quando está bem conservada, sendo capaz de absorver mais carbono para sua biomassa. A expansão agropecuária é um dos principais fatores para o carbono, presente na atmosfera, ter elevado sua concentração.

O Brasil está entre os países com registro de maior emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE) devido à mudança do uso do solo, especialmente pela conversão de florestas naturais em pastagens e lavouras. No entanto, o entendimento dessas mudanças sobre os estoques de C no solo e na biomassa ao longo do tempo ainda necessita de pesquisas. Para que se conheça o potencial dos ecossistemas naturais em estocar C, bem como o impacto da remoção da vegetação nativa, é primordial realizar estudos de modelagem.

O objetivo desse trabalho foi realizar um levantamento de dados de estoque de C no solo e na biomassa em ambientes de florestas naturais na região Sul do Brasil e simular o carbono do solo em diferentes condições de uso. O exercício de modelagem buscou mostrar as alterações decorrentes da conversão florestal em diferentes condições ambientais.

## Material e Métodos

O levantamento de dados usou como termos de indexação “carbono no solo”, “estoque de carbono em floresta”, “modelagem de carbono”, “carbono nos diferentes usos do solo”. A busca foi realizada no portal de periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). Dos trabalhos retornados foram extraídas as seguintes informações: local, coordenadas, sistema, tempo de sistema, camada (cm), carbono no solo (cs), carbono na biomassa (cbio), carbono na serapilheira (cser), nitrogênio no solo (ns), nitrogênio na biomassa (nbio), nitrogênio na serapilheira (nser), biomassa (kg/ha) e a fonte do referido artigo.

Para uma pré-análise das bases de dados foi necessária uma pesquisa de cunho bibliográfico que formou um banco de dados geral relacionado ao estoque de carbono no solo em todas as regiões do Brasil. Essa pesquisa se pelos periódicos, além das referências dos próprios artigos localizados, sendo que as informações básicas supracitadas foram extraídas e compiladas em tabela do Excel.

Os artigos selecionados foram divididos em subgrupos que representam usos comuns de solo, como representação de áreas naturais foram escolhidos os usos de campos naturais (CN) e florestas naturais (F) por serem as coberturas nativas predominantes no sul do Brasil; a agricultura convencional, com produção anual de grãos (AC), e a silvicultura (S) foram escolhidas como cenários de ambiente produtivo intensivo; os sistemas agroflorestais e silvipastoris (SAF/SSP) foram incluídos para verificar o potencial do uso de sistemas integrados para o armazenamento de carbono no solo. Nessa etapa manteve-se apenas os artigos para os estados de Rio Grande do Sul e Santa Catarina, com o objetivo de delimitar as variações de clima e solo. Os resultados foram harmonizados e padronizados para expressar os estoques de carbono para a camada de 0-40cm do solo.

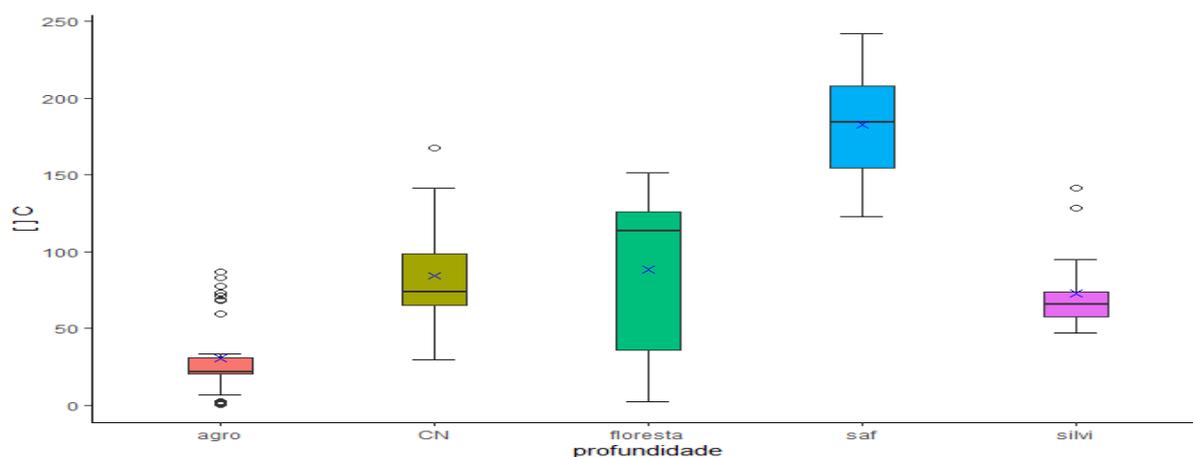
Os dados coletados na etapa de levantamento bibliográfico serviram para guiar o exercício de modelagem. Foram elaborados cenários médios de SAF/SSP, CN, F, S e AC sob as mesmas condições de clima e solo para que o único fator isolado fosse o uso do solo. As simulações foram realizadas com o modelo ecossistêmico DayCent em ambiente R.

## Resultados e Discussão

A pesquisa bibliográfica apurou 420 dados, em 47 artigos distintos, com base em todas as regiões do Brasil, sendo utilizados 15 artigos para a região de Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Dos 420 dados gerais do Brasil, restaram 120 dados para a sub-região, dos quais 64 foram SAF/SSP, 30 CN, 43 Silvicultura, 48 de florestas e 73 sobre agricultura convencional.

O banco de dados apresentado na figura 1, abaixo, foi formulado a partir da homogeneização das camadas de solo e de dados com o mesmo artigo de referência, assim, o gráfico comparativo de estoque de C nos diferentes usos de solo ficou com: 15 dados de SAF/SSP (SAF), 17 CN, 15 Silvicultura (silvi), 18 de florestas (floresta) e 37 dados sobre agricultura convencional (agro).

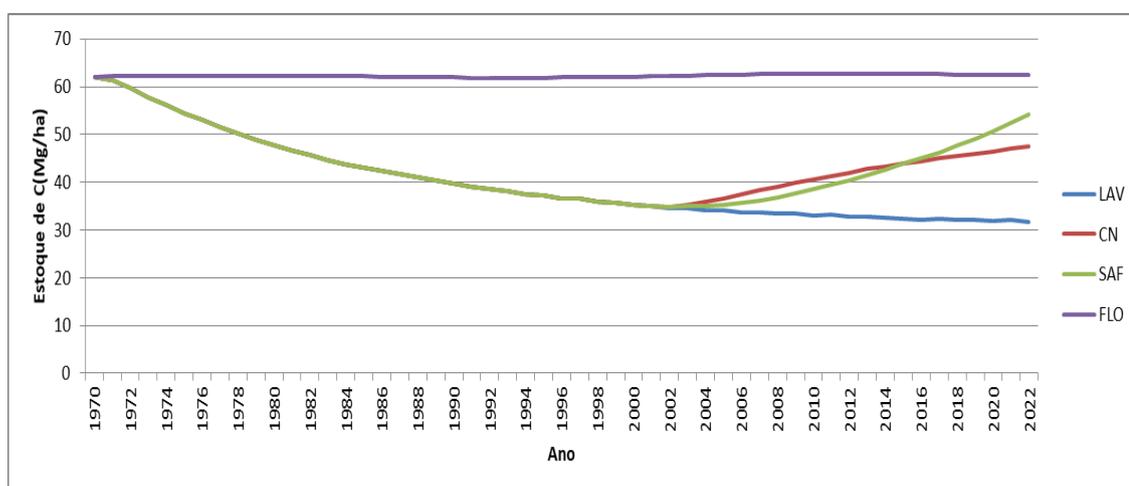
FIGURA 1: concentração de C nos diferentes usos de solo, na camada de 0-40 cm.



Como apresentado na FIGURA 1, os níveis médios de concentração de carbono são maiores em solos de SAF (182,7 MgC) e floresta (88,45 MgC), apesar do menor número de dados relacionados, comparados com a agricultura convencional (30,60 MgC).

A partir dos dados levantados foram simulados cenários de manutenção de floresta nativa (FLO), lavoura contínua (LAV), pastagem com campo nativo (CN) e sistemas agroflorestais (SAF) (FIGURA 2). Os cenários com alteração no uso do solo, LAV, CN e SAF compreenderam um período de agricultura a partir do ano de 1970. O cenário LAV seguiu com esse uso até 2022 e os cenários CN e SAF simulam uma nova conversão para esses cenários em 2000.

FIGURA 2: simulação dos cenários de manutenção de floresta nativa (FLO), lavoura contínua (LAV) pastagem com campo nativo (CN) e sistemas agroflorestais (SAF).



Os resultados mostram o aumento do estoque de C após a passagem de lavoura para CN e SAF, sendo que o cenário SAF mantém uma tendência de acúmulo de C no solo enquanto CN aponta para uma estabilização da sua capacidade de armazenar C. Esse comportamento pode ser explicado pela alta capacidade dos cenários SAF e CN em produzir biomassa em parte aérea e raízes. Por outro lado, o cenário LAV mantém-se perdendo C até o final do período simulado, ainda que a taxa de perda seja menor ao longo do tempo. A alteração da taxa está relacionada ao fato de que o C em frações mais lábeis foi transferido do solo nos primeiros anos após o início da agricultura e, portanto, nos anos finais da simulação a perda ocorre nas frações mais recalcitrantes.

## Conclusões

O levantamento bibliográfico apontou uma lacuna importante em informações sobre a quantificação do estoque de carbono e de biomassa em sistemas com componentes arbóreos, com destaque para florestas nativas e sistemas agroflorestais. O exercício de modelagem realizado apontou que os sistemas agroflorestais apresentam um grande potencial para aumentar o estoque de carbono no solo, mesmo após um cenário de degradação.

### Agradecimentos/Apoio

À Universidade Federal de Santa Maria e ao Fundo de Incentivo à Pesquisa (FIPE)

### Referências Bibliográficas

ALEGRE, Porto. **DINÂMICA DO CARBONO E NITROGÊNIO DO SOLO AFETADA POR PREPAROS DO SOLO, SISTEMAS DE CULTURA E ADUBO NITROGENADO** Thomé Lovato. [s.l.: s.n.], 2001. Tese (doutorado em Ciências do Solo)- UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL.

**ÁRVORE. R** ; VIÇOSA-MG. V. CARBONO ORGÂNICO E ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO EM ÁREAS FLORESTAIS 1 ORGANIC CARBON AND SOIL CHEMICAL ATTRIBUTES IN FOREST AREAS. n. 2. p. 217–224. 2008. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rarv/a/t9VtJfXnvynXDvST6dyxbVr/?format=pdf&lang=pt>>.

**BRAS, R.; CI; SOLO.** SIMULAÇÃO DA DINÂMICA DO CARBONO E NITROGÊNIO EM UM ARGISSOLO DO RIO GRANDE DO SUL USANDO MODELO CENTURY (1). v. 33, p. 1635–1646, 2009. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbcs/a/W7kQkSHLXQwkcsFHD7Cp6ZK/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 19 Jan. 2022.

LAGO, André Aranha Corrêa do (2006). **Estocolmo, Rio e Joanesburgo: O Brasil e as Três Conferências Ambientais das Nações Unidas**. Brasília: Instituto Rio Branco

LE PRESTE, Philippe (2000). **Ecopolítica Internacional**. São Paulo: Senac.

MACHADO VEZZANI, Fabiane. AGREGAÇÃO E ESTOQUE DE CARBONO EM ARGISSOLO SUBMETIDO A DIFERENTES PRÁTICAS DE MANEJO AGRÍCOLA (1) 3.2 -Manejo e conservação do solo e da água. [s.l.: s.n., s.d.]. **R. Bras. Ci. Solo**, 35:213-223, 2011. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbcs/a/JyM9nJpgPjMcFsnCDfdXdbS/?format=pdf&lang=pt>>.

NICOLOSO, Berenice; JORGE LUIS MATTIAS; LEANDRO; et al. Estoque de carbono no solo sob diferentes formações florestais. Chapecó - SC. **Ciência Florestal**. v. 24. n. 1. p. 5969. 2014. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/cienciaflorestal/article/view/13323/pdf>>. Acesso em: 17 Aug. 2021.

PACHECO, M. R. P. DOS S.; HELENE, M. E. M. Atmosfera, fluxos de carbono e fertilização por CO<sub>2</sub>. **Estudos Avançados**, v. 4, n. 9, p. 204–220, ago. 1990.

PRIMIERY, S.; MUNIZ, A. W.; LISBOA, H. DE M. Dinâmica do Carbono no Solo em Ecossistemas Nativos e Plantações Florestais em Santa Catarina. **Floresta e Ambiente**, v. 24, n. 0, 3 ago. 2017.

VINICIUS. Marcos; MAURO VALDIR SCHUMACHER; LEONIR RODRIGUES BARICHELLO; et al. Determinação de carbono orgânico em povoamentos de *Acacia mearnsii* DE WILD. plantados no Rio Grande do Sul. **Revista Acadêmica Ciência Animal**. v. 1. n. 2. p. 47–54. 2017. Disponível em: <<https://periodicos.pucpr.br/index.php/cienciaanimal/article/view/14913/14442>>. Acesso em: 11 Aug. 2021.

WINK, Charlotte; REINERT, Dalvan José; TORNQUIST, Carlos Gustavo; et al. Dinâmica do Carbono e Nitrogênio em Plantações de Eucalipto no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, n. 6, p. 1623–1632, 2015. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbcs/a/R96n5dMWPkJbt8jD6pGkvr/?format=pdf&lang=pt>>.