

**MENSURAÇÃO DOS ESTOQUES DE CARBONO ACIMA DO SOLO,  
UTILIZANDO O INVEST - CARBON STORAGE AND SEQUESTRATION:  
UMA ANÁLISE DAS MODIFICAÇÕES DO USO E COBERTURA EM  
TERESÓPOLIS-RJ (2010 - 2019).**

Francisco Carlos Moreira Gomes<sup>1</sup>

Diogo Parreira Lapa<sup>2</sup>

Isabel Patrícia Martins Baêta Guimarães<sup>2</sup>

1. Universidade Federal do Rio de Janeiro - Departamento de Geografia - Av. Athos da Silveira Ramos, 274, Rio de Janeiro - RJ, 21941-916 ([franciscocarlosmoreiragomes@gmail.com](mailto:franciscocarlosmoreiragomes@gmail.com))
2. Universidade Federal de Juiz de Fora - Departamento de Geociências - Rua José Lourenço Kelmer, s/n, Juiz de Fora - MG, 36036-900 ([diogo.parreira@ich.ufjf.br](mailto:diogo.parreira@ich.ufjf.br); [isabel.martins@ich.ufjf.br](mailto:isabel.martins@ich.ufjf.br))

**RESUMO**

Os créditos de carbono são uma política compensatória que surgiu durante os debates sobre o protocolo de Kyoto. Tal ideário tinha como escopo principal diminuir a liberação de carbono na atmosfera em decorrência das atividades humanas, oferecendo indenizações financeiras em troca. Nesse contexto, surgiu a necessidade de monitoramento dos níveis de liberação de carbono na atmosfera e de absorção deste elemento em outras formas. Nesse bojo, a utilização de técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto se faz muito útil, de maneira que diversas metodologias foram desenvolvidas e implementadas para esse fim – dentre as quais, destaca-se o modelo *INVEST - Carbon Storage and Sequestration*, adotado como ferramenta de análise no presente trabalho. A aplicação desse modelo foi usada como base para a realização do dimensionamento dos estoques de carbono acima do solo no município de Teresópolis-RJ entre dois anos distintos. A comparação dos dados destes anos possibilitou a realização de uma discussão a respeito dos efeitos da liberação e concentração dos estoques de carbono, relacionados com as alterações no uso e cobertura do solo no município: positivas quando ocorre a recuperação das formações florestais e negativas quando as florestas são suprimidas para dar lugar a outros tipos de uso e cobertura. Deste modo, foram identificadas algumas áreas extensas de liberação de estoques, inclusive no interior de Unidades de Conservação integral.

**Palavras-chave:** Crédito de carbono, Aquecimento global, Liberação de Carbono, Geoprocessamento.

**ABSTRACT**

Carbon credits are a compensatory policy that emerged during the discussions about the Kyoto protocol. The main scope of this idea was to reduce the release of carbon into the atmosphere as a result of human activity, offering financial compensation in return. In this scenario, there was the need for monitoring the carbon release levels at the atmosphere and for other forms of absorption of this element. Geoprocessing and remote sensing techniques are often used, as several methodologies were developed and used as tools for this purpose – among them, the model *INVEST - Carbon Storage and Sequestration* was adopted as an analysis tool in the present work. The application of this model was used as a basis for the dimensioning of carbon stocks above the soil at the municipality of Teresópolis-RJ over the period of two different years. The comparison between the data related to those years made possible the discussion about carbon emission and its concentration in stocks related to changes in land use and cover at the municipality: positive when forest formations are restored, and negative when those are suppressed by other types of use and cover. Thus, some extensive areas of release of carbon stocks were identified, including those inside of integral Conservation Units.

**Keywords:** Carbon credits, Global warming, Carbon release, Geoprocessing.

## INTRODUÇÃO

É quase pacificado entre os cientistas, a existência de um processo de mudança climática no planeta (ou crise climática/ambiental) que foi desencadeada de algum grau pelas atividades humanas. De modo que, a emissão de gases potencializadores do efeito estufa, onde se destacam principalmente o dióxido e monóxido de carbono gerados pela queima de combustíveis fósseis, vem alterando a dinâmica de comportamento do planeta.

Assim, no centro dos debates, estão as propostas para a redução do uso de combustíveis fósseis em prol de uma transformação na matriz energética global. Mas, existem autores que sustentam a necessidade de voltarmos os olhos para as modificações do uso e cobertura da terra também, que tem um grande potencial de liberação de Carbono para a atmosfera.

Haja vista que, essas atividades possuem uma capacidade de gerar (a nível local e regional) impactos ambientais a curto e médio prazo (GOUDIE, 2017). Nesse bojo de impactos, é possível destacar a proliferação de crises hídricas cada vez mais recorrentes e a rápida supressão da biodiversidade local/regional.

Na agricultura, por exemplo, não é incomum observar a supressão de grandes áreas de vegetação arbórea nativa, liberando grandes quantidades de estoques de carbono, para dar lugar a uma agricultura extensiva. De maneira que é cada vez mais necessário uma modificação desta lógica de produção. Estabelecendo assim, a necessidade de análises sobre o avanço da fronteira agrícola, onde o escopo deve se centrar em ações para a diminuição dos impactos ambientais e sociais, sobre perspectivas mais amplas em toda a cadeia produtiva (LAVE; WILSON; BARRON, 2019).

No meio urbano, a modificação do uso e cobertura do solo também devem ser consideradas. De maneira que, a eliminação de áreas verdes no interior das cidades ou na bordas dos perímetros urbanos para a sua expansão, além de outros locais mais distantes para atender a especulação imobiliária, pode gerar tanto uma liberação dos estoques de carbono como alterar o microclima local e a qualidade do ar da região ao entorno.

Diante desse cenário preocupante, existem políticas de compensação ambiental que buscam estabelecer uma relação de ônus e bônus para pessoas, empresas, governos, organizações não governamentais de acordo com a capacidade de emissão e/ou absorção de carbono. Uma dessas políticas compensatórias, são os chamados créditos de carbono. A ideia dos créditos de carbono foi desenvolvida ainda no âmbito do protocolo de Kyoto, no final do século passado, estabelecendo que:

Os créditos de carbono são gerados a partir da não emissão de uma tonelada de carbono na atmosfera, esse cálculo é feito comparando o cenário anterior e o atual após as mudanças feitas para gerarem menor

quantidade de gases poluentes. Os créditos após atingirem a quantidade necessária serão emitidos pelo Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL)... A comercialização do crédito de carbono ocorre entre país que geraram créditos e país que superaram as metas que tinham de geração de gases carbônicos, assim através das vendas de créditos de carbono os países ajudam os outros a ficarem dentro da meta, ajudando indiretamente para redução da poluição e contribuindo para o desenvolvimento sustentável em todo o mundo. (FILHO; CINTRA, 2022, p. 2)

No escopo dos cálculos de crédito de carbono, o Geoprocessamento e o Sensoriamento Remoto surgem como uma importante ferramenta, a fim de auxiliar no monitoramento e análise do acúmulo e liberação dos estoques de carbono. Entre as diversas metodologias e modelos que são possíveis de serem aplicados neste esforço, existe o *InVEST (Integrated Valuation of Environmental Services and Tradeoffs)* especificamente o módulo *Carbon Storage and Sequestration*.

Esse modelo, é uma ferramenta voltada a “mapear e valorar bens e serviços naturais de forma a alinhar a conservação de ecossistemas com a economia.”(CARDOSO *et al.*, 2012, p. 1). O autor ainda complementa, sustentando que o modelo *InVEST- Carbon Storage and Sequestration* pode exercer um papel fundamental no auxílio à tomada de decisão, uma vez que possibilita a análise de diversos cenários com uma abordagem quali-quantitativa.

Neste sentido, esse presente trabalho busca estabelecer uma análise sobre a variação dos estoques de Carbono acima do solo, devido à evolução no uso e ocupação no município de Teresópolis – RJ. A escolha do município não é arbitrária, uma vez que Gomes e Zaidan (2019), demonstraram uma perda de cerca de cerca de 450 hectares de formação florestal em Teresópolis entre os anos de 2010 e 2019. Sendo algumas das áreas que sofreram supressão vegetal, localizadas no interior de unidades de conservação Municipais, Estaduais e Federais. Assim, o questionamento que guiou a execução desse trabalho repousa ao redor de determinar: o quanto as mudanças no uso e cobertura do município, de um modo geral, liberaram ou estocaram carbono acima do solo?

Desta maneira, além desse tópico introdutório, o trabalho é dividido em mais quatro tópicos. Na metodologia, serão apresentadas as técnicas e etapas que disciplinaram a execução da pesquisa, seguida pela apresentação de análise dos resultados obtidos, onde por fim, serão apresentadas breves considerações finais.

## **METODOLOGIA**

O processo metodológico que conduziu a execução deste trabalho tomou forma em dois momentos distintos. Inicialmente foi realizado o levantamento bibliográfico de dados secundários para a alimentação do modelo *InVEST. - Carbon Storage and*

*Sequestration*. Posteriormente, com esses dados em mãos, foi elaborada a modelagem dos estoques de carbono entre 2010 e 2020.

### **Levantamento de dados secundários para a execução do modelo**

O modelo *InVEST- Carbon Storage and Sequestration*, para estabelecer o cálculo dos estoques de carbono e índices de liberação para a atmosfera, trabalha com uma modelagem com base em um mapa de uso e cobertura, e valores amostrais da quantidade de carbono em 4 estados básicos: acima do solo; no solo; abaixo do solo; e na matéria orgânica morta (CARDOSO *et al.*, 2012).

O chamado carbono acima do solo, se refere às estimativas de sua incorporação em toda a biomassa vegetal viva acima do solo, enquanto que o carbono abaixo do solo é formado principalmente pelas raízes dessa biomassa acima. Já o carbono presente na matéria orgânica morta, é aquele acumulado nas aos galhos, folhas e serrapilheira morta que ainda não foi incorporada pelo solo completamente no processo de decomposição. Por fim, o carbono no solo é aquele dissolvido na forma de mineral ou húmus no solo.

De maneira que, a depender do tipo de uso e cobertura, idade dos fragmentos florestais, clima e demais fatores condicionantes, os valores tendem a variar. Desta maneira, existem alguns estudos que vão definir valores gerais, de biomassa e carbono acima, abaixo, morto e no solo cenários distintos de uso e cobertura.

Desta forma, foi necessário buscar dados referentes às classes de uso e cobertura da área de estudo, a fim de posteriormente estabelecer os valores amostrais para alimentar o modelo. Para tal esforço, utilizou-se os mapas de uso e cobertura do solo do projeto MapBiomass coleção 5. Segundo Rosa, Shimbo e Azevedo (2019, p. 95) o projeto é:

"uma iniciativa de monitoramento aberto e colaborativo, criada em 2015, para preencher essa lacuna. É um projeto multi-institucional, envolvendo universidades, ONGs e empresas de tecnologia, que promove o mapeamento anual de cobertura e uso da terra do Brasil nas últimas três décadas."

Para o período de 2010 e 2020, o qual esse trabalho se concentra, foram observadas 9 classes de uso e cobertura do solo distribuídas da seguinte forma: Formação florestal; Silvicultura, Pastagem; Mosaico agricultura e pastagem; Área urbana; outras áreas não vegetadas; Afloramento rochoso, Mineração e rio, lago e oceano.

Para as classes de formação florestal e floresta plantada, foi possível encontrar estimativas dos valores de carbono utilizando dados do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC). Em 2019, o IPCC destacou que os índices máximos de biomassa para formações florestais e florestas plantadas de eucalipto (cultura

predominante na região), ficariam em torno de 195 ton/ha e 120 ton/ha respectivamente (Tabela 1).

Outro autor que também trabalhou com estimativas de biomassa em carbono, foi Grace et al. (2006), em seu artigo "*Productivity and carbon fluxes of tropical savanas*". Nesta oportunidade, os autores estabeleceram valores de biomassa presente nos campos limpos do Cerrado, para uma ordem de 1,8 ton/ha. E por mais que Teresópolis se encontre na região serrana do Rio de Janeiro, longe do bioma de Cerrado, considerou-se aceitável a generalização de que suas pastagens se assemelham aos campos limpos do Cerrado (Tabela 1).

Já os dados de biomassa da classe composta pelos mosaicos entre agricultura e pastagem, teve seus valores de biomassa acima do solo definidos de acordo com os dados do Centro de Análise de Informações de Dióxido de Carbono (CDIAC) de 2006. A instituição estabeleceu um valor médio em torno de 20 ton/ha de biomassa para esse tipo de uso e cobertura. Por fim, considerou-se que os demais tipos de uso e cobertura, como área urbana, outras áreas não vegetadas e corpos d'água e mineração (devido a sua ausência/ínfima de cobertura vegetal) com valores de biomassa acima do solo como zero.

Todavia, é preciso entender que nem toda a biomassa é composta exclusivamente de carbono. Uma vez que outros elementos também compõem as formações vegetais como água, oxigênio, sais etc. Diante dessa perspectiva, Grace et al. (2006) sustenta que um bom valor de aproximação é considerar que 50% da biomassa seria composta exclusivamente de carbono, usando como base as considerações de Schlesinger (1997). Desta forma, estabelecidos como índice geral entre a de biomassa acima do solo, calculou-se uma proporcionalidade de 50% (Tabela 1) a fim de definir os valores de carbono acima do solo, em cada um dos tipos de uso e cobertura.

**TABELA 1: Índice geral entre Biomassa Acima do Solo do IPCC 2019, e de Carbono Acima do Solo, considerando que 50% da biomassa é composta por carbono, segundo Grace (2006) e Schlesinger (1997).**

Classe uso	Biomassa ton/ha	Carbono ton/ha	Fonte
Formação florestal	195	97,5	IPCC (2019)
Silvicultura	120	60	IPCC (2019)
Pastagem	1,8	0,9	Grace. Et al (2006)
Mosaico agricultura e pastagem	20	10	CDIAC (2006)
Área urbana	0	0	-
Outras áreas não vegetadas	0	0	-
Afloramento rochoso	0	0	-
Mineração	0	0	-
Rio, lago e oceano	0	0	-

Fonte: Elaborado pelos autores (2022)

Como esse presente trabalho se limitou a discutir apenas os valores de biomassa e carbono acima do solo, os valores de carbono abaixo do solo, de matéria orgânica morta e no solo foram definidos como 0 em todos os tipos de uso. Fatores que não influenciam no resultado final da modelagem, uma vez que o *InVEST - Carbon Storage and Sequestration* calcula cada porção de carbono separadamente.

### **Modelagem dos estoques de carbono acima do solo, usando os mapas de uso e o modelo *InVEST - Carbon Storage and Sequestration*.**

Com os mapas de uso de 2010 e 2020 da área de estudo já definidos através do projeto MapBiomass coleção 5, e os valores amostrais de carbono acima do solo levantados em meio a bibliografia, a segunda etapa do processo metodológico tomou forma na modelagem dos estoques de carbono com o modelo *InVEST - Carbon Storage and Sequestration*.

De um modo geral a aplicação do modelo é relativamente simples, no qual é introduzido os mapas de uso e ocupação da área de estudo no período de interesse para o estudo em formato “.tif”, os quais precisam que seus arquivos *raster's* tenham o mesmo número de linhas e colunas. Para o campo “*Current Land Use/ Land Cover (Raster)*” é inserido o mapa de uso mais antigo, onde no presente trabalho é referente ao ano de 2010. Por sua vez, a variável “*Future Land Cover (Raster)*” é usado o mapa de uso que corresponde ao ano de 2020, para que dessa forma sejam calculados a diferença ocorrida entre ambos os anos.

Concomitantemente à inserção dos mapas de uso e cobertura, é preciso indicar um arquivo “.CSV” simples que contenha os valores amostrais de carbono de cada tipo de uso. O código de identificação do tipo de uso, precisa ser igual nos *raster's* de uso e cobertura e no arquivo CSV a fim da modelagem ser exitosa. Sendo necessário ainda, apontar uma pasta para a saída dos dados e informações geradas no processo de modelagem.

## **RESULTADOS**

O município de Teresópolis, fica localizado na Região Serrana do Estado do Rio de Janeiro, sendo boa parte do seu território coberto por Unidades de Conservação (UC), principalmente parques de administração Municipal, Estadual e Federal. Ao Sul se encontra o parque Nacional da Serra dos Órgãos, a leste está o parque Estadual dos Três Picos, e a quase uma década de sua fundação mais a oeste foi instalado o Parque Natural Municipal Montanhas de Teresópolis (Figura 1)



Figura 1. Representação das UC 's, que são parques, do município de Teresópolis - RJ. Fonte: Autores (2022)

Todavia, essa grande quantidade de UCs, como afirmou Gomes e Zaidan (2021), não impediu a ocorrência da supressão de grandes áreas de vegetação arbórea no Município. Os outros demonstraram que entre 2010 e 2019 coexistiram entre anos intercalados a perda de formações florestais com a regeneração, mas delimitando uma clara linha de tendência de supressão das florestas locais (Figura 2).

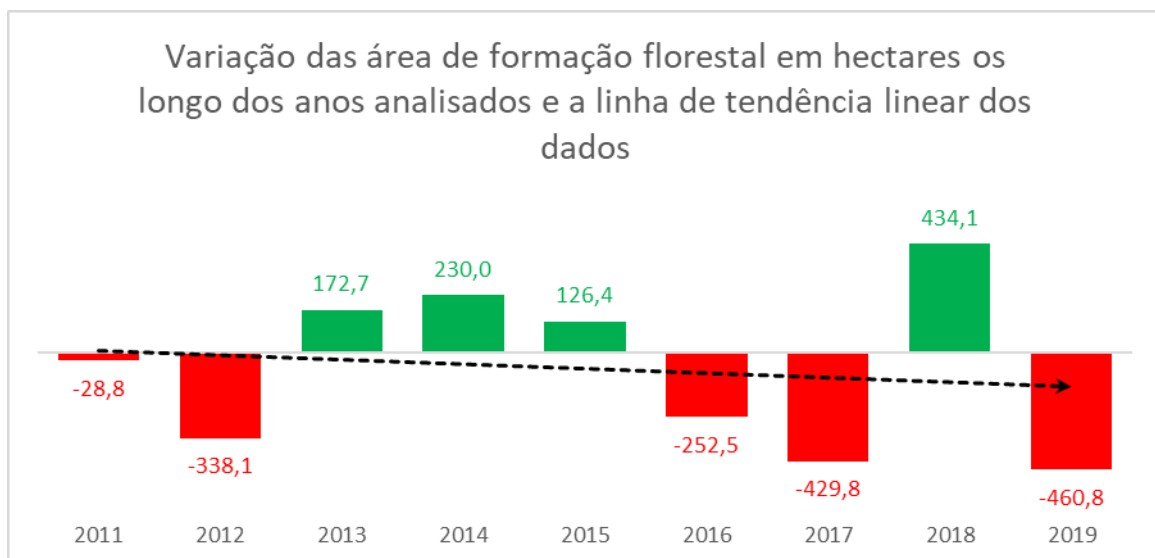


Figura 2. Tela inicial do modelo InVEST - Carbon Storage and Sequestration. Fonte: Adaptado de Gomes e Zaidan (2021)

De maneira que, somando os ganhos e perdas dos diferentes tipos de uso e cobertura da região, entre 2010 e 2019, observou-se que houve um decréscimo das Formações florestais na ordem de 456,75 ha. Ainda é possível observar que, as pastagens e outras áreas não vegetadas no período, deram lugar a uma expansão da infraestrutura urbana, florestas plantadas e áreas de mosaico entre agricultura e pastagem (Tabela 2).

**TABELA 2: Variação da composição das áreas dos tipos de uso e cobertura entre 2010 e 2019 em Teresópolis**

Classe de uso e cobertura	Área hectares		
	ano de 2010	ano de 2019	Varição
Floresta plantada	151,47	345,42	193,95
Formação florestal	48.278,88	47.732,13	- 546,75
Infraestrutura urbana	1.591,74	1.838,61	246,87
Mosaico de agricultura e pastagem	9.930,96	14.195,97	4.265,01
Outras Áreas não vegetadas	252,81	186,75	- 66,06
Pastagem	17.409,96	13.313,07	- 4.096,89
Rio, lago e oceano	16,02	19,89	3,87

Fonte: Autores (2022)

Não existem dúvidas que a retirada de formação florestal para qualquer tipo de uso e cobertura, tem a capacidade de promover a maior liberação possível de estoques de carbono acima do solo. Uma vez que qualquer um dos outros tipos de uso e cobertura encontrados na região, tem índices de biomassa e carbono acima do solo, menores que as formações florestais (Tabela 1).

Argumentação a qual se torna mais pertinente, no momento que a supressão das formações florestais é realizada em prol do processo de expansão urbana, no qual os estoques de carbono acima do solo foram considerados como nulos. Não sendo incomum em Teresópolis a ocorrência desse tipo de prática, em paralelo a uma atuação do poder público municipal, na falta de palavra melhor, questionável (Figura 3).





Figura 3. Reportagem de Jornal, apresentando a justificativa da Prefeitura de Teresópolis para a autorização de supressão de uma enorme área de vegetação nativa. Fonte: O Diário de Teresópolis (2021)

Todavia, as alterações que ocorreram de pastagem para Mosaico entre agricultura e pastagem, tem a possibilidade de serem benéficas para a relação entre emissão e estocagem de Carbono. Uma vez que a segunda, tem maiores valores de carbono e biomassa que a primeira, estabelecendo assim um saldo geral positivo, ao empreender essa transformação (MACHADO, 2016).

Equalizando toda essa dinâmica complexa, das alterações no uso e ocupação do solo e sua relação frente a variação dos estoques de carbono em Teresópolis, o modelo *InVEST - Carbon Storage and Sequestration* demonstrou que o município entre 2010 e 2019 se encontra déficit (Figura 4). Considerando as alterações no uso e ocupação, a ferramenta dimensiona uma liberação de 2.708,22 ton de carbono apenas acima do solo no período.

O mais intrigante, foi o fato observável de alguns dos locais onde se encontram os maiores índices de liberação de estoques de carbono, estarem localizados no interior das UCs de proteção integral formadas pelos parques Federais, Estaduais e Municipais. Áreas com localização semelhante às que foram destacadas por Gomes e Zaidan (2021), como locais que já haviam sofrido desmatamento e/ou estavam nas proximidades de regiões que passavam pelo mesmo processo.

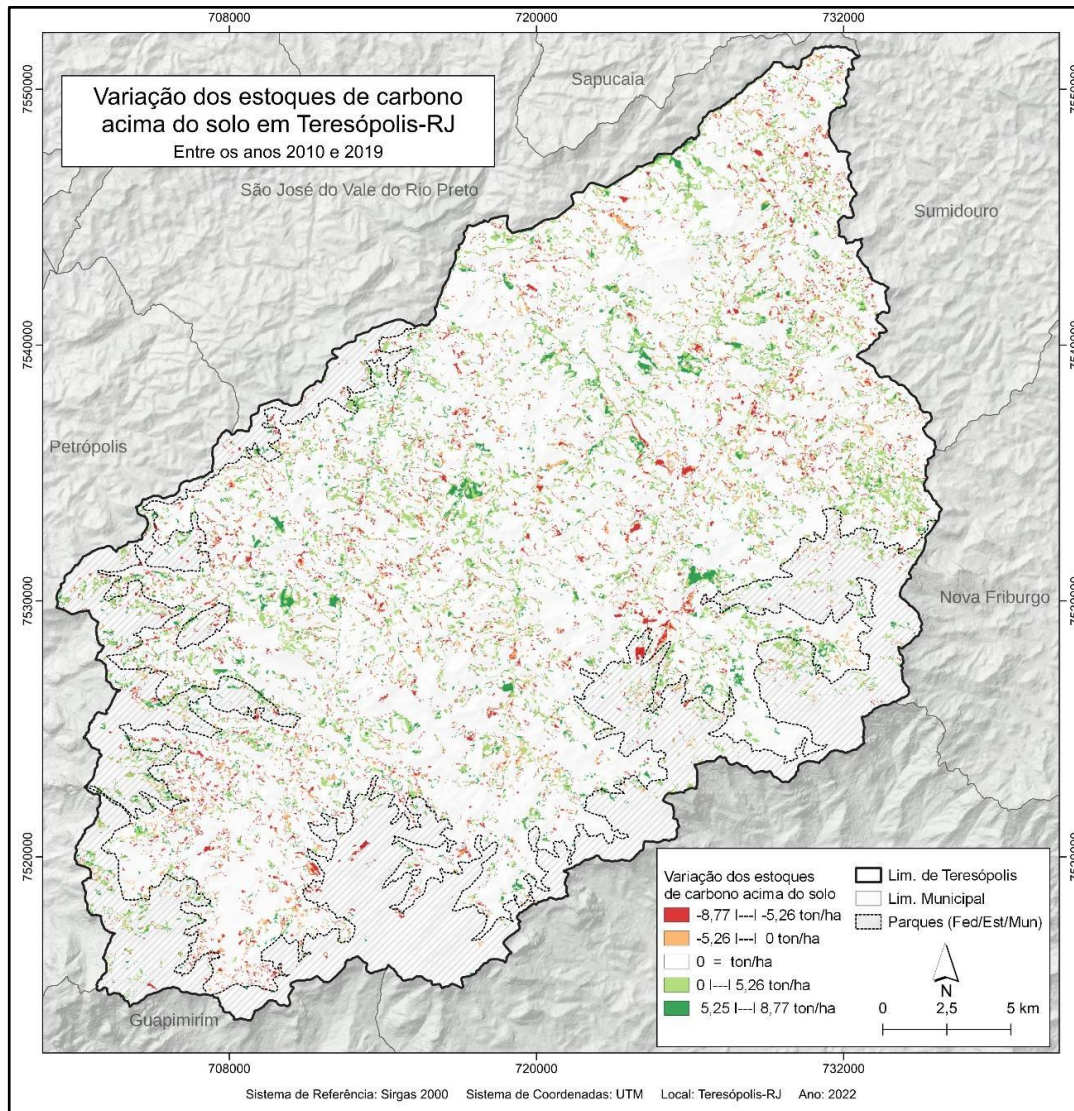


Figura 4. Tela inicial do modelo *InVEST - Carbon Storage and Sequestration*. Fonte: Autores (2022)

Outro ponto que merece destaque está relacionado a classe das florestas plantadas, que possuem uma interessante contradição. É perceptível que ao longo dos anos, no redor das classes de florestas plantadas, ocorre em concomitância um processo de ampliação das formações florestais, fator benéfico que desencadearia um aumento dos níveis de carbono estocado (Figura 5.A). Por outro lado, em contraste com esse fator positivo das florestas plantadas, existem áreas que a ampliação dessa prática se deu em favor da supressão vegetação nativa, favorecendo a liberação de carbono já que as formações florestais tem quase 40% maior capacidade de estocar carbono acima do solo que a silvicultura (Figura 5.B).

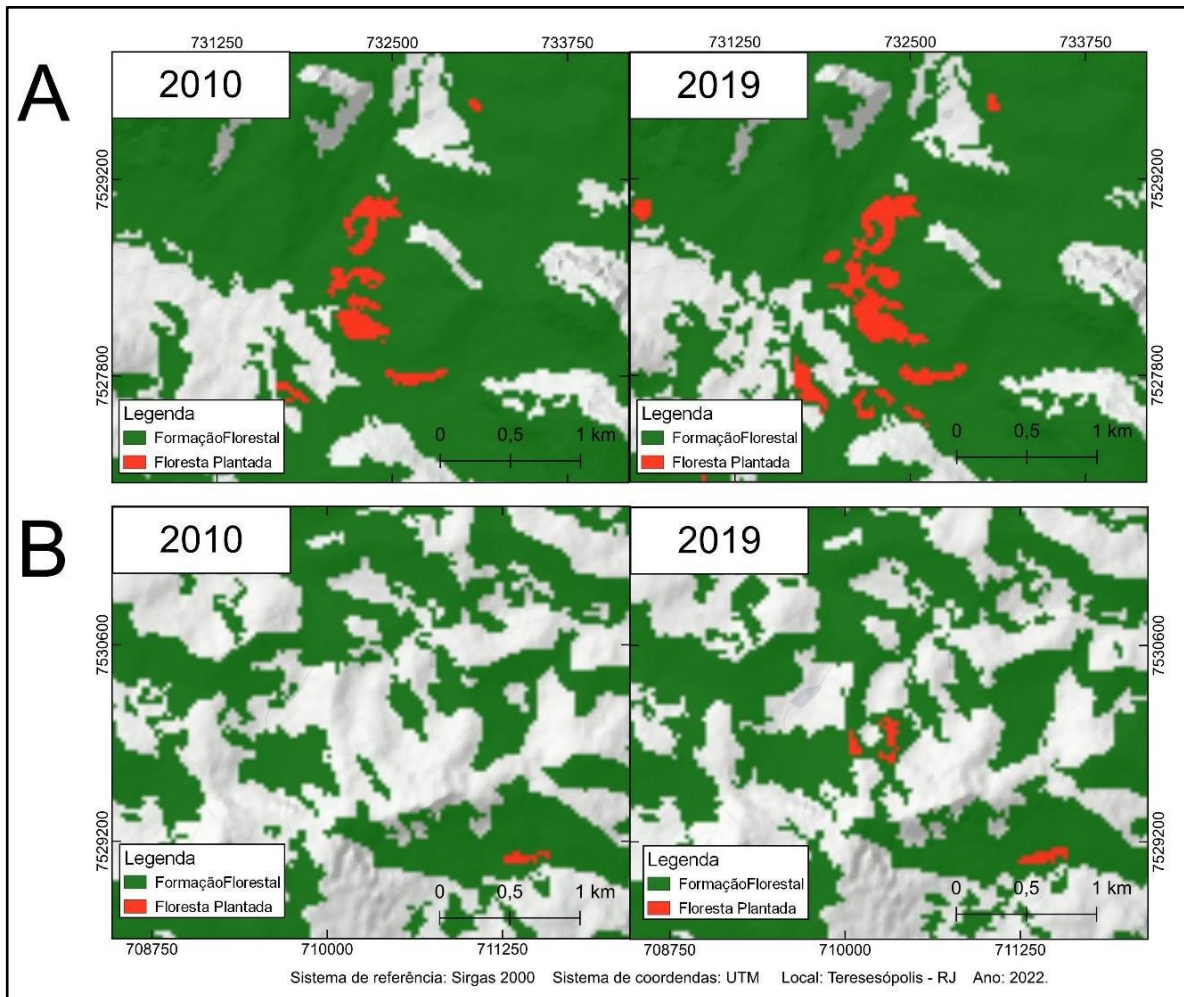


Figura 5. Tela inicial do modelo *InVEST - Carbon Storage and Sequestration*. Fonte: Autores (2022)

A Figura 5, demonstra a ocorrência de ambas as práticas em locais distintos no interior do município de Teresópolis. À medida que a Figura 5.A vai delinear um local onde claramente a Formação Florestal foi retirada para dar espaço às Florestas plantadas, propiciando assim uma maior liberação dos estoques de carbono acima do solo. Por outro lado, a Figura 5.B destaca que ao redor das Florestas plantadas, passou a surgir um processo de regeneração das formações florestais, gerando um superávit dos estoques de carbono naquela área.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

As emissões de carbono pelas atividades humanas, são um dos grandes desafios a qual a sociedade tem de buscar soluções o mais rápido possível. Políticas públicas, como os créditos de carbono, já vêm sendo colocadas em práticas para tentar frear a aceleração do processo de aquecimento global e suas consequências. De modo que o presente trabalho demonstrou uma maneira como o Geoprocessamento (aplicando o modelo

*InVEST - Carbon Storage and Sequestration*), tem um potencial de auxiliar no processo de mensuração e monitoramento dos estoques de carbono, pela alteração no uso e cobertura.

Todavia, para aprimorar a aplicação do modelo é necessário buscar aprimorar as fontes de dados referente aos valores amostrais de carbono em cada tipo de uso e cobertura. Uma vez que, mesmo que os índices globais levantados frente a bibliografia sejam uma alternativa viável, é preciso promover esforço de levantar dados primários para a região a fim de estabelecer melhores estimativas de modificações nos estoques de carbono e de sua possível valoração em termos financeiros.

Com relação a Teresópolis mais especificamente, o município possui grandes áreas preservadas além de diversas UCs que tendem teoricamente a resguardar as formações florestais, já que esse tipo de uso e cobertura tem a maior capacidade de estocar carbono.

Todavia, existem locais onde proliferam-se o desmatamento para dar lugar a outras culturas. Tais práticas, além de criminosa, colocam em risco a biodiversidade local uma vez que, o Bioma da Mata Atlântica foi o mais devastado em toda história do país.

De maneira que se for levado em conta esse mesmo argumento, fora das UCs a preservação e o cuidado com as formações florestais deve ser guiada com o mesmo rigor pelo poder público local. Assim, a anuência da Prefeitura a supressão vegetal de grandes áreas tendo como argumento que medidas compensatórias foram propostas, é na falta de palavra melhor, altamente questionável.

Seja da legislação municipal em si, do processo/metodologia interna da Prefeitura para avaliar os impactos e as medidas compensatórias propostas, ou mesmo dos interesses da sociedade civil em relação ao mercado imobiliário da região.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CARDOSO, D. J. *et al.* AVALIAÇÃO DAS VARIÁVEIS E DISPONIBILIDADE DE INFORMAÇÕES DO MODELO DE ESTOQUE DE CARBONO DO APLICATIVO INVEST. In: , 2012, Curitiba (PR). Embrapa Florestas-Artigo em anais de congresso (ALICE). Curitiba (PR): CONGRESSO FLORESTAL PARANAENSE, 2012. p. 1–10. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/66929/1/Denise-CFP-Avaliacao.pdf>. Acesso em: 09 de jun. 2022.

FILHO, J. C. I.; CINTRA, G. A. de O. D. G. B. Créditos de carbono da agricultura brasileira. Revista de Estudos Interdisciplinares do Vale do Araguaia - REIVA, [s. l.], v. 05, n. 2, p. 4, 2022. Disponível em: <http://reiva.unifaj.edu.br/reiva/article/view/242>. Acesso em: 09 de jun. 2022.

GOUDIE, A. S. The integration of Human and Physical Geography revisited. Canadian Geographer, [s. l.], v. 61, n. 1, p. 19–27, 2017. Acesso em: 09 de jun. 2022.

GRACE, J. *et al.* Productivity and carbon fluxes of tropical savannas. Journal of Biogeography, [s. l.], v. 33, n. 3, p. 387–400, 2006. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2699.2005.01448.x>. Acesso em: 09 de jun.

2022.

LAVE, R.; WILSON, M. W.; BARRON, E. S. Intervenção: Geografia Física Crítica. Espaço Aberto, [s. l.], v. 9, n. 1, p. 77–94, 2019. Disponível em: <https://revistas.ufrj.br/index.php/EspacoAberto/article/view/25397>. Acesso em: 09 de jun. 2022.

MACHADO, M. Z. P. Agricultura de baixa emissão de carbono: uma investigação sobre financiamento e potenciais benefícios. Dissertação. Fundação Getúlio Vargas: Escola de Economia de São Paulo. 79p. 2016. Disponível em: <https://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/bitstream/handle/10438/16416/Agricultura%20de%20Baixa%20Emiss%C3%A3o%20de%20Carbono.%20uma%20investiga%C3%A7%C3%A3o%20sobre%20financiamento%20e%20potenciais%20benef%C3%ADcios.pdf?sequence=1>. Acesso em: 09 de jun. 2022.

MAPBIOMAS. “Projeto MapBiomas – Coleção 5 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil.” Disponível em: <http://mapbiomas.org>. Acesso em: 09 de jun. 2022.

O DIÁRIO: De Teresópolis. Ano XXXII, N° 7455. Teresópolis, 09 out. 2021.

ROSA, M.; SHIMBO, J. Z.; AZEVEDO, T. MapBiomas - Mapeando as transformações do território brasileiro nas últimas três décadas. In: , 2019, São Paulo. (E. E. Teixeira & K. M. S. das Neves, Org.) VII Simpósio de Restauração Ecológica. São Paulo: Instituto de Botânica - São Paulo, 2019. p. 95–100. Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/Luiz-Barbosa-4/publication/338513848\\_GOVERNO\\_DO\\_ESTADO\\_DE\\_SAO\\_PAULO\\_SECRETARIA\\_DE\\_INFRAESTRUTURA\\_E\\_MEIO\\_AMBIENTE\\_Restauracao\\_Ecologica\\_Desafio\\_do\\_processo\\_frente\\_a\\_crise\\_ambiental\\_Coordenacao\\_geral\\_Luiz\\_Mauro\\_Barbosa/l](https://www.researchgate.net/profile/Luiz-Barbosa-4/publication/338513848_GOVERNO_DO_ESTADO_DE_SAO_PAULO_SECRETARIA_DE_INFRAESTRUTURA_E_MEIO_AMBIENTE_Restauracao_Ecologica_Desafio_do_processo_frente_a_crise_ambiental_Coordenacao_geral_Luiz_Mauro_Barbosa/l). Acesso em: 09 de jun. 2022.