

Plantios abandonados de *Hevea guianensis* Aubl. e seu potencial para créditos de carbono na Floresta Nacional do Tapajós

Abandoned plantations of *Hevea guianensis* Aubl. and its potential for carbon credits in the Tapajós National Forest

Karla Mayara Almada Gomes¹  • Talita Godinho Bezerra²  • Lizandra Elizeário dos Santos³ 
• João Ricardo Vasconcellos Gama³  • Thiago de Paula Protásio⁴ 

Recibido: 4/5/2020

Aceptado: 20/10/2020

Publicado: 17/12/2020

Abstract

The capacity to capture carbon dioxide (CO₂) from the atmosphere is one of several ecosystem services offered by forests and the species *Hevea guianensis* Aubl. stands out as a potential CO₂ sink. This study aimed to estimate the carbon credit potential in the wood of rubber trees in abandoned plantings in Tapajós National Forest. In the years 2013 and 2018, 100 % inventories were carried out, in which the circumference and height of the trees were registered. The fixed carbon (MgC ha⁻¹), the equivalent carbon (CO₂(eq) ha⁻¹) was calculated and converted into credits per hectare (US\$ ha⁻¹) from the European System for the CO₂. In 2013, 2,965 rubber trees were registered, and in 2018, 2,927 were inventoried. Despite the death of some trees in the range of 5 years, it was estimated a total of 72.3103 MgC ha⁻¹ in 2013, and 73.3708 MgC ha⁻¹ in 2018, resulting in a current annual increase of 0.2121 MgC ha⁻¹, reducing 0.7777 CO₂(eq) ha⁻¹ ano⁻¹, which would make possible an annual revenue of US\$ 515.90. Thus, it was concluded that the potential for generating carbon credits identified in the rubber plantations could add value to the forest, resulting in an addition to the income of the traditional population, making it a differential for the conservation of the Conservation Unit.

Key words: Biomass, environmental services, Amazon, Brazil.

1. Instituto de Biodiversidade e Florestas, Universidade Federal do Oeste do Pará; Santarém, Brasil; karlamayaralmada@gmail.com ;

2. Laboratório de Manejo em Ecossistemas Florestais, Universidade Federal do Oeste do Pará; Santarém, Brasil;

talita.gbezerra@gmail.com

3. Programa de Pós Graduação em Sociedade Natureza e Desenvolvimento, Universidade Federal do Oeste do Pará; Santarém, Brasil; lizandraelizari@hotmail.com; jvrgama@gmail.com

4. Campus de Parauapebas, Universidade Federal Rural da Amazônia; Parauapebas, Brasil; depaulaprotasio@gmail.com

Resumo

A capacidade de capturar gás carbônico (CO_2) da atmosfera é um dos vários serviços ecossistêmicos oferecidos pelas florestas e a espécie *Hevea guianensis* Aubl. se destaca como potencial sumidouro de CO_2 . O objetivo deste trabalho foi estimar o potencial de créditos de carbono na madeira de seringueiras em plantios abandonados na Floresta Nacional do Tapajós. Nos anos de 2013 e 2018 foram realizados inventários 100 %, em que se registrou a circunferência e altura das árvores. Calculou-se o carbono fixo (MgC ha^{-1}), o carbono equivalente ($\text{CO}_2(\text{eq}) \text{ha}^{-1}$) e foi realizada a conversão em créditos por hectare ($\text{US\$ ha}^{-1}$), a partir do Sistema Europeu de Negociação de CO_2 eq. Em 2013 foram inventariadas 2.965 seringueiras e, em 2018, foram inventariadas 2.927. Apesar da morte de algumas árvores no intervalo de 5 anos, foi estimado um total de $72,3103 \text{ MgC ha}^{-1}$, em 2013, e $73,3708 \text{ MgC ha}^{-1}$, em 2018, resultando em um incremento corrente anual de $0,2121 \text{ MgC ha}^{-1}$, reduzindo $0,7777 \text{ CO}_2(\text{eq}) \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$, o que possibilitaria uma receita anual de $\text{US\$ 515,90}$. Dessa forma, concluiu-se que o potencial de geração de créditos de carbono identificado nos seringais pode agregar valor à floresta, resultando em uma adicionalidade à renda da população tradicional, tornando-se um diferencial para a conservação da Unidade de Conservação.

Palavras-chave: Biomassa, serviços ambientais, Amazônia, Brasil.

Introdução

Com o início dos debates para a redução de gases do efeito estufa, no final da década de 1980, realizado pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), várias alternativas foram lançadas para a mitigação das emissões de gases do efeito estufa (GEE), os quais são provenientes principalmente da queima de combustíveis fósseis e florestas, sendo o gás carbônico (CO_2) protagonista desse processo. Para estimular os produtores foi estabelecido, a partir do Protocolo de Kyoto, o fomento ao crédito de carbono, por meio do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) [1].

Dentre os vários serviços ecossistêmicos oferecidos pelas florestas, destaca-se a captura de CO_2 da atmosfera utilizado no processo da fotossíntese, transformando-o em compostos orgânicos empregados no crescimento e desenvolvimento vegetal [2], [3]. Esse tema é de extrema importância, sobretudo para as populações tradicionais, considerando que o entendimento de

como as pessoas percebem e valorizam esses serviços é essencial para orientar estratégias de conservação. Embora algumas tecnologias possam ser aplicadas com a finalidade de capturar dióxido de carbono atmosférico, técnica denominada sequestro de carbono, é por meio da fotossíntese a forma mais conhecida e realizada naturalmente pelas florestas [4].

Em meio a várias espécies florestais consideradas sumidouros de CO_2 , a *Hevea guianensis* Aubl. (seringueira) oferece vantagens por apresentar um longo período de produção para a extração do látex, que tem carbono em sua composição molecular (C_5H_8). Dessa forma, o produtor consegue aliar duas atividades rentáveis em uma só espécie [2]. A seringueira é uma das principais culturas de árvores de interesse econômico em regiões tropicais do mundo e, no Brasil, especialmente na região do Tapajós, além de uma expressiva ocorrência, a espécie tem uma importância cultural muito forte para a população ribeirinha e se destaca por ser considerada uma alternativa viável de produção para auxiliar na redução de problemas socioeconômicos e ambientais, além de contribuir para a mitigação dos efeitos climáticos em decorrência do sequestro de carbono [5], [6].

Nesse contexto, destacam-se as Unidades de Conservação (UCs) de uso sustentável, que incluem as Florestas Nacionais, cujos objetivos são o uso sustentável dos recursos naturais e a pesquisa científica, com ênfase em métodos para utilização de florestas de modo a propiciar às comunidades o desenvolvimento de atividades econômicas [7]. No bioma Amazônia as UCs de uso sustentável contemplam uma área de 775.597 km^2 , sendo $40,30 \%$ dessa extensão direcionada para Florestas Nacionais [8]. Inúmeras são as iniciativas de uso sustentável da floresta com expressiva riqueza sociocultural na região Amazônica, a exemplo da Floresta Nacional do Tapajós (Flona do Tapajós), referência nacional e internacional em desenvolvimento local e sustentável [9].

Nesta UC a gestão é realizada com base nas diretrizes do Plano de Manejo construído em conjunto com as comunidades e a extração de látex de seringais nativos e plantados é uma prática comum entre os ribeirinhos que, além de ser uma opção de geração de renda, trata-se da manutenção da cultura e dos costumes [10]. A UC abriga dois grandes plantios de seringueira atualmente desativados, denominados seringal Terra Rica e seringal do Ponte, potenciais prestadores de serviços ecossistêmicos que poderiam fornecer uma renda adicional por meio da venda de crédito carbono.

Identificar esse potencial justificou a inovação deste trabalho: a possibilidade de comunidades tradicionais, que vivem em UCs, obterem retorno econômico com o plantio de árvores visando o sequestro de carbono, uma

atividade que não é praticada nestes locais. Isso incentiva a população a plantar em áreas alteradas e manter os plantios existentes, tudo em prol da conservação da natureza. Além disso, incentiva o plantio de espécies de uso múltiplo, como por exemplo cumarú, andiroba, entre outras.

Diante do exposto, a seguinte questão científica norteou a pesquisa: há uma variação significativa de incremento de carbono nos seringais? As hipóteses testadas foram: H_0 = não há uma variação significativa do incremento de carbono nos seringais; H_1 = há uma variação significativa do incremento de carbono nos seringais. Esta pesquisa tem como objetivo quantificar o estoque de carbono, considerando-se o uso da madeira, e o potencial para geração de créditos de carbono em plantios de seringueira abandonados na Floresta Nacional do Tapajós, Estado do Pará.

Material e Métodos

Área de estudo

A área de estudo contempla o seringal Terra Rica e o seringal do Ponte, com um total de 30,31 hectares de extensão (Lat.: 02°50'08.96"S - Long.: 54°58'29.37"O). Os plantios estão a uma distância de, aproximadamente, 1,5 km, localizados na Flona do Tapajós, Unidade de Conservação Federal localizada no município de Belterra, Oeste do Estado do Pará (Figura 1).

De acordo com a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Ami, com temperatura média anual de 25,5 °C e umidade relativa média por volta de 90 % [11]. O solo da região é caracterizado como Latossolo Amarelo Distrófico, a topografia varia de ondulada a suavemente ondulada e a vegetação é classificada como Floresta Ombrófila Densa [12]. Quanto às características dos seringais, estima-se que foram implantados há, pelo menos 70 anos e, embora sejam plantados, apresentam alta variabilidade de espaçamento, diâmetro e altura, que são características comuns em povoamentos mal implantados ou mal conduzidos devido à ausência de intervenção [13].

Coleta de dados

Para a caracterização dos seringais foi realizado o inventário florestal 100 %, também denominado censo florestal, que consiste em um levantamento detalhado de todas as árvores presentes na área, planejado com base nas informações disponíveis sobre os plantios, acerca da sua localização e histórico. Foi realizado o inventário 100 % dos seringais no ano de 2013, em que foram incluídas todas as árvores com DAP \geq 5 cm

e foram registrados o número total de seringueiras, a circunferência (CAP) para posterior obtenção do diâmetro a 1,30 m do solo (DAP), em centímetros, e a altura total, em metros. Em 2018 foi realizado outro inventário 100 %, período de 5 anos que os seringais mantiveram-se sem intervenção, registrando novamente o número total de seringueiras e mensurando o CAP e a altura total das árvores. Todas as árvores inventariadas foram consideradas na análise de dados.

Análise de dados

As variáveis dendrométricas foram submetidas à análise estatística descritiva. Ademais, foram selecionadas as seringueiras registradas tanto no primeiro quanto no segundo inventário, e aplicou-se o teste t pareado, a 95 % de probabilidade, para comparar o estoque de carbono entre as medições.

Método de quantificação de biomassa e carbono

Foi utilizada a seguinte equação 1 para o cálculo da biomassa.

$$M = a * DAP^b \quad (1)$$

Onde: M é a biomassa seca em kg, DAP é o diâmetro a 1,30 m do solo, $a = 2,7179$ e $b = 1,8774$ são parâmetros de ajuste das equações alométricas [14], [15].

Não é eficiente estimar a biomassa e, por conseguinte, o carbono de toda a região amazônica a partir de uma

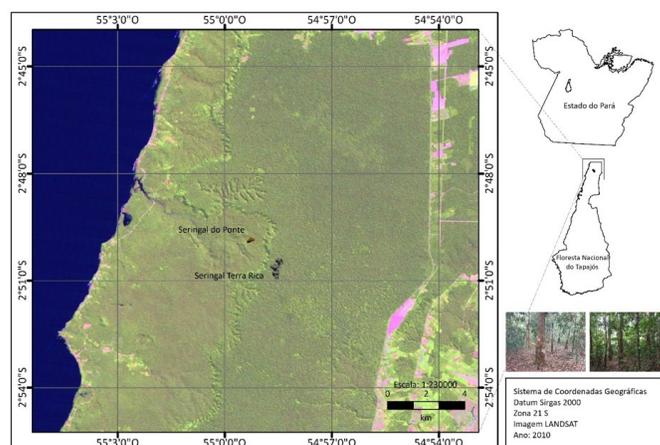


Figura 1. Mapa de localização do seringal Terra Rica e seringal do Ponte, Floresta Nacional do Tapajós, Estado do Pará.

Figure 1. Location map of the Terra Rica rubber plantation and Ponte rubber plantation, Tapajós National Forest, Pará State.

única equação e, por isso, na ausência de equação específica, uma solução é utilizar a altura dominante do sitio inventariado como fator de correção [15]. Assim, calculou-se a altura dominante (H_{dom}), utilizando a média das 100 seringueiras de maior diâmetro [16], a partir de 10 cm de DAP e, assim, obteve-se a H_{dom} que foi utilizada para obtenção de um fator de correção (fH_{dom}) para a equação 2 de biomassa seca. Foi utilizado o fator de correção para a altura dos seringais ($H_{dom} = 21,61$ m) dividido pela H_{dom} da Flona do Tapajós ($H_{dom} = 34,33$ m) [3].

$$fH_{dom} = H_{dom}(\text{Seringais})/H_{dom}(\text{Flona do Tapajós}) \quad (2)$$

Para a quantificação de biomassa total foi utilizado, portanto, o modelo de simples entrada, com o ajuste do fator da altura para os seringais.

$$M = a * DAP^b * fH_{dom} \quad (3)$$

Onde: M é a biomassa seca em kg; DAP é o diâmetro a 1,30 m do solo; a = 2,7179 e b = 1,8774; $fH_{dom} = 0,6295$.

A biomassa foi convertida em teor de carbono com referência à metade do peso da biomassa e, para isso, os valores de biomassa seca foram multiplicados por 0,485 para a obtenção do teor de carbono que, posteriormente, foi extrapolado para megagrama por hectare conforme

metodologia de [3], [14] e [17], sendo expresso em MgC. $ha^{-1}.ano^{-1}$. Em seguida, foi realizada a distribuição do estoque de carbono nos anos de 2013 e 2018 por centro de classe diamétrica, partindo de um diâmetro mínimo de 5,0 cm e intervalo de classe de 10,0 cm.

Tendo em vista que o mercado de crédito de carbono considera o crescimento da floresta, foi avaliado o incremento periódico anual de carbono [18], possibilitando realizar a sua valoração econômica a partir dos serviços ecossistêmicos prestados pelos seringais

Conversão de carbono em CO₂ equivalente

Considerando que as negociações no mercado de créditos de carbono são realizadas em função do CO₂ equivalente (CO₂eq), procedeu-se a conversão do carbono em CO₂, conforme a metodologia do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC), multiplicando-se o total de carbono pela razão do peso molecular do CO₂ e do carbono (44/12), isto é, 1 Mg de carbono corresponde a 3,67 Mg de CO₂eq [19].

De acordo com o Sistema europeu de negociação de CO₂ [20], o preço do CO₂ para abril de 2020 estava a 20,20 €. Com o euro equivalendo a US\$ 1,08, o preço médio do CO₂, em dólar comercial, equivale a US\$ 21,89. Assim, converteu-se o estoque de CO₂ para US\$ 21,89 Mg CO₂eq. Para a obtenção da receita anual de créditos, multiplicou-se a redução de CO₂(eq). $ha^{-1}.ano^{-1}$ por 30,31, que corresponde à extensão total da área dos seringais, em hectares.

Resultados e discussão

Em 2013 foram inventariadas 2.965 seringueiras e, em 2018, foram inventariadas 2.927, indicando uma densidade de 97,9 árvores. ha^{-1} e 96,6 árvores. ha^{-1} , respectivamente. Estatísticas descritivas das variáveis dendrométricas DAP e altura total são apresentadas na Tabela 1. No primeiro inventário, os maiores e menores valores de DAP encontrados foram 89,13 cm e 6,68 cm, respectivamente. Cinco anos depois, os maiores e menores valores de DAP registrados nos plantios foram 96,77 cm e 10,50 cm, respectivamente.

Em 2018, a média da altura total das seringueiras foi menor do que em 2013, e os valores mínimos e máximos dessa estimativa também foram inferiores ao primeiro inventário, resultado este atribuído à ocorrência de mortalidade e recrutamento nos plantios. Além disso, diferentes equipes de inventário estimaram a variável altura total e, portanto, um erro de estimativa deve ser considerado.

Tabela 1. Análise estatística descritiva das variáveis dendrométricas nos anos de 2013 e 2018, em plantios de *Hevea guianensis* Aubl. na Floresta Nacional do Tapajós, Estado do Pará.

Table 1. Descriptive statistical analysis of dendrometric variables in the years 2013 and 2018, in *Hevea guianensis* Aubl plantations. in the Tapajós National Forest, State of Pará.

Estatística descritiva	2013		2018	
	DAP (cm)	H Total (m)	DAP (cm)	H Total (m)
Mínimo	6,68	5,00	10,50	3,00
Média	35,68	18,39	36,55	15,74
Máximo	89,13	36,00	96,77	29,00
Desvio padrão	11,44	5,41	11,82	3,76
Coefficiente de variação	32,06	29,44	32,33	23,87

Em que: DAP = diâmetro a 1,30 m do solo, em centímetros; H Total = Altura total, em metros.

Where: DAP = diameter of 1.30 m above the ground in centimeters; H Total = Total height, in meters.

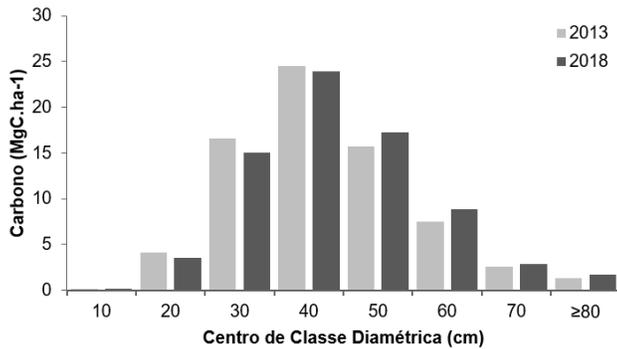


Figura 2. Distribuição do estoque de carbono por centro de classe de diâmetro em plantios de *Hevea guianensis* Aubl. na Floresta Nacional do Tapajós, Estado do Pará.

Figure 2. Distribution of carbon stock by center of diameter class in *Hevea guianensis* Aubl plantations. in the Tapajós National Forest, Pará State.

A análise descritiva revelou uma heterogeneidade entre as árvores, indicada pela variabilidade dos diâmetros e alturas, demonstrando que, embora sejam plantados, os seringais Terra Rica e Ponte apresentam alta variabilidade, característica de povoamentos mal formados ou mal conduzidos [13].

Mesmo com a redução no número de árvores em decorrência da morte de algumas seringueiras, os plantios estocaram maiores quantidades de carbono 5 anos após o primeiro inventário, uma vez que foi estimado um estoque de 72,3103 MgC.ha⁻¹, em 2013, e 73,3708 MgC.ha⁻¹, em 2018. O teste t pareado demonstrou diferença significativa no estoque de carbono quando realizada a comparação entre os inventários (p-valor <0,05).

O estoque de carbono encontrado nos seringais avaliados nos anos de 2013 e 2018, assemelham-se ao estimado em um povoamento de *Hevea* brasileiros de 14 anos de idade no oeste de Gana [21]. Os autores encontraram 76,3 MgC.ha⁻¹ de carbono estocado em uma densidade de plantio que variou de 476 a 550 árvores.ha⁻¹. Embora o estoque seja parecido, a densidade é bem distinta, o que é explicado pela idade dos plantios, uma vez que árvores mais velhas tendem a estocar mais carbono [22].

Já no Estado da Bahia, Brasil, foi encontrado um estoque de 68,41 MgC.ha⁻¹ de carbono em seringueiras de uma plantação de 34 anos de idade associada a cacauzeiros [23]. Estes resultados ressaltam o potencial que os seringais da Flona do Tapajós apresentam para gerar créditos de carbono.

A distribuição por centro de classe de diâmetro evidenciou o acúmulo de carbono entre os inventários (Figura 2), com maior concentração entre as classes de 30 a 50

Tabla 2. Quantidade de seringueiras e estoque de carbono em megagrama por hectare em plantios de *Hevea guianensis* Aubl. na Floresta Nacional do Tapajós, Estado do Pará.

Table 2. Quantity of rubber trees and carbon stock in megagram per hectare in *Hevea guianensis* Aubl plantations. in the Tapajós National Forest, Pará State.

Ano	N.ha ⁻¹	C (MgC.ha ⁻¹)
2013	97,9	72,3103
2018	96,6	73,3708

cm tanto em 2013 (78,45 %), quanto em 2018 (76,65 %). Essa distribuição é característica de florestas plantadas, as quais apresentam uma disposição gráfica que se assemelha a uma curva normal, com maior frequência nos valores médios e menor nos extremos [24].

Ao analisar o padrão de distribuição por classe diamétrica em uma floresta plantada de seringueira em Rio Branco, no Estado do Acre, Brasil, constatou-se uma maior concentração de indivíduos nas classes centrais da distribuição, semelhante ao identificado neste estudo, o que é característico desse tipo florestal [25].

A Tabela 2 apresenta o estoque de carbono por hectare. A variação de estoque de carbono no período de 2013 a 2018 foi de 1,0605 MgC.ha⁻¹.

Observou-se que, embora os plantios estejam abandonados, houve um aumento significativo no estoque de carbono ao longo dos anos, reduzindo 0,7777 CO₂(eq).ha⁻¹.ano⁻¹, possibilitando uma receita de US\$ 515,90 ano⁻¹. Esses dados apontam para uma oportunidade de renda, pois não há nenhum projeto voltado para créditos de carbono atualmente na Floresta Nacional dos Tapajós.

No Estado da Bahia, pesquisadores analisaram um consórcio de seringa-cacau de 34 anos e verificaram que os custos com a implantação, manutenção e produção do látex são elevados, mas que ao agregar os créditos de carbono provenientes de seringueiras como receita a ser gerada no consórcio, a atividade se torna mais atrativa ao produtor, principalmente porque é uma atividade que não exige o uso de máquinas e pode ser praticada por pequenos produtores rurais e/ou comunitários [23].

Nesse contexto, o potencial de créditos de carbono avaliado nesse estudo pode oportunizar a geração de renda aos comunitários que residem na Flona do Tapajós que, até o presente momento, não apresenta nenhum projeto voltado para este tipo de produto. Além disso, esta atividade pode contribuir com a conservação da floresta e agregar valor ao látex. Pode ser o diferencial agregar aos seringais o serviço de carbono para elevar

o valor da floresta, pois além de contribuir com a conservação, esse serviço ambiental é pouco estudado com viés econômico [3].

Os seringais tem, portanto, um papel importante para a prestação de serviços ambientais e melhoria socioeconômica, uma vez que podem fornecer renda adicional pela venda de crédito carbono, gerando para a população tradicional da UC, uma perspectiva favorável de incentivo à conservação florestal [26].

Conclusões

Aceita-se a hipótese H1, pois há uma variação significativa do incremento de carbono entre 2013 e 2018 nos seringais, sequestrando 0,7777 de CO₂ equivalente, o que geraria uma receita de US\$ 515,90 em créditos anualmente.

Os resultados permitem inferir que há potencial de geração de créditos de carbono nos seringais e que esse serviço ecossistêmico pode agregar valor à floresta, resultando em uma adicionalidade à renda da população tradicional, tornando-se um diferencial para a Unidade de Conservação.

Agradecimentos

Agradecemos às instituições que contribuíram para o desenvolvimento desta pesquisa: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes, código de financiamento 001), Cooperativa Mista Flona Tapajós (Coomflona), Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA) e Laboratório de Manejo em Ecossistemas Florestais da Universidade Federal do Oeste do Pará (Ufopa).

Referências

- [1] A. L. R. Souza, J. C. S. Andrade, A. C. Silva-Junior, F.S. Santos, W. R. Santos, "Protocolo de Kyoto e mercado de carbono: estudo exploratório das abordagens contábeis aplicadas aos créditos de carbono e o perfil de projetos de MDL no Brasil", In Congresso Nacional em Excelência e Gestão, 2010, pp. 01-24.
- [2] J. G. T. Fernandes, C. P. B. Soares, L. A. G. Jacovine, A. P. Alvarenga, "Quantificação do carbono estocado na parte aérea e raízes de *Hevea* sp., aos 12 anos de idade, na zona da mata mineira", Revista Árvore, vol. 31, no. 4, jul-aug, pp. 657-665, 2007.
- [3] D. R. Aguiar, "Dinâmica e potencial de créditos de carbono na floresta manejada da Flona do Tapajós, Estado do Pará", Tese Phd, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, AM, 2018.
- [4] S. Tonioli, Y. G. Mendonça, A. N. Junior, R. D. T. Filho, "Efeitos da carbonatação acelerada em compósitos do tipo Engineered Cementitious Composites", E&S – Engineering and Science, vol. 3, no. 8, nov, pp. 50-61, 2019.
- [5] S. R. Maggiotto, D. Oliveira, C. J. Marur, S. M. S. Stivari, M. Leclerc, C. Wagner-Riddley, "Potential carbon sequestration in rubber tree plantations in the northwestern region of the Paraná State, Brazil", Acta Sci Agron, vol. 36, Apr.-June, pp. 239-245, 2014.
- [6] T. Kumagai, R. G. Mudd, T. W. Giambelluca, N. Kobayashi, Y. Miyazawa, T. K. Lim, M. LiuW Huang, J. M. Fox, A. D. Ziegler, S. Yin, S. V. Mak, P. Kasemsap, "How do rubber (*Hevea brasiliensis*) plantations behave under seasonal water stress in northeastern Thailand and central Cambodia?", Agric For Meteorol, vol. 213, nov, pp.10-22, 2015.
- [7] BRASIL, "Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências", 2000. [On line]. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br>. [Acesso em: 22 Fev. 2020].
- [8] MMA – Ministério do Meio Ambiente, "Unidades de Conservação por Bioma", 2020. [On line]. Disponível em: www.mma.gov.br/areas-protegidas/cadastro-nacional-de-ucs.html. [Acesso em: 29 Abr. 2020].
- [9] A. L. V. Espada, M. V. Sobrinho, G. M. Rocha, A. M. A. Vasconcellos, "Manejo Florestal Comunitário em parceria na Amazônia Brasileira: o caso da Flona do Tapajós", Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional, vol. 14, no. 1, Jan-Abr, pp. 135-165, 2018.
- [10] Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBio, "A Floresta Nacional do Tapajós", 2020. [On line]. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/flonatapajos/>. [Acesso em: 21 Abr. 2020].
- [11] C. A. Alvares, J. L. Stape, P. C. Sentelhas, J. L. M. Gonçalves, G. Sparovek, "Koppen's climate classification map for Brazil", Meteorologische Zeitschrift, vol. 22, no. 6, dec, pp. 711-728, 2013.
- [12] Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA, Plano de Manejo da Floresta Nacional do Tapajós: Informações Gerais. Santarém, PA: MMA, 2004.
- [13] J. R. Scolforo, "Parte 1: modelos de regressão linear e não linear y Parte II: modelos para relação hipsométrica, volume, aflamento e peso de matéria seca" em Biometria Florestal. Lavras, MG: ESAL/FAEPE, 2005.
- [14] R. P. Silva, "Alometria, estoque e dinâmica da biomassa de florestas primárias e secundárias na região de Manaus (AM)", Phd.Tese, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, AM, 2007.

- [15] F. G. Higuchi, A. J. N. Lima, G. H. P. M. Ribeiro, J. Santos, N. Higuchi, "Equações alométricas específicas: Estimativas de biomassa para diferentes sítios da Amazônia", em *Dinâmica do Carbono das Florestas da Amazônia: resultados do Projeto CADAF*, Eds. Manaus: Editora INPA, 2014, pp. 21-27.
- [16] M. S. Schuchovski, J. E. Arce, E. B. Oliveira, "Altura dominante e índice de sítio para *Pinus taeda* em dois polos de desenvolvimento florestal no sul do Brasil", *Scientia Forestalis*, vol. 47, no. 121, Mar., pp. 92-104, 2019.
- [17] N. Higuchi, H. S. Pereira, J. Santos, A. J. N. Lima, F. G. Higuchi, M. I. G. Higuchi, I. G. S. S. Ayres, *Governos locais amazônicos e as questões climáticas globais*. Manaus: Edição dos autores, 2009.
- [18] A. L. Souza, C. P. B. Soares, *Florestas nativas: estrutura, dinâmica e manejo*. Editorial Viçosa, UFV, 2013.
- [19] IPCC, "Good practice guidance for land use, land-use change and forestry 2003", 2003. [On line]. Disponível em: <http://www.ipccgip.iges.or.jp/public/gpplulucf/gpplulucf_contents.html>. [Acesso em: 02 Jun, 2019].
- [20] SENDECO2, "Precios CO₂", 2020. [On line]. Disponível em: <https://www.sendeco2.com/es/preciosco2>. [Acesso em: 29 Abr, 2020].
- [21] J. B. Wauters, S. Coudert, E. Grallien, M. Jonard, Q. Ponette, "Carbon stock in rubber tree plantations in Western Ghana and Mato Grosso (Brazil)", *Forest Ecology and Management*, vol. 255, no. 7, apr, pp. 2347-2361, 2008.
- [22] E. M. Almeida, J. H. C. Júnior, Z. Finger, "Determinação do estoque de carbono em teca (*Tectona grandis* L. F.) em diferentes idades", *Ciência Florestal*, vol. 20, no. 4, oct-dec, pp. 559-568, 2010.
- [23] M. K. Cotta, L. A. G. Jacovine, S. R. Valverde, H. N. Paiva, A. C. Virgens Filho, M.L. Silva, "Análise econômica do consórcio seringueira-cacau para geração de certificados de emissões reduzidas", *Revista Árvore*, vol. 30, no. 6, nov-dec, pp. 969-979, 2006.
- [24] M. Prodan, *Forest biometrics*. Oxford: Pergamon Press, 1968.
- [25] J. P. C. Lima, J. R. A. Leão, "Dinâmica de Crescimento e Distribuição Diamétrica de Fragmentos de Florestas Nativa e Plantada na Amazônia Sul Ocidental", *Floresta e Ambiente*, vol. 20, no. 1, jan-mar, pp. 70-79, 2013.
- [26] G. M. Salgado, E. F. Gama-Rodrigues, L. C. Vicente, A. C. Gama-Rodrigues, S. Aleixo, J. R. B. Marques, "Stable carbon in soils under rubber tree (*Hevea brasiliensis*) agroforestry systems in the south of Bahia, Brazil", *SN Applied Sciences*, vol. 1, no. 790, jun, p. 12, 2019.