

QUANTIFICAÇÃO DO ESTOQUE DE CARBONO DA *COPERNICIA PRUNIFERA* (MILL.) H. E. MOORE EM ÁREAS DISTINTAS

QUANTIFICATION OF CARBON STOCK *COPERNICIA PRUNIFERA* (MILL.) H. E. MOORE IN DIFFERENT AREAS

Vera Lúcia dos Santos Costa

Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal do Piauí (UFPI) – Teresina (PI), Brasil.

Jaíra Maria Alcobaça Gomes

Professora do Departamento de Ciências Econômicas e do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, UFPI – Teresina (PI), Brasil.

Maria da Conceição Prado de Oliveira

Professora do Departamento de Ciências Biológicas, UFPI – Teresina (PI), Brasil.

Carla Ledi Korndörfer

Professora do Departamento de Ciências Biológicas, Universidade Estadual do Piauí (UESPI) – Campo Maior (PI), Brasil.

Endereço para correspondência:

Vera Lúcia dos Santos Costa –
Rua Lucídio Portela, 1.073 –
Piauí – CEP 64208-410 –
Parnaíba (PI), Brasil –
E-mail: eco.vera09@gmail.com

Recebido: 15/02/2017

Aceito: 03/04/2018

RESUMO

A carnaúba (*Copernicia prunifera* (Mill.) H. E. Moore), em seu *habitat* natural, contribui para o equilíbrio ecológico. Este estudo teve como objetivos: quantificar o estoque de carbono (EC) presente no estipe e nas folhas de carnaúba e verificar em que tipo de área a planta tem maior EC, com a finalidade de difundir a conservação ambiental da espécie. O experimento foi realizado em uma fazenda do município de Campo Maior, Piauí, nos meses de julho a dezembro de 2013, onde se fez a amostragem por parcelas em ambientes distintos. Utilizou-se uma equação alométrica para calcular a biomassa e, a partir desta, quantificou-se o EC e realizou-se o teste *t* de Student. O estoque total de carbono foi de 14,71 kg.ha⁻¹. Concluiu-se que as carnaúbas presentes nas margens do rio têm, em média, um estoque maior de carbono (4,72 kg) do que as que estão presentes em áreas secas (2,33 kg). Com isso, recomenda-se que a conservação da espécie deva ocorrer em áreas estratégicas por prestar esse serviço ecossistêmico.

Palavras-chave: serviço ecossistêmico; sequestro de carbono; conservação.

ABSTRACT

Copernicia prunifera (Mill.) H. E. Moore (carnauba), in its natural habitat, contributes to the ecological balance. The study aimed to quantify the carbon stock present in the carnauba stem and leaves and to check in which type of area the carnauba has a higher carbon stock. This way, we may diffuse the need of conservation of the species. The experiment was conducted at the farm of municipality of Campo Maior, Piauí, Brazil, from July to December 2013, and the sampling plots were performed in different environments. We used allometric equation for estimating biomass, from which we quantified the carbon stock, and the *t*-test was applied. The carbon stock was 14.71 kg ha⁻¹. We conclude that the carnaubas on the river banks have, on average, greater carbon stock (4.72 kg) than those present in dry areas (2.33 kg). Thereby, we encourage the conservation of the species should occur in strategic areas for providing this ecosystem service.

Keywords: ecosystem service; carbon sequestration; conservation.

INTRODUÇÃO

O reconhecimento da importância dos ecossistemas se intensificou após a realização da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CNUMAD) e o estabelecimento da Convenção sobre Diversidade Biológica (CDB), no início dos anos 1990. A partir de então, e com a publicação do artigo *The value of the world's ecosystem services and natural capital*, de Costanza et al. (1997), ganharam notoriedade os estudos sobre serviços ecossistêmicos e sua valoração, que chamam a atenção para a necessidade de conservação e preservação de espécies vegetais e florestais. Os benefícios da conservação destas consistem na continuidade da oferta de serviços ecossistêmicos que garantem o bem-estar à humanidade. Como exemplos desses serviços pode-se citar a regulação do clima e da água, o controle da erosão e retenção de sedimentos, etc. (COSTANZA et al., 1997).

A definição de serviços ecossistêmicos como benefícios que as pessoas obtêm dos ecossistemas foi posta em circulação e consolidada pela Avaliação Ecossistêmica do Milênio (em inglês: *Millennium Ecosystem Assessment* — MEA). A MEA, conjunto de relatórios publicados de 2001 a 2005, baseou-se em quatro convenções da Organização das Nações Unidas (ONU) relativas às questões ambientais — clima, biodiversidade, desertificação e áreas úmidas —, constituindo o maior inventário do estado de uso da natureza pelos seres humanos.

O Relatório da MEA, publicado em 2005, dividiu os serviços ecossistêmicos em quatro categorias:

- de provisão: alimentos, água potável, madeiras e fibras, combustível, etc.;
- de regulação: clima, inundações, controle de doenças, purificação da água, etc.;
- de cultura: estético, espiritual, educacional, recreação, etc.;
- de suporte: ciclagem de nutrientes, formação do solo, produção primária, etc. Sobre a oferta desses serviços, Isbell et al. (2011) apontam que quanto maior o número de espécies, melhor se mantém a multifuncionalidade do ecossistema em grandes escalas espaço-temporais e mais se conserva o equilíbrio ecológico. Daí constata-se que cada espécie

desempenha um importantíssimo papel a fim de que o ecossistema permaneça estável (MEA, 2005).

Para incentivar a conservação dos ecossistemas, Almeida (2007) defende que os serviços ecossistêmicos sejam valorados e inseridos no mercado pela adoção de políticas de pagamento, sendo necessário que os direitos de propriedade estejam bem definidos. E que, na verdade, o conjunto desses serviços se encontra ameaçado pela ausência de direitos de propriedade e de fungibilidade e por serem produtos globais de uso comum, definidos, economicamente, como externalidades. Daí a dificuldade de valorar esses recursos econômicos.

A valoração dos serviços ecossistêmicos deriva, conforme Motta (2011), de seus atributos, que podem ou não estar associados a um uso. Valorar um recurso ambiental consiste em estimar um *quantum* monetário em relação a outros bens e serviços disponíveis na Economia (MOTTA, 1997), a partir do que surge uma política de pagamento por serviços ecossistêmicos que, segundo Moraes (2012), se expressa pela ideia de que os beneficiários externos paguem aos proprietários desses bens pela adoção de práticas de conservação ou restauração dos ecossistemas. Nesse sentido, as instituições financeiras podem contribuir para que as atividades extrativas sejam sustentáveis, exigindo contrapartidas ambientais para a concessão de crédito (COSTA; GOMES, 2016).

Nesse ínterim, como a conservação e preservação de espécies florestais é fundamental para garantir a continuidade desses serviços, surgiram pesquisas na área de Engenharia Florestal, em especial sobre a regulação climática por meio do sequestro de CO₂, que visaram a quantificar o estoque de carbono (EC) e/ou a biomassa de florestas ou de espécies florestais. A maioria dessas pesquisas abrange áreas florestais, poucas se referem a estudos de espécies individuais.

Dentre os estudos internacionais, destacam-se o de Missanjo e Kamanga-Thole (2015), que estimaram a biomassa e o EC de uma reserva florestal de Miombo Woodland, no Malawi; e o de Chavan e Rasal (2010), que abordam o estoque permanente de carbono sequestrado por espécies arbóreas selecionadas em um *campus* universitário da Índia; nesta última pesquisa os autores utilizaram o mé-

todo não destrutivo, concluindo que modelos alométricos baseados em padrões teóricos são ótimos para a determinação da biomassa. E, ainda, o estudo de Breugel *et al.* (2011), que estimaram o EC em florestas secundárias no Panamá.

Das pesquisas realizadas no Brasil, citam-se a de Ratchne *et al.* (2015), que quantificaram o carbono florestal da espécie *Araucaria angustifolia* no sudoeste do Paraná; a de Silva *et al.* (2015), que estimaram, usando métodos indiretos, o EC em área de restauração florestal em Minas Gerais; e a de Rocha *et al.* (2014), que estimaram estoques de carbono na fitomassa área de sistemas agroflorestais no cerrado de Minas Gerais.

Quanto aos estudos sobre a carnaúba já realizados, citam-se o de Araújo *et al.* (2013), que analisaram a germinação das sementes; o de Reis *et al.* (2010; 2011), que avaliaram a protrusão do pecíolo cotiledonar e a emergência de mudas de carnaúbas, respectivamente; o de Arruda e Calbo (2004), que analisaram a tolerância à inundação; e o de Holanda (2006), que verificou os efeitos da salinidade sobre o crescimento e desenvolvimento da espécie. Quanto ao manejo da carnaúba, destacam-se o estudo de Vieira, Oliveira e Loiola (2016), que analisaram as consequências da extração mensal das folhas sobre a sobrevivência, a produção de folhas e o desempenho reprodutivo da planta; o de Ferreira (2009), que verificou o comportamento de carnaubeiras em três estádios de desenvolvimento (capoteiro, palmeira nova e palmeira velha); o de Ferreira, Nunes e Gomes (2013), que analisaram o efeito de diferentes estratégias de manejo de corte das folhas; e o de Reis Filho (2005), que coordenou o Mapeamento Espacial e Zoneamento da Carnaúba no Piauí (Projeto Carnaupi), a partir do qual inventariou as populações dessa planta, classificando-a em quatro classes. No âmbito da etnobotânica, citam-se três estudos que confirmam os usos ou o potencial de usos da espécie em comunidades tradicionais, indo as indicações desde a categoria alimentícia até a produção de energia, são eles: Silva *et al.* (2014), Silva *et al.* (2011) e Sousa *et al.* (2015).

Esses estudos etnobotânicos confirmam os registros da literatura sobre o aproveitamento integral da carnaúba. Gomes e Nascimento (2006) registraram usos de todas as partes da palmeira – folhas, pecíolo, estipe, fruto e raízes. Além desses usos diretos, a carnaúba

desempenha um importante papel na preservação de margens de rios, conforme Lima e Araújo (2006) e Araújo *et al.* (2012).

Tomando por base as categorias de serviços ecossistêmicos relatados em MEA (2005) e os usos da carnaúba, identificam-se os seguintes serviços da espécie:

- de provisão: fonte de fibra, celulose e pó cerífero que provêm das folhas, da madeira (caule e pecíolo) e do alimento (fruto e palmito);
- cultural: estético (paisagismo), medicinal (raízes) e simbologia (árvore-símbolo);
- de suporte: proteção de solo, nascentes, mananciais hídricos e cursos d'água.

O conhecimento sobre a etnobotânica e os serviços ecossistêmicos da carnaúba, seja por meio de benefícios diretos, seja pelos indiretos, é, assim, essencial para a conservação da espécie e o consequente equilíbrio ecológico, por intermédio da sua exploração econômica racional e sustentável.

Inexistem estudos empíricos sobre os serviços ecossistêmicos de regulação da carnaubeira, como o climático e o hídrico, o que justifica a relevância de estudar o EC presente na espécie. Desse modo, aponta-se o serviço ecossistêmico de regulação climática da carnaúba por meio do EC como uma variável importante para a conservação da espécie, dada a sua importância não apenas socioeconômica, mas também ambiental. Para tanto, escolheu-se a Fazenda Itans, no município de Campo Maior, Piauí, que é cortada pelo Rio Canudos e tem áreas de carnaubal nas margens dos rios, nas quais há maior variedade de vegetação, e distantes dessas, em que predomina a carnaúba, o que motivou a seguinte questão: qual o EC das carnaúbas dessas áreas?

Os objetivos consistiram em quantificar o EC presente no estipe e nas folhas de carnaúba e verificar se existe diferença de quantidade de EC entre carnaúbas situadas em áreas distintas para, assim, difundir a necessidade de conservação ambiental da espécie.

MATERIAIS E MÉTODOS

Caracterização da área de estudo

O estudo foi realizado com populações naturais de *Copernicia prunifera* (Mill.) H. E. Moore no município de Campo Maior, Piauí, escolhido pela sua representatividade como o maior produtor de pó cerífero na Região Nordeste.

A área de estudo se localiza na Fazenda Itans, a 20 km da sede do município de Campo Maior, Piauí, na Rodovia PI 314 (Campo Maior — Barras). Fez-se a solicitação ao proprietário por meio de ofício a ele encaminhado, o qual autorizou o experimento.

O clima da microrregião é, conforme a classificação de Köppen, Tropical Subúmido (C_1WA_{4a}), com temperaturas

Amostragem

Foram implantadas 3 parcelas com dimensões de 40 × 20 m nas margens do Rio Canudos (área I), em que a carnaúba se encontra associada com outras espécies, e 3 parcelas, com as mesmas dimensões, distantes das margens do rio e próximas à casa da Fazenda (área II), esta caracterizada pela predominância de carnaúbas com existência mínima

entre 23 e 35°C nos meses secos. A vegetação, segundo Barros, Farias e Castro (2010), compõe o Complexo Vegetacional de Campo Maior, caracterizado como um ambiente sujeito a frequentes inundações, o que lhe confere o caráter de transição, estabelecido a partir do contato dos cerrados com a caatinga, o carrasco, as matas estacionais (decíduas e semidecíduas) e as matas ripícolas.

A fazenda, com área de 970 ha, é cortada por dois rios intermitentes, um com menos de 10 m de largura (Itans) e outro com largura entre 10 e 50 m (Canudos). A área de estudo é coberta predominantemente por carnaúbas e todo o carnaubal é manejado para a extração do pó cerífero.

de outras espécies. A Figura 1 mostra os pontos georreferenciados, via *Global Position System* (GPS), das parcelas.

Em cada parcela foi levantado o número de indivíduos cujo estipe era igual ou superior a 2,5 m de altura. Foram medidos a altura (H) do estipe e o perímetro à altura do peito (PAP) a 1,30 m do solo.

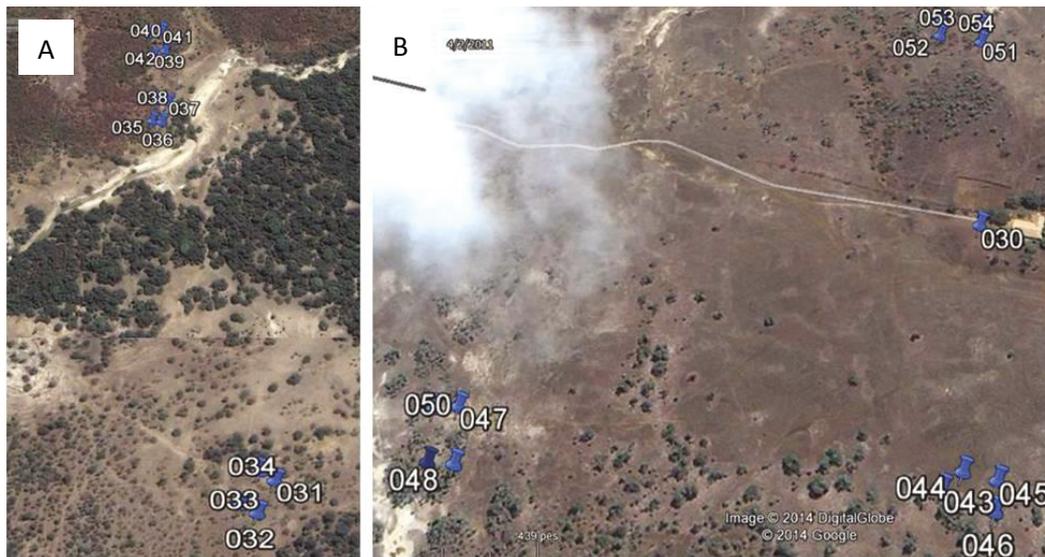


Figura 1 – Vista aérea das áreas pesquisadas, Fazenda Itans, Campo Maior, Piauí: (A) área I (parcelas 1 (pontos 031, 032, 033, 034), 2 (pontos 035, 036, 037, 038) e 3 (pontos 039, 040, 041, 042)); (B) área II (parcelas 4 (pontos 043, 044, 045, 046), 5 (pontos 047, 048, 049, 050), 6 (pontos 051, 052, 053, 054) e Casa da Fazenda (ponto 030).

Determinação da biomassa e do estoque de carbono

A biomassa do estipe da carnaúba foi calculada, por meio de equação alométrica (Equação 1), proposta por Ribeiro *et al.* (2009), como produto das variáveis volume do estipe (V) e densidade básica média da espécie (\bar{D}):

$$B = \bar{D} \times V \quad (1)$$

Em que:

B = biomassa (em kg);

\bar{D} = densidade básica média da espécie (em $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$);

V = volume do estipe (em m^3).

Para o cálculo da densidade básica média da espécie, utilizou-se o método destrutivo. Para tanto, solicitou-se autorização da Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos de Campo Maior, Piauí, que a forneceu com a recomendação de fazer a reposição de cinco para cada uma que fosse abatida. As espécies determinadas para reposição foram *Libidibia férrea* (Mart. ex Tul.) L. P. Queiroze *Anacardium occidentale* L.

Procedeu-se, então, a um sorteio de três indivíduos para o abate em cada área. A determinação da \bar{D} da espécie teve por base a Norma Brasileira (NBR 11941), de março de 2003 (ABNT, 2003). Fez-se a secção do estipe dos indivíduos retirando-se 6 discos, com espessura de 3 cm, nos pontos de PAP, 0, 25, 50, 75 e 100% do comprimento. O método utilizado foi o da imersão, baseado na variação do peso da amostra. Ou seja, logo após serem seccionados, os discos foram colocados, individualmente, em um recipiente com água previamente pesado (m_1) durante uma hora, para atingir o volume máximo saturado; em seguida, os recipientes com os cilindros imersos foram pesados (m_2). Posteriormente, os discos foram encaminhados para o Laboratório/Herbário Graziela Barroso (TEPB), onde foram secos em estufa, a 105°C, até atingirem o peso constante para a determinação da massa seca (m_3). A densidade básica foi calculada conforme a Equação 2, na qual o volume do disco equivale ao volume da água deslocada, que, por sua vez, é igual à diferença de massa ($m_2 - m_1$), considerando-se a densidade da água como um g/cm^3 (ABNT, 2003):

$$\bar{D} = \frac{m_3}{m_2 - m_1} \quad (2)$$

Em que:

\bar{D} = densidade básica da madeira (em $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$);

m_3 = massa seca (em kg);

m_2 = massa do recipiente com água e disco imerso (em kg);

m_1 = massa do recipiente com água (em kg).

A \bar{D} da espécie foi obtida a partir da média aritmética dos valores de densidade dos seis discos das carnaúbas.

O V foi calculado a partir da equação de volume do cilindro, admitindo que o estipe da carnaúba tivesse a forma cilíndrica. Partindo da Equação 3, chega-se à equação para obter o V da carnaúba.

$$V = A \times H \quad (3)$$

Em que:

A = área do cilindro;

H = altura do cilindro.

A área do cilindro é dada conforme a Equação 4:

$$A = \pi r^2 \quad (4)$$

Em que:

r = raio da circunferência do cilindro.

Pela equação da circunferência, tem-se a Equação 5:

$$C = 2\pi r \rightarrow C^2 = 4\pi^2 r^2 \rightarrow r^2 = \frac{C^2}{4\pi^2} \quad (5)$$

Em que:

C = perímetro da circunferência.

Substituindo o valor r^2 (Equação 5) na equação da área do cilindro (Equação 4), temos a Equação 6:

$$A = \frac{\pi C^2}{4\pi^2} \equiv A = \frac{C^2}{4\pi} \quad (6)$$

Utilizando estas equações (Equações 3 e 5), pode-se calcular o volume do estipe da carnaúba; conforme as variáveis levantadas, tem-se que o perímetro da circunferência (C) corresponde ao PAP do estipe da carnaúba em m e a H do cilindro corresponde à H do estipe em m . Substituindo essas variáveis na equação do volume (Equação 3) se obtém a equação de volume (em m) para o estipe da carnaúba (Equação 7):

$$V = \frac{PAP^2}{4\pi} \times H \quad (7)$$

Após a determinação da biomassa e das variáveis que a compõem, foi possível quantificar o EC das carnaúbas pela multiplicação da biomassa por 0,5, visto que 50% da biomassa correspondem ao EC, proposta esta elucidada pelos autores Pearson, Brown e Birdsey (2007).

Análise dos dados

Após a coleta, fez-se a análise estatística dos dados, usando o *software Statistical Package for the Social Sciences (SPSS)*, da IBM, versão 20 para Windows. Realizou-se o teste *t* de Student, que compara médias entre dois grupos; com os

Além disso, dos indivíduos abatidos para obtenção da densidade básica da espécie, foram recolhidas as folhas com pecíolos, contadas e pesadas ainda verdes (mv). Posteriormente, foram levadas ao TEPB, onde secaram em estufa a 105°C até atingirem a massa constante ou massa seca (ms) para calcular o EC, considerando que ele corresponde a 50% da ms.

resultados pode-se constatar se as diferenças observadas são significativas ou não para analisar se existe diferença significativa de EC das carnaúbas das duas áreas. Os testes foram realizados com a probabilidade de 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas áreas I e II foram contabilizadas 104 carnaúbas, sendo que a I apresentou menor número de indivíduos (29) e na II foram contados 75. Conforme a classificação de Reis Filho (2005), todas as carnaúbas encontravam-se em estágio adulto, sendo, assim, distribuídas nas seguintes subclasses: 12 palmeiras novas (2,5 a 3,99 m), 44 médias (4,0 a 6,99 m) e 48 velhas (acima de 7 m).

A \bar{D} foi de 0,562 kg.m⁻³. Na Tabela 1 tem-se a estatística descritiva das seis carnaúbas que foram abatidas — são apresentados o desvio padrão e as médias das variáveis coletadas —, sendo que as da área I foram classificadas como palmeiras velhas, e as da área II, uma como velha e as outras duas como palmeiras médias.

As folhas constituem um EC que é renovado anualmente pelo corte para extração de pó cerífero. Assim, essa atividade contribui para o sequestro e o EC. O to-

tal de carbono estocado nas folhas com pecíolos foi de 14,63 kg ou 500 g.kg⁻¹, valor que se encontra acima do encontrado por Cunha *et al.* (2009) na espécie *Attalea dúbia* (Mart.) Burret (448 g.kg⁻¹) e abaixo do resultado encontrado por Miranda *et al.* (2012) para a *Euterpe oleraceae* Mart. (885 g.kg⁻¹).

Quanto ao estoque total de carbono dos estipes, na área II quantificou-se em 4,72 kg, maior que na I (2,33 kg), e a soma do EC nas duas áreas foi de 7,05 kg. Entretanto, nas margens do rio as carnaúbas apresentam, em média, estoque maior de carbono, pois elas apresentam-se mais frondosas, altas e com maior número de folhas, diferenciando-se das que distam de fontes de água. Isso lhes confere maior EC. Na Tabela 2 são apresentados o número de indivíduos, a média e o desvio padrão da H, do PAP e do EC.

Tabela 1 – Médias das carnaúbas abatidas: número de folhas, altura e perímetro à altura do peito (em m), massa verde, massa seca e estoque de carbono das folhas (em kg).

Variáveis	Área I	Desvio padrão	Área II	Desvio padrão
N	32	6,028	21	12,503
H	8,98	2,374	5,76	1,250
PAP	0,64	0,059	0,73	0,069
mv	15,90	4,140	7,13	7,132
ms	6,85	1,727	2,90	3,019
EC	3,42	0,863	1,45	1,510

N: número de indivíduos; H: altura; PAP: perímetro à altura do peito; mv: massa verde; ms: massa seca; EC: estoque de carbono.

Observa-se de imediato que, pelos valores das tabelas, as folhas estocam mais carbono que o estipe da carnaúba. Contudo, faz-se a ressalva de que o método usado para calcular o EC do estipe não foi o mesmo adotado para calcular o carbono das folhas, o que justifica a disparidade entre os dois resultados.

Estendendo o resultado do EC da Tabela 2 para 1 ha, quantificou-se o EC em 14,71 kg.ha⁻¹. As comparações desse resultado que poderiam ser feitas usando resultados de outros estudos ficam limitadas, pois não há pesquisas sobre a carnaúba semelhantes a esta. Contudo, com os resultados já obtidos para a família Arecaceae, à qual a carnaúba pertence, dentre os quais se pode citar o de Ribeiro *et al.* (2009), que citam a *Euterpe edulis* Mart. com um EC de 1,275 t.ha⁻¹; o de Pessoa *et al.* (2012), que concluíram em sua pesquisa que 18 indivíduos da família Arecaceae estocam carbono em 1.879 kg.ano⁻¹; e o de Miranda *et al.* (2012), que encontraram a média de 3,873 kg de carbono estocado no fuste de 18 indivíduos da espécie *Euterpe oleraceae* Mart. no município de Breves, Pará. Como as espécies são distintas, os resultados são, obviamente, diferentes; some-se a isso o fato de que essas pesquisas utilizaram métodos diversificados, ainda que não destrutivos, o que justifica os resultados serem tão díspares.

Vale ressaltar que o EC por área depende, além das características físicas, da quantidade de indivíduos da espécie que se encontram na amostra. No caso da carnaúba, é possível encontrar áreas bastante populosas ou não. No local onde foi realizado o estudo as carnaúbas estão um pouco mais dispersas, o que explica o

pequeno estoque encontrado em relação aos estudos realizados com espécies da mesma família.

Embora a carnaúba tenha crescimento lento, pode, segundo Lorenzi *et al.* (2010), chegar a 15 m de altura. Além disso, conforme Reis *et al.* (2011), ela se desenvolve melhor estando exposta ao sol, especialmente as mudas, o que ajuda no processo de fotossíntese e, conseqüentemente, no sequestro de CO₂. O experimento realizado por Arruda e Calbo (2004) confirmou que carnaúbas situadas em áreas alagadas apresentam maiores concentrações de CO₂ e diminuição de O₂ nas raízes, porém essa exposição reduz o processo de fotossíntese e de condutância estomática, o que não implica ser prejudicial às plantas, pois apresentam tolerância a tal condição. E, também, é no período chuvoso que elas mais emitem folhas, conforme Ferreira (2009).

Quanto à exploração do carnaubal para extração de pó cerífero, ela pode ser prejudicial à planta se ocorrer de forma intensa (acima de 50%) e mensal (VIEIRA; OLIVEIRA; LOIOLA, 2016), visto que reduz a produção de folhas, afetando a estrutura foliar e causando de perda de energia. Porém, Ferreira, Nunes e Gomes (2013) recomendam, para os extrativistas, fazer um único corte anual das folhas, pois resulta em rendimento maior. Pode-se inferir que essa extração anual das folhas constitui renovação do EC. No entanto, recomenda-se o manejo adequado no que concerne não só a preservar o mangará, como também a retirar das proximidades espécies que causam a morte da carnaúba — como o popular “mato-de-leite” no Piauí, mais conhecido como “boca-de-leão” no Ceará.

Tabela 2 – Número de indivíduos, desvio padrão e média das variáveis coletadas (altura e perímetro à altura do peito em m) e quantificada (estoque de carbono em kg) das carnaúbas nas áreas I e II.

Área	N	Variáveis	Média	Desvio padrão
I	29	H	6,9838	2,4779
		PAP	0,7197	0,0911
		EC	0,0802*	0,0282
II	75	H	6,0707	1,6082
		PAP	0,6724	0,1023
		EC	0,0630*	0,0253

N: número de indivíduos; H: altura; PAP: perímetro à altura do peito; EC: estoque de carbono; *médias diferentes entre si pelo teste t de Student a 5% de significância.

Além disso, não se deve esquecer de que o sequestro de CO₂ é realizado pelas folhas, o que permite dizer que a retirada total das folhas, mesmo preservando o mangará, reduz essa função da carnaubeira. Outra sugestão é de que não sejam retiradas todas as folhas para que não haja redução drástica de sequestro de CO₂ por ela, pois causa danos à planta.

Com esses resultados, pretende-se que a carnaúba seja conservada em função do seu valor econômico, como destacado por Gomes, Cerqueira e Carvalho (2009), bem como pelos benefícios ambientais que oferece. Assim, reforça-se a importância do manejo sustentável, que promove, como já destacado por Watzlawick *et al.* (2012), benefícios ambientais e socioeconômicos, além de contribuir para a recomposição de áreas degradadas; além disso, os extrativistas podem ser beneficiados com projetos que visam à sustentabilidade da atividade extrativa.

No âmbito da conservação e sustentabilidade da carnaúba, destaca-se a Câmara Setorial da Carnaúba,

que publicou, em 2009, um manual contendo instruções para o manejo da espécie (CÂMARA SETORIAL DA CARNAÚBA, 2009). Posteriormente, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) lançou um caderno de boas práticas para o extrativismo sustentável orgânico da carnaúba com o objetivo de estabelecer um protocolo mínimo que promovesse o manejo consciente da atividade extrativista, respeitando o meio ambiente, a cultura e a dinâmica das populações envolvidas (BRASIL, 2014).

Gomes, Cerqueira e Carvalho (2009) veem que o benefício privado da exploração econômica da carnaúba pode contribuir para a preservação da espécie, exatamente pela geração de lucros e ocupações rurais. Conforme os autores, isso a torna um recurso natural primordial no âmbito da política ambiental. Ou seja, a partir de seu valor socioeconômico, órgãos públicos e privados podem adotar em suas políticas contrapartidas que favoreçam a conservação da espécie, lembrando que a política de crédito às atividades produtivas tem um papel fundamental no incentivo à conservação.

CONCLUSÕES

A carnaúba presta o serviço ecossistêmico de regulação climática por meio do sequestro e EC. O estudo quantificou o EC presente no estipe e nas folhas da espécie. Como foram utilizadas carnaúbas situadas em áreas distintas, verificou-se, estatisticamente, que elas têm EC diferente entre si, conforme resultado do teste *t* de Student. Concluindo, na área em que a carnaúba aparece associada com mais espécies vegetais e às margens do rio há maior EC. Além disso, constatou-se que a carnaúba tem maior EC nas folhas que a espécie *Attalea dubia* (Mart.) Burret.

Diante do contexto das discussões sobre alterações climáticas, deve-se incentivar a conservação da carnaúba não só pelo valor socioeconômico, mas também por prestar o serviço ecossistêmico de estocar carbono. Esse tema tem ganhado relevância no meio acadêmi-

co e na implantação de políticas públicas, como, por exemplo, o pagamento por esse serviço. Portanto, um meio para se conservar a espécie é a utilização de políticas que englobam e prezam pela sustentabilidade da atividade extrativa, e que tenham como paradigma o manejo sustentável.

Esta pesquisa contribui com a literatura no que concerne à quantificação do EC para a espécie *Copernicia prunifera* (Mill) H. E. More, visto que inexistem estudos semelhantes para a carnaúba; some-se a isso o fato de ser uma pesquisa interdisciplinar que agrega conhecimentos da Ciência Florestal com a Economia Ecológica. Ressalta-se que o presente artigo não esgota o tema, pois deixa margem para realização de pesquisas, por exemplo, para usar um método distinto e, assim, poder fazer comparação e tirar novas conclusões.

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Dr. José Machado Moita Neto, o auxílio com a estatística.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, F. *Os desafios da sustentabilidade: uma ruptura urgente*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007. p. 11-58.
- ARAÚJO, D. R.; SILVA, P. C. M.; DIAS, N. S.; LIRA, D. L.-A. C. Estudo da área de preservação permanente do Rio Mossoró no sítio urbano de Mossoró-RN por meio de técnicas de geoprocessamento. *Revista Caatinga*, v. 25, n. 2, p. 177-183, 2012.
- ARAÚJO, L. H.; SILVA, R. A. R.; DANTAS, E. X.; SOUSA, R. F.; VIEIRA, F. A. Germinação de sementes da *Copernicia prunifera*: biometria, pré-embebição e estabelecimento de Mudas. *Enciclopédia Biosfera*, v. 9, n. 17, 2013.
- ARRUDA, G. M. T.; CALBO, M. E. R. Efeitos da inundação no crescimento, trocas gasosas e porosidade radicular da carnaúba (*Copernicia prunifera* (Mill.) H. E. Moore). *Acta Botânica Brasílica*, v. 18, n. 2, p. 219-224, 2004. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062004000200002>
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). *NBR 11941: Madeira - determinação da densidade básica*. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.
- BARROS, J. S.; FARIAS, R. R. S.; CASTRO, A. A. J. F. Compartimentação geoambiental no Complexo de Campo Maior, Piauí: caracterização de um mosaico de ecótonos. In: CASTRO, A. A. J. F.; ARZABE, C.; CASTRO, N. M. C. F. *Biodiversidade e ecótonos da região setentrional do Piauí*. Teresina: EDUFPI, 2010. (Série Desenvolvimento e Meio Ambiente, 5.) p. 25-43.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Desenvolvimento Agropecuário e Cooperativismo. *Caderno de Boas Práticas para o Extrativismo Sustentável Orgânico da Carnaúba*. Brasília: MAPA/ACS, 2014. (Cadernos de Boas Práticas para o Extrativismo Sustentável Orgânico.)
- BREUGEL, M. V.; RANSIJN, J.; CRAVEN, D.; BONGERS, F.; HALL, J. S. Estimating carbon stock in secondary forests: decisions and uncertainties associated with allometric biomass models. *Forest Ecology and Management*, v. 262, p. 1648-1657, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2011.07.018>
- CÂMARA SETORIAL DA CARNAÚBA. *A carnaúba: preservação e sustentabilidade*. Fortaleza: Câmara Setorial da Carnaúba, 2009.
- CHAVAN, B. L.; RASAL, G. B. Sequestered standing carbon stock in selective tree species grown in University campus at Aurangabad, Maharashtra, India. *International Journal of Engineering Science and Technology*, v. 2, p. 3003-3007, 2010.
- COSTA, V. L. S.; GOMES, J. M. A. Crédito e conservação ambiental no extrativismo da carnaúba (*Copernicia prunifera* (Mill.) H. E. Moore) no nordeste brasileiro no período de 2007 a 2012. *Interações*, v. 17, n. 1, p. 4-14, 2016. <http://dx.doi.org/10.20435/1518-70122016101>
- COSTANZA, R.; D'ARGE, R.; GROOT, R.; FARBER, S.; GRASSO, M.; HANNON, B.; LIMBURG, K.; NAEEM, S.; O'NEILL, R. V.; PARUELO, J.; RASKIN, R. G.; SUTTON, P.; BELT, M. V. D. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, v. 387, p. 253-260, 1997. DOI: 10.1038/387253a0
- CUNHA, G. M.; GAMA-RODRIGUES, A. C.; GAMA-RODRIGUES, E. F.; VELLOSO, A. C. X. Biomassa e estoque de carbono e nutrientes em florestas montanas da Mata Atlântica na região norte do estado do Rio de Janeiro. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, n. 33, p. 1175-1185, 2009. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832009000500011>
- FERREIRA, C. S. *Comportamento de populações de carnaubeira em diferentes estádios de desenvolvimento no município de União-Piauí*. 60 f. Dissertação. (Mestrado em Agronomia)—Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2009.
- FERREIRA, C. S.; NUNES, J. A. R.; GOMES, R. L. F. Manejo de corte das folhas de *Copernicia prunifera* (Miller) H. H. Moore no Piauí. *Revista Caatinga*, v. 26, n. 2, p. 25-30, 2013.

- GOMES, J. M. A.; CERQUEIRA, E. B.; CARVALHO, J. N. F. Custos e benefícios da preservação dos carnaubais nativos nordestinos. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 47., 2009, Porto Alegre. *Anais...* Porto Alegre, 2009, p. 1-20.
- GOMES, J. M. A.; NASCIMENTO, W. L. Visão sistêmica da cadeia produtiva da carnaúba. In: GOMES, J. M. A.; SANTOS, K. B.; SILVA, M. S. (Orgs.). *Cadeia produtiva da cera de carnaúba: diagnóstico e cenário*. Teresina: EDUFPI, 2006. p. 23-34.
- HOLANDA, S. J. R. *Efeito da salinidade induzida no desenvolvimento e crescimento inicial de carnaúba (Copernicia prunifera (Miller) H. E. Moore): suporte a estratégias de restauração em áreas salinizadas*. 75 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente)–Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2006.
- ISELL, F.; CALCAGNO, V.; HECTOR, A.; CONNOLLY, J.; HARPOLE, W. S.; REICH, P. B.; SCHERER-LORENZEN, M.; SCHMID, B.; TILMAN, D.; RUIJVEN, J. V.; WEIGELT, A.; WILSEY, B. J.; ZAVALTA, E. S.; LOREAU, M. High plant diversity is needed to maintain ecosystem services. *Nature*, v. 477, p. 199-203, 2011. DOI: 10.1038/nature10282
- LIMA, A. S.; ARAÚJO, J. L. L. Geoambientes e as atividades agropecuárias consorciadas e associadas nas áreas dos carnaubais. In: GOMES, J. M. A.; SANTOS, K. B.; SILVA, M. S. (Orgs.). *Cadeia produtiva da cera de carnaúba: diagnóstico e cenários*. Teresina: EDUFPI, 2006. p. 35-47.
- LORENZI, H. (Org.). *Flora brasileira – Arecaceae (palmeiras)*. Nova Odessa: Plantarum, 2010. 384 p.
- MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT (MEA). *Living beyond our means: natural assets and human well-being*. Statement from the Board, 2005.
- MIRANDA, D. L. C.; SANQUETTA, C. R.; COSTA, L. G. S.; CORTE, A. P. D. Biomassa e Carbono em *Euterpe oleracea* Mart., na Ilha do Marajó – PA. *Floresta e Ambiente*, v. 19, n. 3, p. 336-343, 2012. DOI: 10.4322/foram.2012.039
- MISSANJO, E.; KAMANGA-THOLE, G. Estimation of biomass and carbon stock for Miombo Woodland in Dzalanyama Forest reserve, Malawi. *Research Journal of Agriculture and Forestry Science*, v. 3, p. 7-12, 2015.
- MORAES, J. L. A. Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) como instrumento de política de desenvolvimento sustentável dos territórios rurais: O Projeto Protetor Das Águas de Vera Cruz, RS. *Sustentabilidade em Debate*, v. 3, n. 1, p. 43-56, 2012. <http://dx.doi.org/10.18472/SustDeb.v3n1.2012.7196>
- MOTTA, R. S. *Manual para valoração econômica de recursos ambientais*. Rio de Janeiro: IPEA/MMA/PNUD/CNPq, 1997.
- _____. Valoração e precificação dos recursos ambientais para uma economia verde. *Economia Verde*, n. 8, p. 179-190, 2011.
- PEARSON, T. R. H.; BROWN, S.; BIRDSEY, R. A. *Measurement guidelines for the sequestration of forest carbon*. United States: Department of Agriculture, 2007.
- PESSOA, S. G.; BARBOSA, I. A.; KEUNECKE, L. F.; GOMES, D. A.; COCCO, M. L.; MACENA, D. R. Sequestro florestal de CO₂ em clube campestre: opção para compensação de emissões de frota de ônibus urbano. *Revista em Agronegócios e Meio Ambiente*, v. 5, n. 1, p. 205-224, 2012.
- RATUCHNE, L. C.; BRUSTOLIM, J. C.; KOEHLER, H. S.; WATZLAWICK, L. F.; SANQUETTA, C. R.; SCHAMNE, P. A. Quantificação de carbono florestal em povoamentos de *Araucaria angustifolia* no sudoeste do estado do Paraná. *Ambiência*, v. 11, n. 2, p. 321-335, 2015. DOI: 10.5935/ambiencia.2015.02.04
- REIS FILHO, A. A. (Org.). *Projeto Carnaupi: Mapeamento espacial e zoneamento de carnaúba no Piauí – relatório*. Teresina: EDUFPI, 2005.
- REIS, R. G. E.; BEZERRA, A. M. E.; GONÇALVES, N. R.; PEREIRA, M. S.; FREITAS, J. B. S. Biometria e efeito da temperatura e tamanho das sementes na protrusão do pecíolo cotiledonar de carnaúba. *Ciência Agrônômica*, v. 41, n. 1, p. 81-86, 2010.

REIS, R. G. E.; PEREIRA, M. S.; GONÇALVES, N. R.; PEREIRA, D. S.; BEZERRA, A. M. E. Emergência e qualidade de mudas de *Copernicia prunifera* em função da embebição das sementes e sombreamento. *Revista Caatinga*, v. 24, n. 4, p. 43-49, 2011.

RIBEIRO, S. C.; JACOVINE, L. A. G.; SOARES, C. P. B.; MARTINS, S. V.; SOUZA, A. L.; NARDELLI, A. M. B. Quantificação de biomassa e estimativa de estoque de carbono em uma floresta madura no município de Viçosa, Minas Gerais. *Revista Árvore*, v. 33, n. 5, p. 917-926, 2009. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622009000500014>

ROCHA, G. P.; FERNANDES, L. A.; CABACINHA, C. D.; LOPES, I. D. P.; RIBEIRO, J. M.; FRAZÃO, L. A.; SAMPAIO, R. A. Caracterização e estoques de carbono de sistemas agroflorestais no Cerrado de Minas Gerais. *Ciência Rural*, v. 44, n. 7, p. 1197-1203, 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20130804>

SILVA, H. F.; RIBEIRO, S. C.; BOTELHO, S. A.; FARIA, R. A. V. B.; TEIXEIRA, M. B. R.; MELLO, J. M. Estimativa do estoque de carbono por métodos indiretos em área de restauração florestal em Minas Gerais. *Scientia Forestalis*, v. 43, n. 108, p. 943-953, 2015. DOI: 10.18671/scifor.v43n108.18

SILVA, N.; LUCENA, R. F. P.; LIMA, J. R. F.; LIMA, G. D. S.; CARVALHO, T. K. N.; SOUSA JÚNIOR, S. P.; ALVES, C. A. B. Conhecimento e uso da vegetação nativa da caatinga em uma comunidade rural da Paraíba, Nordeste do Brasil. *Boletim do Museu de Biologia Mello Leitão*, v. 34, 2014.

SILVA, R. A. R.; ROCHA, T. G. F.; MARINHO, A. A.; FARJADO, C. G.; VIEIRA, F. A. Etnoecologia e etnobotânica da palmeira carnaúba (*Copernicia prunifera* (Mill.) H. E. Moore) no semi-árido do vale do Rio Açu, RN. In: CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL, 10., 2011, São Lourenço. *Anais...* São Lourenço, 2011. p. 1-2.

SOUSA, R. F.; SILVA, R. A. R.; ROCHA, T. G. F.; SANTANA, J. A. S.; VIEIRA, F. A. Etnoecologia e etnobotânica da palmeira carnaúba no semiárido brasileiro. *Cerne*, v. 21, n. 4, p. 587-594, 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/01047760201521041764>

VIEIRA, I. R.; OLIVEIRA, J. S.; LOIOLA, M. I. B. Effects of harvesting on leaf production and reproductive performance of *Copernicia prunifera* (Mill.) H.E. Moore. *Revista Árvore*, v. 40, n. 1, p. 117-123, 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/0100-67622016000100013>

WATZLAWICK, L. F.; CALDEIRA, M. V. W.; VIERA, M.; SCHUMACHER, M. V.; GODINHO, T. O.; BALBINOT, R. Estoque de biomassa e carbono na Floresta Ombrófila Mista Montana Paraná. *Scientia Forestalis*, v. 40, n. 95, p. 353-362, 2012.