



## Açaí fruit production and carbon stock in managed plantations in Southeast of Roraima

### *Produção de frutos de açaí e estoque de carbono em plantios manejados no Sudeste de Roraima*

Tiago Monteiro Condé<sup>1\*</sup>, Jackelin Dias Condé<sup>2</sup>, Carlos Wyldss Lacerda Sousa<sup>3</sup>

**Abstract:** The quantification of the carbon stock present in fruits and residues from the manufacture of açaí pulp provides an estimate of the contribution of these key-species to the Amazonian ecosystem to maintain the Earth's climatic balance. Thus, this work aimed to evaluate the production and carbon stock, based on factor 0.5, developed by the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), present in açaí (*Euterpe oleraceae* M.) "BRS-Pará", in managed plantations in São João da Baliza, Roraima. Allometric models were adjusted to estimate the carbon stock present in the fruits, bunches, and total (bunch and fruits) of açaí in terms of height and root collar diameter, a variable easily measured in the field. The production of açaí fruits and the forest carbon stock were higher in the managed planting with restriction thinning of only one remaining stem (single) about managed planting with thinning and clump conduction (average of three stipes). Therefore, both plantations provided a large production of açaí pulp with good economic yield and increased forest carbon stock per hectare.

**Key words:** Amazonia. *Euterpe oleraceae* Martius. Biomass. Forest carbon.

**Resumo:** A quantificação do estoque de carbono presente nos frutos e resíduos da fabricação de polpa de açaí proporciona a estimativa de contribuição desta espécie-chave no ecossistema amazônico para a manutenção do equilíbrio climático da Terra. Assim, objetivou-se com este trabalho avaliar a produção e o estoque de carbono, a partir do fator 0,5 desenvolvido pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), presente em frutos de açaí BRS-Pará (*Euterpe oleraceae* M.) nos plantios manejados em São João da Baliza, Roraima. Foram ajustados modelos alométricos para estimar o estoque de carbono presente nos frutos, cachos e total (cacho e frutos) de açaí em função do diâmetro à altura do coleto, variável de fácil mensuração em campo. A produção de frutos de açaí e o estoque de carbono florestal foram superiores em plantio manejado com desbaste de restrição de apenas um estipe remanescente (solteiro) em relação ao plantio manejado com desbaste e condução em regime de touceira (média de três estipes). Ambos os plantios proporcionam grande produção de polpa de açaí com bom rendimento econômico e incremento do estoque de carbono florestal por hectare.

**Palavras-chave:** Amazônia. *Euterpe oleraceae* Martius. Biomassa. Carbono florestal.

\*Corresponding author

Submitted for publication on 11/09/2019, approved on 08/01/2020 and published on 06/02/2020

<sup>1</sup>Professor Dr. of Forestry Engineering at the Federal University of Roraima - UERR, Campus Rorainópolis, Brazil, CEP 69373-000. E-mail: [tiagonafloresta@gmail.com](mailto:tiagonafloresta@gmail.com);

<sup>2</sup>MBA in Public Account Management - Estácio de Sá, Manaus, Brazil. E-mail: [jackelin.dias20@gmail.com](mailto:jackelin.dias20@gmail.com);

<sup>3</sup>Graduate in Forestry Engineering from Federal University of Roraima -, São João da Baliza, Brazil. E-mail: [wylcss1@gmail.com](mailto:wylcss1@gmail.com).

## INTRODUCTION

The açai palm trees (*Euterpe oleraceae* M.) is a palm native from the Amazonian, considered a key-species to human nutrition (NOGUEIRA; SANTANA, 2016). Its fruits are appreciated worldwide, consumed natural or transformed into several by-products (SANTANA *et al.*, 2014). However, the growing historical demand for the unsustainable extraction of palm hearts and fruits of *Euterpe* genus, which have initially been drawn from the species *E. edulis* in the Atlantic Forest (SANTOS *et al.*, 2016; CONDÉ *et al.*, 2018), and since 1960, with emphasis on native populations of *E. precatoria* and *E. oleraceae* in the Amazonian, has created a risk of extinction of autochthonous populations. The increasing natural vegetation stripping and selective exploitation of illegal wood associated with forest fires (CONDÉ *et al.*, 2019) have also contributed to the reduction of these natural populations in Amazonian.

On the other hand, açai production in floodplain environments has advanced with management techniques in agroforestry systems with thinning species of low commercial value and planting improved seedlings, forest and fruit essences. On dry land, stipe management techniques, irrigation, fertilization, weeding, and pest control have been increasing the productivity of the açai palm trees (OLIVEIRA; FARIAS NETO, 2004; FARIAS NETO *et al.*, 2011). Approximately 80% of açai production in the Amazonian comes from extraction in natural forests, and 20% correspond into plantations or “açaizais” managed in a floodplain and on dry land environments (HOMMA, 2014).

In the face of growing implantation of açai plantations on drylands environments in Amazonian, it sought to understand the role of these key-species in the Amazonian ecosystem for the contribution of maintaining the Earth’s climatic balance. It is a must to quantify the biomass and estimate the carbon stock present in the fruits and residues inherent to the manufacture of açai pulp. Reforestation tree plantings with the *Euterpe* genus may be considered sustainable and promising sources to the forest carbon storage and recuperation of degraded areas in clean development mechanisms (MDL) (UNFCCC, 2018). Information on carbon storage potential in açai plantations in the state of Roraima remains incipient.

In order to delimit the present study, the following questions were formulated: 1<sup>a</sup>) Which stipe conduction management system generates greater fruit production for the pulp of the açai BRS-Pará cultivar: with solitary thinning or in a clump regime?; 2<sup>a</sup>) What is the role of these plantations in greenhouse gases reducing?; 3<sup>a</sup>) Which allometric models should be recommended to estimate the carbon stock present in açai bunches in Southeast of Roraima? Therefore, the present study aimed to evaluate fruit production and the quantification of the carbon stock in plantations conducted with solitary thinning and in a clump regime.

## INTRODUÇÃO

O açazeiro (*Euterpe oleraceae* M.) é uma palmeira nativa da Amazônia, considerada espécie-chave na alimentação humana (NOGUEIRA; SANTANA, 2016). Seus frutos são apreciados mundialmente, consumidos *in natura* ou transformados em diversos subprodutos (SANTANA *et al.*, 2014). Entretanto, a crescente demanda histórica por extração insustentável de palmitos e frutos do gênero *Euterpe*, inicialmente oriundos da espécie *E. edulis* na Mata Atlântica (SANTOS *et al.*, 2016; CONDÉ *et al.*, 2018), e a partir de 1960, com maior ênfase nas populações nativas de *E. precatoria* e *E. oleraceae* na Amazônia, tem gerado risco de extinção de populações autóctones. O crescente desmatamento e exploração seletiva de madeira ilegal associadas aos incêndios florestais (CONDÉ *et al.*, 2019) também tem contribuído para a redução dessas populações naturais na Amazônia.

Por outro lado, a produção de açai em ambientes de várzea tem avançado com técnicas de manejo em sistemas agroflorestais, com desbaste de espécies de baixo valor comercial e plantio de mudas melhoradas, essências florestais e frutíferas. Em terra firme, técnicas de manejo de estipe, irrigação, adubação, roçagem e controle de pragas têm aumentado a produtividade do açazeiro (OLIVEIRA; FARIAS NETO, 2004; FARIAS NETO *et al.*, 2011). Estima-se que 80% da produção de açai na Amazônia seja oriunda de extrativismo em florestas naturais e 20% esteja dividida em plantios ou “açaizais” manejados em ambientes de várzeas e terra firme (HOMMA, 2014).

Diante da crescente implantação de plantios de açai em ambientes de terra firme na Amazônia, buscou-se compreender o papel desta espécie-chave no ecossistema amazônico para a contribuição da manutenção do equilíbrio climático da Terra. Faz-se imprescindível quantificar a biomassa e estimar o estoque de carbono presente nos frutos e resíduos inerentes à fabricação de polpa de açai. Plantios de reflorestamento com o gênero *Euterpe* podem ser considerados fontes sustentáveis e promissoras no armazenamento de carbono florestal e recuperação de áreas degradadas em mecanismos de desenvolvimento limpo (MDL) (UNFCCC, 2018). As informações sobre o potencial de armazenamento do carbono em plantios com açai no estado de Roraima ainda permanecem incipientes.

Para delimitar o presente estudo, foram formuladas as seguintes questões: 1<sup>a</sup>) qual sistema de manejo de condução de estipe gera maior produção de frutos para polpa do cultivar açai BRS-Pará: com desbaste solitário ou em regime de touceira?; 2<sup>a</sup>) qual é o papel destes plantios na redução dos gases de efeito estufa?; 3<sup>a</sup>) quais modelos alométricos podem ser recomendados para estimar o estoque de carbono presente nos cachos de açai no Sudeste de Roraima? Assim, objetivou-se no presente estudo avaliar a produção de frutos e a quantificação do estoque de carbono em plantios conduzidos com desbaste sem ou com estipes.

## MATERIAL AND METHOD

### Study Area

The study was carried out in three plantations managed with the açaí BRS-Pará (*Euterpe oleraceae* M.) cultivar, in the municipality of São João da Baliza, Southeast of Roraima (Figure 1). The municipality climate is of the Awi type (rainy tropical with a short dry period) and Aji type (rainy tropical without dry season), with a mean annual temperature of 27 °C, and rainfall of 1,750 mm (MDA, 2010). The predominant soil classes are Red-Yellow Argisol and Red-Yellow Latosol (MDA, 2010).

## MATERIAL E MÉTODOS

### Área de estudo

O estudo foi realizado em três plantios manejados com o cultivar açaí BRS-Pará (*Euterpe oleraceae* M.) no município de São João da Baliza, Sudeste de Roraima (Figura 1). O clima do Município é do tipo Awi (tropical chuvoso com pequeno período de seca) e Aji (tropical chuvoso sem estação seca), com temperatura média anual de 27 °C e precipitação pluviométrica de 1.750 mm (MDA, 2010). Os solos predominantes são das classes Argissolo Vermelho-Amarelo e Latossolo Vermelho-Amarelo (MDA, 2010).

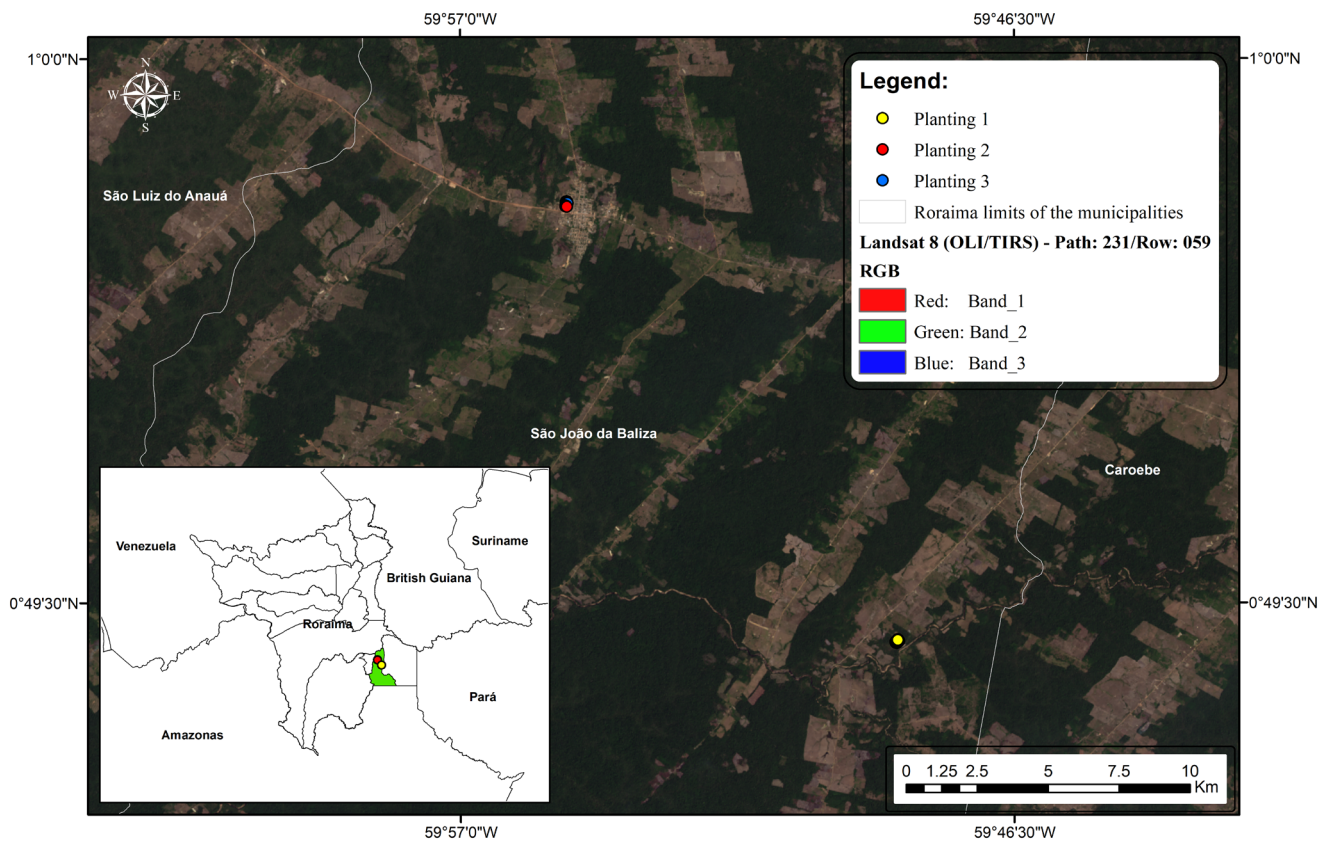


Figure 1 – Study area in the municipality of São João da Baliza, Southeast of Roraima.

Figura 1 – Área de estudo no município de São João da Baliza, Sudeste de Roraima.

To this study, in 2016, it was carried out the forest inventory (IF) of managed planting with açai. They were grouped under three to three plantations based due to age, as follow: a) Planting 1 ( $P_1$ ): 1.5 years old (Figure 2a); b) Planting 2 ( $P_2$ ): aged 6.0 (Figure 2b); c) Planting 3 ( $P_3$ ): 6.5 years old (Figure 2c).

Para o estudo, em 2016, foi realizado o inventário florestal (IF) dos plantios manejados com açai, agrupados três em três plantios em razão da idade, sendo: a) Plantio 1 ( $P_1$ ): com 1,5 anos (Figura 2a); b) Plantio 2 ( $P_2$ ): com 6,0 anos (Figura 2b); c) Plantio 3 ( $P_3$ ): com 6,5 anos (Figura 2c).

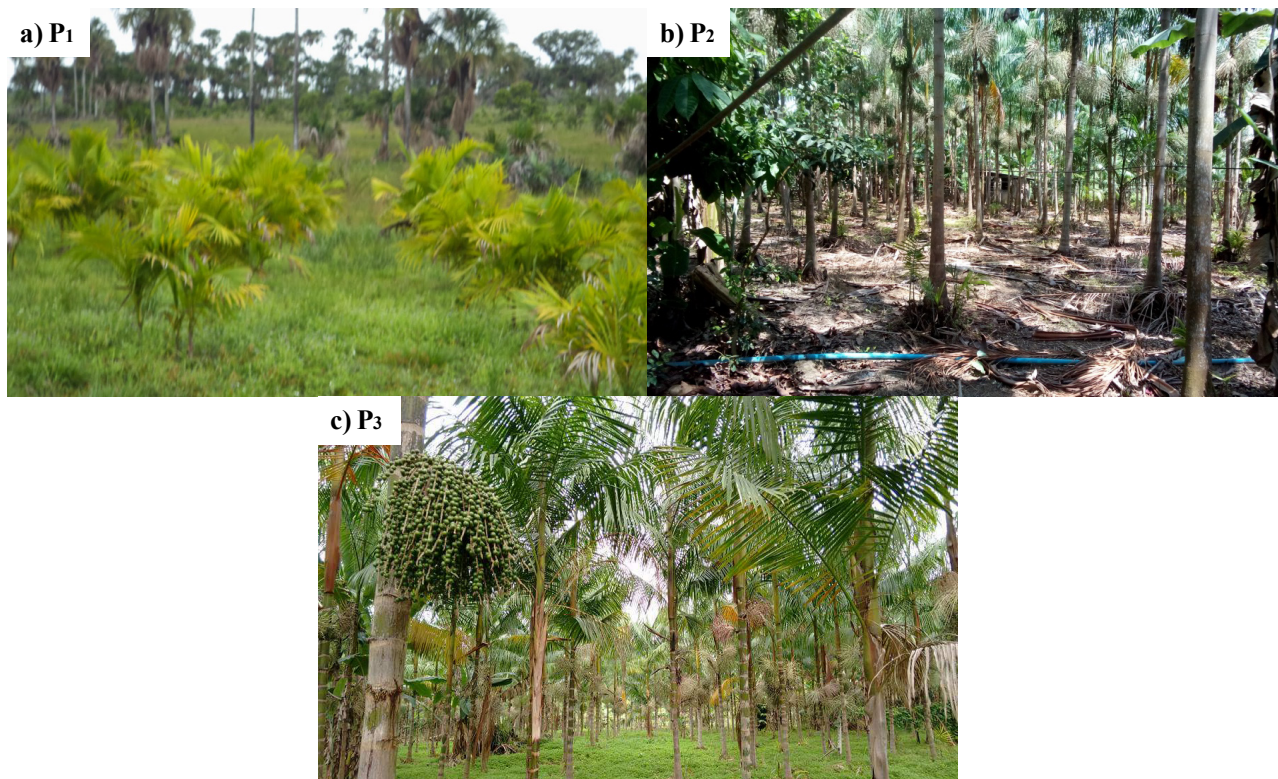


Figure 2 – Managed planting with açai BRS-Pará (*Euterpe oleraceae* M.) cultivar in rural properties in Southeast Roraima.

Figura 2 – Plantios manejados com o cultivar açai BRS-Pará (*Euterpe oleraceae* M.) em propriedades rurais no Sudeste de Roraima.

### Açai BRS-Pará (*Euterpe oleraceae* M.) cultivar

Açai BRS-Pará (*Euterpe oleraceae* M.) cultivar was developed by the Brazilian Agricultural Research Corporation (EMBRAPA) in the state of Pará. This cultivar presents a reduced height in the first bunch emission, resulting in easier handling in fruit collection, a considerable amount of bunch per annual plant, good tillering, vigor, good pulp yield, and rusticity, also, good financial return to small, medium, and large areas (OLIVEIRA; FARIAS NETO, 2004).

### Cultivar açai BRS-Pará (*Euterpe oleraceae* M.)

O cultivar açai BRS-Pará (*Euterpe oleraceae* M.) foi desenvolvido pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) no estado do Pará. Este cultivar apresenta reduzida altura na primeira emissão do cacho, resultando em grande facilidade de manejo na coleta de frutos, boa quantidade de cacho por planta anual, bom perfilhamento, vigor, bom rendimento de polpa, rusticidade e bom retorno financeiro para pequenas, médias e grandes áreas (OLIVEIRA; FARIAS NETO, 2004).

## Data collection

During the IF of each planting, the following information on crop management was collected: a) Spacing used:  $P_1$  - 5 x 5 m;  $P_2$  - 3 x 3 m;  $P_3$  - 5 x 5 m; b) cultivated area (ha): 1 ha (all); c) Age:  $P_1$  - 1.5 years;  $P_2$  - 6.0 years;  $P_3$  - 6.5 years; d) Irrigation:  $P_1$  - no;  $P_2$  - yes;  $P_3$  - yes; e) Stipe management:  $P_1$  - without thinning;  $P_2$  - with thinning of plants and maintenance of only one solitary stipe;  $P_3$  - thinning and clump conduction with up to three plants (“grandmother, mother, and granddaughter”); f) Silvicultural treatments: control of competition for weeds and pests, annually, replacement fertilization or cover (6 months after planting with NPK), observed in all plantations.

In the IF, palm trees measurement ( $N = 124$ ) was carried out randomly within the three plantations, in which samples were 30 palm trees ( $n_1 = 30$ ) in  $P_1$ , 30 palm trees ( $n_2 = 30$ ) in  $P_2$  and 64 palm trees ( $n_3 = 64$ ) in  $P_3$ . The following variables were evaluated in each sample: a) circumference (CBH), measured at 1.30 m from the ground, not measured at  $P_1$  because the palm trees had insufficient height, calculation basis for diameter ( $DBH = CBH/\pi$ ); b) root collar circumference (Ccol.), measured at ground height, the basis for calculating the root collar diameter ( $DC = Ccol./\pi$ ); c) Stipe height (Ae), measured in just one stipe, selected randomly per plant, with Vertex IV Hypsometer (Haglof) from ground level to the end of the culm; d) Total height (At), measured in meters from the ground level to the end or end of the leaf sheath; e) Number of fruit bunches per plant (Cp), measured by counting bunches per plant.

## Evaluation of the fruit production of Açaí BRS-Pará (*Euterpe oleraceae* M.) cultivar

For estimating the production of the fruit açaí BRS-Pará cultivar, the fruit biomass (BF), biomass without fruits (BC), and total biomass production ( $BT =$  fruits and bunch) in the plantations ( $P_2$  e  $P_3$ ) were quantified.

For plant sampling, it was randomly selected 15 palms in  $P_2$ , and 15 palms in  $P_3$  (total number = 30). From each plant, a bunch of ripe fruits (1 bunch per palm tree) was extracted, determining the following variables: humid weight - PU (field), separately from three parts: fruits, bunch without fruits, and total (bunch and fruits).

## Coleta de dados

Durante o IF de cada plantio foram coletadas as seguintes informações sobre o manejo da cultura: a) Espaçamento utilizado:  $P_1$  - 5 x 5 m;  $P_2$  - 3 x 3 m;  $P_3$  - 5 x 5 m; b) área plantada (ha): 1 ha (todos); c) Idade:  $P_1$  - 1,5 anos;  $P_2$  - 6,0 anos;  $P_3$  - 6,5 anos; d) Irrigação:  $P_1$  - não;  $P_2$  - sim;  $P_3$  - sim; e) Manejo de estipe:  $P_1$  - sem desbaste;  $P_2$  - com desbaste de plantas e manutenção de apenas um estipe solitário;  $P_3$  - com desbaste e condução em regime de touceira com até três plantas (“avó, mãe e neta”); f) Tratos silviculturais: controle da competição por ervas daninhas e pragas, anualmente, adubação de reposição ou cobertura (6 meses após o plantio com NPK), observado em todos os plantios.

No IF, a mensuração das palmeiras ( $N = 124$ ) foi realizada aleatoriamente dentro dos três plantios, sendo amostradas 30 palmeiras ( $n_1 = 30$ ) em  $P_1$ , 30 palmeiras ( $n_2 = 30$ ) em  $P_2$  e 64 palmeiras ( $n_3 = 64$ ) em  $P_3$ . Em cada amostra, foram avaliadas as seguintes variáveis: a) circunferência (CAP), mensurada à 1,30 m do solo, não mensurada em  $P_1$  porque as palmeiras apresentavam altura insuficiente, base de cálculo para diâmetro ( $DAP = CAP/\pi$ ); b) circunferência do coleto (Ccol.), mensurada à altura do solo, base de cálculo para diâmetro do coleto ( $Dc = Ccol./\pi$ ); c) Altura da estipe (Ae), mensurada em apenas uma estipe, selecionada aleatoriamente por planta, com hipsômetro Vertex IV (Haglof), desde o nível do solo até o fim do colmo; d) Altura total (At), mensurada em metros desde o nível do solo até o fim ou extremo da bainha foliar; e) Quantidade de cachos de frutos por planta (Cp), mensurada por meio da contagem de cachos por planta.

## Avaliação da produção de frutos do cultivar açaí BRS-Pará (*Euterpe oleraceae* M.)

Para estimar a produção de frutos do cultivar açaí BRS-Pará foi quantificada a biomassa dos frutos (BF), biomassa do cacho sem frutos (BC) e biomassa total ( $BT =$  frutos e cacho) dos plantios em produção ( $P_2$  e  $P_3$ ).

Para a amostragem das plantas, foram selecionadas aleatoriamente 15 palmeiras em  $P_2$  e 15 palmeiras em  $P_3$  (número total = 30). De cada planta, foi extraído um cacho com frutos maduros (1 cacho por palmeira), determinando-se as seguintes variáveis: peso úmido - PU (campo), separadamente de três partes: frutos, cacho sem frutos e total (cacho e frutos).

Then, humid samples - PU (sample) were taken out, packaged into newsprint, and posteriorly placed to dry in the greenhouse at 80 °C until constant weight. The dry samples were weighed on a precision scale in grams (g). Through the equation below, the dry weight of each component was obtained (SOARES *et al.*, 2011):

$$PS \text{ (field)} = \left[ \frac{PU \text{ (field)} \cdot PS \text{ (sample)}}{PU \text{ (sample)}} \right] \quad \text{Eq. 1}$$

Where: PS (field) = dry biomass, in kg; PU (field) = humid weight, in kg; PS (sample) = dry sample weight, in kg; PU (sample) = humid sample weight, in kg.

### Estimation of forest carbon stock and economic valuation

The calculation of the carbon stock estimate (C) present in fruits (CF), in bunches without fruits (CC) and total (CT = bunches with fruits) was carried out using 0.5 factor of conversion from biomass to carbon, adopted by the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2003), and recommended by Soares *et al.* (2011). Miranda *et al.* (2012) found a very similar average value (0.4955) for the carbon level present in the bunches and fruits compartments of *Euterpe oleracea* Mart., on Marajó Island, PA. Therefore, the use of the IPCC factor 0.5 becomes feasible and accurate.

Two methods had been testing, the first consisted of using the mean production of palm fruit, concerning the spacing between plants adopted for planting, whereas 25% of the fruit is the yield of açai pulp, reported by region producers, while the second, composed by the rest (75%), is used for organic fertilization in own plantations.

The calculation of the average estimate of C production of the fruit (CF), the pulp (Cpulp), bunches without fruits (CC), and total (CT) per hectare is given by the following equations:

$$CF = [(Fruit Carbon Average \cdot Cp Average) N] \quad \text{Eq. 2}$$

$$Cpulp = [CF \cdot Fp] \quad \text{Eq. 3}$$

$$CC = [(CT = Bunches Carbon Average \cdot Cp Average) N] \quad \text{Eq. 4}$$

$$CT = [(Total Carbon Average \cdot Cp Average) N] \quad \text{Eq. 5}$$

Where: CF = Fruit carbon per hectare; Cp = Bunches of fruit per plant; N = Number of plants per hectare according to the chosen spacing; C pulp = Pulp carbon per hectare; Fp = Pulp yield factor = 0.25; CC = bunches carbon per hectare; CT = Total carbon per hectare.

Em seguida, foram retiradas amostras úmidas - PU (amostra), sendo acondicionadas em papel jornal e encaminhadas para a secagem em estufa a 80 °C até peso constante. As amostras secas foram pesadas em balança de precisão, em gramas (g). O peso seco de cada componente foi obtido pela equação abaixo (SOARES *et al.*, 2011):

Em que: PS (campo) = biomassa seca, em kg; PU (campo) = peso úmido, em kg; PS (amostra) = peso seco da amostra, em kg; PU (amostra) = peso úmido da amostra, em kg.

### Estimativa de estoque carbono florestal e valoração econômica

O cálculo da estimativa de estoque de carbono (C) presente nos frutos (CF), nos cachos sem frutos (CC) e com frutos (CT = frutos e cacho) foi realizado mediante o fator 0,5 de conversão de biomassa para carbono, adotado pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2003) e recomendado por Soares *et al.* (2011). Miranda *et al.* (2012) encontraram valor médio muito similar (0,4955) para o teor de carbono presente nos compartimentos de cachos e frutos de *Euterpe oleracea* Mart. na Ilha do Marajó-PA. Desta forma, a utilização do fator 0,5 do IPCC torna-se viável e preciso.

Foram testados dois métodos, o primeiro consistiu em utilizar a média de produção de frutos das palmeiras em relação ao espaçamento entre plantas adotado por plantio, considerando que 25% do fruto é o rendimento de polpa de açai, relatado por produtores da região, o restante (75%) é utilizado para adubação orgânica nos próprios plantios.

A estimativa média de produção de C do fruto (CF), da polpa (Cpolpa), do cacho (CC) e carbono total (CT) por hectare foram calculados mediante as seguintes equações:

Em que: CF = Carbono do fruto por hectare; Cp = Cachos de frutos por planta; N = Número de plantas por hectare de acordo com o espaçamento escolhido; Cpolpa = Carbono da polpa por hectare; Fp = Fator de rendimento de polpa = 0,25; CC = Carbono do cacho por hectare; CT = Carbono total por hectare.

The second method was based on the selection of allometric models for CF, CC, and CT of the reproductive plantations ( $P_2$  and  $P_3$ ). They are selected based on the efficiency and accuracy of the following criteria: the adjusted coefficient of determination ( $R^2_{aj}$ ), Standard error of estimate ( $S_{yx}$ ), Akaike information criterion (AIC), Bayesian information criterion (BIC), and analysis of the distribution of waste in percentage (SOARES *et al.*, 2011; MIRANDA *et al.*, 2016). Statistics were performed using Microsoft Excel and R software (R Core Team, 2015). Before defining the variables used in allometric models, Pearson's correlation matrix was calculated to verify the relationship among variables. The tested allometric models were as follows:

$$\text{Model 1: } CF = \beta_0 + \beta_1 DC + \varepsilon \quad \text{Eq. 6}$$

$$\text{Model 2: } CC = \beta_0 + \beta_1 DC + \varepsilon \quad \text{Eq. 7}$$

$$\text{Model 3: } CT = \beta_0 + \beta_1 DC + \varepsilon \quad \text{Eq. 8}$$

The economic valuation of this forestry activity was carried out only for  $P_2$  and  $P_3$ , considered adults and productive, based on three factors: a) Average selling price of açaí pulp (R\$ 10.00) marketed at agricultural fairs in the south of Roraima; b) Cultivated area (ha); c) Management of the planting adopted; d) considering the hypothetical price paid for the carbon stored in açaí bunches per hectare, around R\$ 100.00 per ton per harvest.

## RESULTS AND DISCUSSION

The growth of the root collar diameter (DC) as a function of age, considering all plantations managed with the açaí BRS-Pará cultivar, indicated a strong positive trend ( $F = 302.79$ ;  $p\text{-value} < 2.2 \times 10^{-16}$ ;  $R^2 = 0.71$ ) and high correlation (0.84) (Figure 3). The DC varied according to the tiller thinning management and the spacing, obtaining higher values in the 3x3 m spacing, with the maintenance of only one solitary stipe ( $P_2$ ). The diameter (DBH) and the height of the stems (Ae) and total (At) obtained higher values with thinning and clump conduction in 5x5 m spacing ( $P_3$ ) (Figure 3).

O segundo método se baseou na seleção de modelos alométricos para CF, CC e CT dos plantios reprodutivos ( $P_2$  e  $P_3$ ), sendo selecionados com base na eficiência e precisão dos seguintes critérios: coeficiente de determinação ajustado ( $R^2_{aj}$ ), Erro-padrão da estimativa ( $S_{yx}$ ), critério de informação de Akaike (AIC), critério de informação Bayesiano (BIC) e análise da distribuição dos resíduos em percentual (SOARES *et al.*, 2011; MIRANDA *et al.*, 2016). A estatística foi realizada nos softwares Microsoft Excel e R (R Core Team, 2015). Antes da definição das variáveis empregadas nos modelos alométricos foi calculada a matriz de correlação de Pearson, com intuito de verificar a relação entre variáveis. Os modelos alométricos testados foram os seguintes:

A valoração econômica desta atividade florestal foi realizada apenas para  $P_2$  e  $P_3$ , considerados adultos e produtivos, com base em três fatores: a) Preço médio de venda da polpa de açaí (R\$ 10,00) comercializado nas feiras agropecuárias do Sul de Roraima; b) Área plantada (ha); c) Manejo do plantio adotado; d) considerando o preço hipotético pago pelo carbono estocado nos cachos de açaí por hectare, em torno de R\$ 100,00 a tonelada por safra.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O crescimento do diâmetro de coleto (DC) em função da idade, considerando todos os plantios manejados com o cultivar açaí BRS-Pará, indicou forte tendência positiva ( $F = 302,79$ ;  $p\text{-value} < 2,2 \times 10^{-16}$ ;  $R^2 = 0,71$ ) e alta correlação (0,84) (Figura 3). O DC variou em função do manejo de desbaste de perfilhos e do espaçamento, obtendo maiores valores no espaçamento 3 x 3 m, com manutenção de apenas um estipe solitário ( $P_2$ ). O diâmetro (DAP) e as alturas dos estipes (Ae) e total (At) obtiveram valores superiores no manejo com desbaste e condução em regime de touceira em espaçamento 5 x 5 m ( $P_3$ ) (Figura 3).

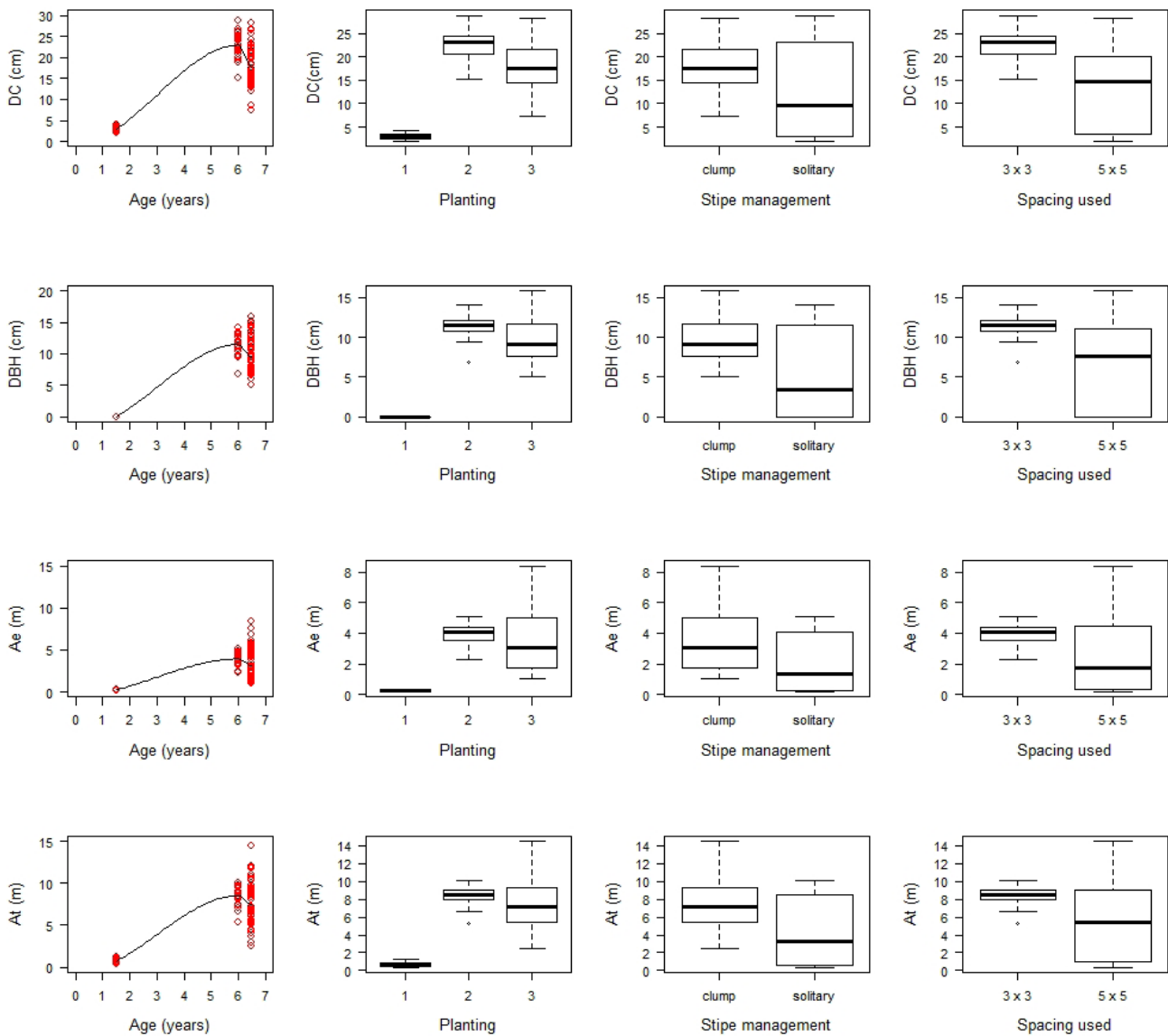


Figure 3 – Açai palm trees grown in managed plantations in Southeast Roraima.

DC = root collar diameter; DBH = diameter at breast height; Ae = height of the stipe; At = total height.

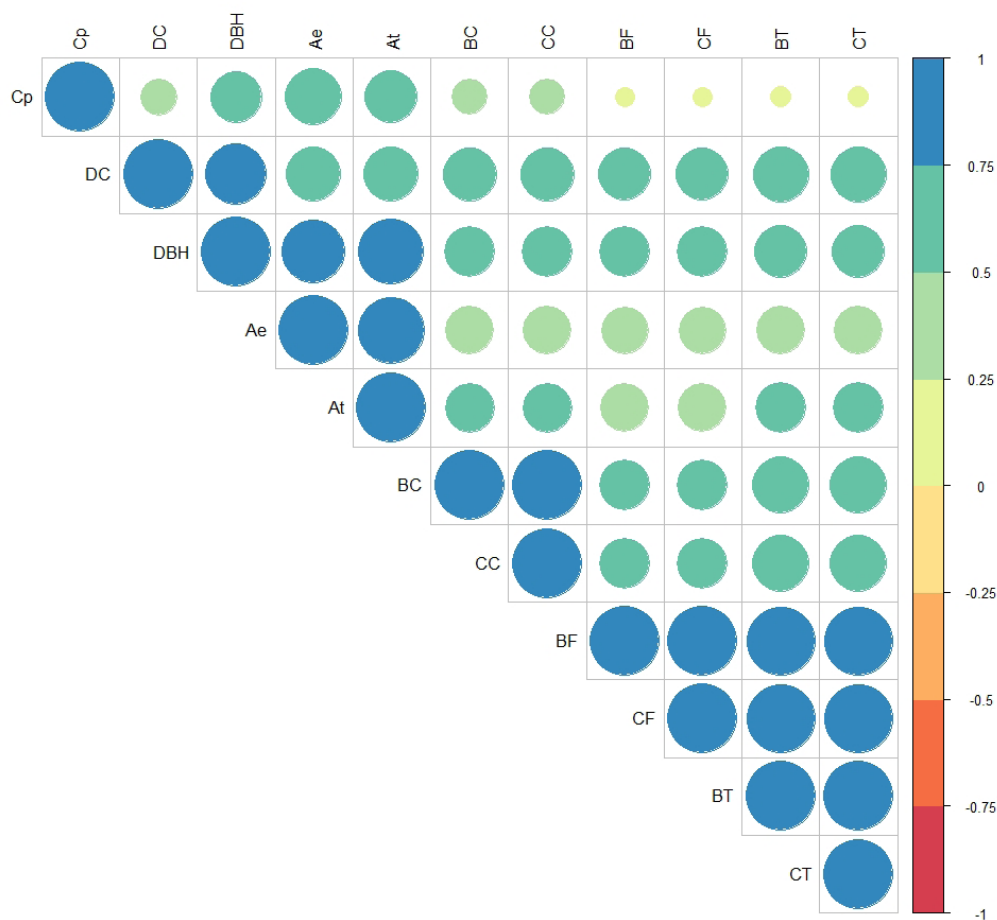
Figura 3 – Crescimento do açazeiro em plantios manejados no Sudeste de Roraima.

DC = diâmetro do coleto; DAP = diâmetro à altura do peito; Ae = altura do estipe; At = altura total.

Pearson's correlation matrix between the two reproductive plantations ( $P_2$  and  $P_3$ ) demonstrated strong and positive relationships between the pairs Cp x Ae, DC x DBH, DBH x At, Ae x At, At x CT, BC x CC, BF x DC, BT x DC and CT x DC (Figure 4).

A matriz de correlação de Pearson entre os dois plantios reprodutivos ( $P_2$  e  $P_3$ ) demonstrou relações fortes e positivas entre os pares Cp x Ae, DC x DAP, DAP x At, Ae x At, At x CT, BC x CC, BF x DC, BT x DC e CT x DC (Figura 4).





**Figure 4** – Pearson's correlation matrix for the variables analyzed.

Cp - Bunches of fruits per plant; DC - root collar diameter; DBH - diameter at breast height; Ae - height of stipe; At - total height; BC - bunch biomass; CC - bunches without fruits carbon; BF - fruit biomass; CF - fruit carbon; BT - total biomass (bunches with fruits); CT - total carbon (bunches with fruits).

**Figura 4** – Matriz de correlação de Pearson para as variáveis analisadas.

Cp - Cachos de frutos por planta; DC - diâmetro do coleto; DAP - diâmetro à altura do peito; Ae - altura do estipe; At - altura total; BC - biomassa do cacho; CC - carbono do cacho; BF - biomassa dos frutos; CF - carbono dos frutos; BT - biomassa total (frutos + cacho); CT - carbono total (frutos + cacho).

However, it is important to note the needs of the correct variable's selection in the inclusion of allometric models to avoid problems of collinearity. In other words, variables that not present much representation to model are highly correlated with each other. They should be taken out to eliminate noise, as is the case between diameters DBH and DC and between Ae and AT heights.

The allometric models used to estimate the C stock of the açaí BRS-Pará cultivar obtained moderate precision about the adopted criteria. The option of not including the variables stipe height (Ae) and total height (At) in the allometric models as evidenced by previous tests, which demonstrated there was no significant increase in the accuracy of the adopted criteria, being preferable the use of simpler allometric models, easy to measure in the field, using only the DC variable (Figure 5). The most recommended adjusted allometric model was CT due to DC.

Porém, ressalta-se a importância da seleção correta de variáveis na inclusão de modelos alométricos para evitar problemas de colinearidade, ou seja, variáveis que adicionam pouca representatividade ao modelo, sendo altamente correlacionadas entre si, devendo ser retiradas para eliminar ruídos, como é o caso entre os diâmetros DAP e DC e entre as alturas Ae e AT.

Os modelos alométricos utilizados para estimar o estoque de C do cultivar açaí BRS-Pará obtiveram moderada precisão em relação aos critérios adotados. A opção de não inclusão das variáveis altura do estipe (Ae) e altura total (At) nos modelos alométricos foi evidenciada por testes anteriores os quais demonstraram que não houve aumento significativo de precisão dos critérios adotados, sendo preferível a utilização de modelos alométricos mais simples, de fácil mensuração em campo, utilizando apenas a variável DC (Figura 5). O modelo alométrico ajustado mais recomendado foi CT em função de DC.

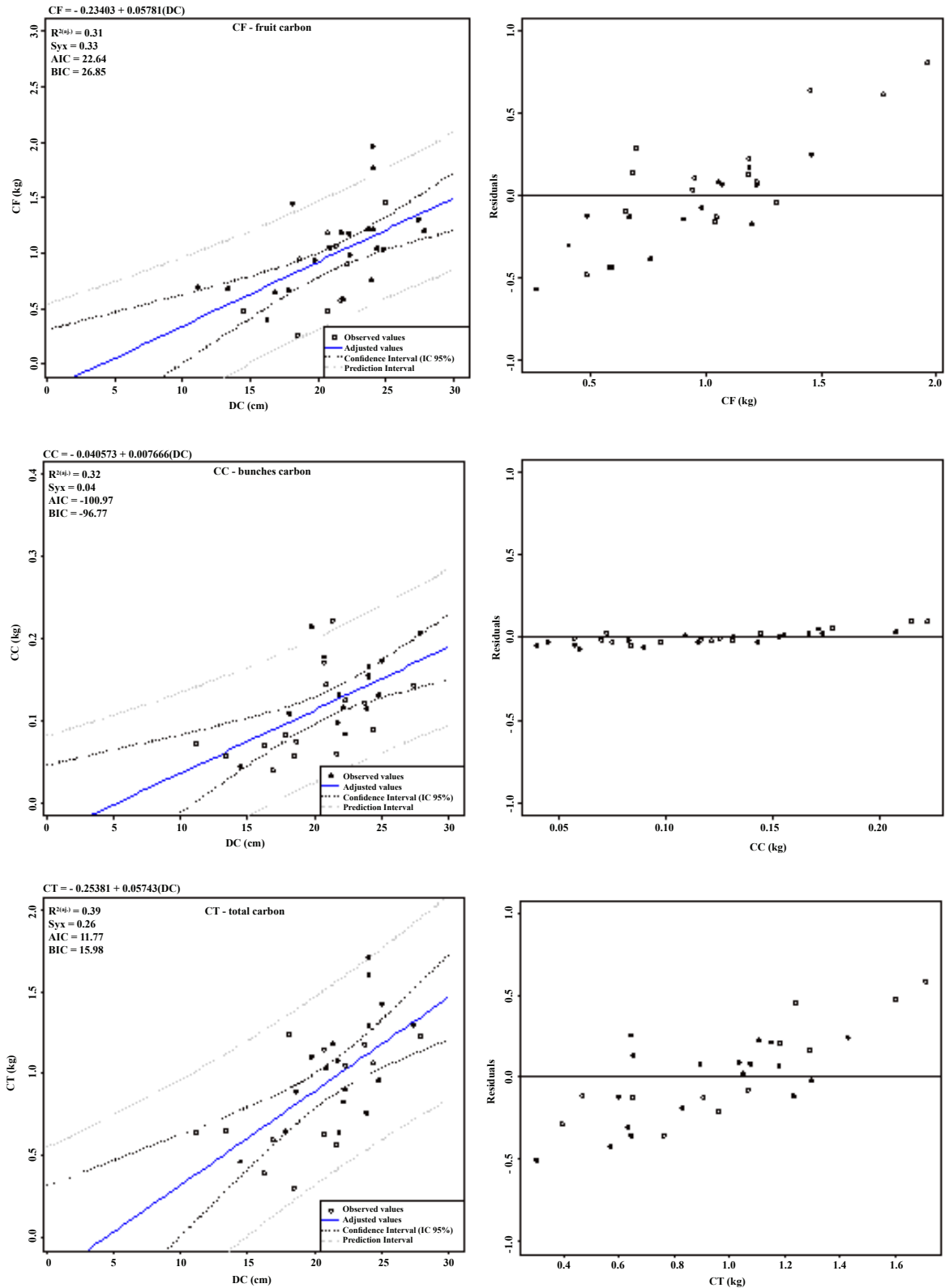


Figure 5 – Allometric models adjusted to estimate the C stock of the fruits and bunches of the açai BRS-Pará cultivar.

CF = fruit carbon; DC = root collar diameter; CC = bunches without fruits carbon; CT = total carbon (bunches with fruits).

Figura 5 – Modelos alométricos ajustados para estimar o estoque de C dos frutos e cachos do cultivar açai BRS-Pará.

CF = carbono dos frutos; DC = diâmetro do coleto; CC = carbono do cacho; CT = carbono total (frutos + cacho).

In the study by Miranda *et al.* (2012), carried out in Marajó Island, Municipality of Breves-PA, it was demonstrated that the total C of *E. oleraceae* Mart. it is proportionally divided between its compartments, being: bunches and fruits (10.72%;  $\bar{x} = 0.848 \pm 0.19$  kg), foliage (10.73%;  $\bar{x} = 0.885 \pm 0.46$  kg), roots (29.63%;  $\bar{x} = 2.444 \pm 0.66$  kg), shaft or stipe (46.95%;  $\bar{x} = 3.883 \pm 3.04$  kg) and heart of palm (2.50%;  $\bar{x} = 0.198 \pm 0.12$  kg). The authors report  $R^2_{aj}$  values above 0.88 for those allometric models adjusted to total C as a function of DBH, total height (ht) and stem height (hf). In the present study, the adjusted allometric models resulted in values lower than 0.40 for  $R^2_{aj}$ . It is believed that, when quantifying the C stock present only in the bunches and fruits compartments as a function of DC, such models were unable to express all the variation present in the data, better expressed when taking into account the total C. However, such models are useful because they allow the estimation of the C stock present only in bunches and fruits, usually the parts of the plant exported from the environment.

The evaluation of the fruit production of the açaí BRS-Pará cultivar revealed that on average, fruit biomass (BF), bunches without fruits biomass (BC) and total biomass (BT - bunches with fruits) were superior in planting managed with thinning of plants and maintenance of only one solitary stipe ( $P_2$ ) (Table 1). Production variation in the three compartments analyzed was higher in planting managed with thinning under the clump regime ( $P_3$ ). However, the bunches number per plantation was similar in both management systems. In general, the average total biomass of fruits and bunches ( $BT = 1.90 \pm 0.71$  kg) obtained on dry land was higher than the value found by Miranda *et al.* (2012), which obtained a mean of  $1.71 \pm 0.66$  kg in natural populations in flooded and floodplain soils, demonstrating the higher potential of this cultivar.

No estudo de Miranda *et al.* (2012), realizado na Ilha de Marajó, Município de Breves-PA, foi demonstrado que o C total de *E. oleraceae* Mart. está proporcionalmente dividido entre seus compartimentos, sendo: cachos e frutos (10,72%;  $\bar{x} = 0,848 \pm 0,19$  kg), folhagem (10,73%;  $\bar{x} = 0,885 \pm 0,46$  kg), raízes (29,63%;  $\bar{x} = 2,444 \pm 0,66$  kg), fuste ou estipe (46,95%;  $\bar{x} = 3,883 \pm 3,04$  kg) e palmito (2,50%;  $\bar{x} = 0,198 \pm 0,12$  kg). Os autores relataram valores de  $R^2_{aj}$  acima de 0,88 para todos os modelos alométricos ajustados para C total em função de DAP, altura total (ht) e altura do fuste (hf). No presente estudo, os modelos alométricos ajustados resultaram em valores inferiores a 0,40 para  $R^2_{aj}$ . Acredita-se que, ao quantificar o estoque de C presente apenas nos compartimentos de cachos e frutos em função de DC, tais modelos não conseguiram expressar toda a variação presente nos dados, melhor expressada quando levada em consideração o C total. Porém, tais modelos são úteis porque permitem a estimativa do estoque de C presente apenas em cachos e frutos, usualmente são as partes da planta exportadas do ambiente.

A avaliação da produção de frutos do cultivar açaí BRS-Pará demonstrou que em média a biomassa de frutos (BF), biomassa dos cachos (BC) e biomassa total (BT - cacho e frutos) foram superiores em plantio manejado com desbaste de plantas e manutenção de apenas um estipe solitário ( $P_2$ ) (Tabela 1). A variação da produção nos três compartimentos analisados foi superior em plantio manejado com desbaste em regime de touceira ( $P_3$ ). Porém, a quantidade de cachos por plantio foi semelhante em ambos sistemas de manejo. Em geral, a média da biomassa total de frutos e cachos ( $BT = 1,90 \pm 0,71$  kg) obtida em terra-firme foi superior ao valor encontrado por Miranda *et al.* (2012), que obtiveram média de  $1,71 \pm 0,66$  kg em populações naturais em solos alagados e várzeas, demonstrando o grande potencial deste cultivar.

**Table 1** – Evaluation of biomass present in the harvest of açaí BRS-Pará cultivar in the plantations managed in Southeast Roraima

**Tabela 1** – Avaliação da biomassa presente na safra do cultivar açaí BRS-Pará nos plantios manejados no Sudeste de Roraima

Plantations	Stipe management	BF (kg)	CV%	BC (kg)	CV%	BT (qte)	CV%	Cp (kg)	CV%
$P_2$	Thinning with single stipe	$2.33 \pm 0.56$	24	$0.27 \pm 0.09$	33	$2.24 \pm 0.50$	22	$5.67 \pm 1.23$	22
$P_3$	Clump thinning	$1.58 \pm 0.83$	53	$0.22 \pm 0.11$	52	$1.56 \pm 0.73$	47	$6.00 \pm 1.89$	32
Overall Average		$1.96 \pm 0.79$	41	$0.24 \pm 0.1$	43	$1.90 \pm 0.71$	37	$5.83 \pm 1.58$	27

BF = fruit biomass, in kg; CV% = coefficient of variation expressed as a percentage; BC = bunches biomass without fruits, in kg; BT = total biomass (fruits and bunch), in kg; Cp = Bunches of fruit per plant. NOTE: values referring to the mean and standard deviation.

BF = biomassa dos frutos, em kg; CV% = coeficiente de variação expresso em porcentagem; BC = biomassa do cacho, em kg; BT = biomassa total (frutos + cacho), em kg; Cp = cachos de frutos por planta. OBS: valores referentes à média e desvio padrão.

The observed values for biomass, the average C stock in fruits (CF), bunch (CC), and total (CT - fruits and bunch) were higher in açai palm trees in plantation managed with solitary stipe ( $P_2$ ) (Table 2).

Planting managed in thinning regime with a single stipe, at 3x3 m spacing ( $P_2$ ), had a higher total C stock in fruits and bunches concerning planting managed in clump regime at 5x5 m spacing ( $P_3$ ) (Table 3).

Corroborando os valores observados para biomassa, o estoque de C médio nos frutos (CF), cacho (CC) e total (CT - frutos e cacho) foi superior nos açazeiros em plantio manejado com estipe solitário ( $P_2$ ) (Tabela 2).

O plantio manejado em regime de desbaste com estipe solteiro, em espaçamento 3 x 3 m ( $P_2$ ), teve maior estoque de C total nos frutos e cachos em relação ao plantio manejado em regime de touceira em espaçamento 5 x 5 m ( $P_3$ ) (Tabela 3).

**Table 2** – Evaluation of the carbon (C) stock present in the harvest of açai BRS-Pará cultivar in the plantations managed in Southeast Roraima

**Tabela 2** – Avaliação do estoque de C presente na safra do cultivar açai BRS-Pará nos plantios manejados no Sudeste de Roraima

Plantations	Stipe management	CF (kg)	CV%	CC (kg)	CV%	CT (kg)	CV%
$P_2$	Thinning with single stipe	1.17 ± 0.28	24	0.13 ± 0.04	33	1.12 ± 0.25	22
$P_3$	Clump thinning	0.79 ± 0.42	53	0.11 ± 0.06	52	0.78 ± 0.36	47
<b>Overall Average</b>		<b>0.98 ± 0.40</b>	<b>41</b>	<b>0.12 ± 0.05</b>	<b>43</b>	<b>0.95 ± 0.35</b>	<b>37</b>

CF = C stock in fruits, in kg; CV% = coefficient of variation expressed as a percentage; CC = C stock in the bunch, in kg; CT = total C stock (fruits and bunch), in kg. NOTE: values referring to the mean and standard deviation.

CF = estoque de C dos frutos, em kg; CV% = coeficiente de variação em porcentagem; CC = estoque de C no cacho, em kg; CT = estoque de C total (frutos + cacho), em kg. OBS: valores referentes à média e desvio padrão.

**Table 3** – Evaluation of C stock and economic valuation of the cultivar açai BRS-Pará in managed plantations in Southeast of Roraima

**Tabela 3** – Avaliação do estoque de C e valoração econômica do cultivar açai BRS-Pará em plantios manejados no Sudeste de Roraima

Plant.	Stipe management	Esp. (m <sup>2</sup> )	N	Average Carbon (kg)				Carbon (Mg ha <sup>-1</sup> )				Economic valuation R\$	
				CF	CC	CT	Cp	CF	CC	CT	Cp	Pulp	MDL
$P_2$	Thinning with single stipe	3 x 3	1111	1.165	0.133	1.122	5.7	7.3	0.8	7.1	1.8	18.342	706
$P_3$	Clump thinning	5 x 5	400	0.792	0.108	0.780	6.0	5.0	0.7	4.9	1.2	12.466	491

Plant. = Plantations; Esp. = spacing per plant, in m<sup>2</sup>; N = number of plants per hectare; CF = C stock in fruits; CC = C stock in the bunch; CT = total C stock (fruits and bunch); Cp = C stock in the pulp (25% of CF); Pulp = economic yield from the pulps sales at 10.00 reais each; CDM = economic yield in the CDM project considering the hypothetical price paid for the carbon stored per hectare around R\$ 100.00 per ton.

Esp. = espaçamento por planta, em m<sup>2</sup>; N = n<sup>o</sup> de plantas por hectare; CF = estoque de C dos frutos; CC = estoque de C no cacho; CT = estoque de C total (frutos + cacho); Cp = estoque de C de polpa (25% de CF); Polpa = rendimento econômico da venda de polpas a 10 reais cada; MDL = rendimento econômico em projeto de MDL considerando o preço hipotético pago pelo C estocado por hectare em torno de R\$100,00 a tonelada.

Considering the hypothetical value of R\$100.00 per ton of the price paid for the C stored per hectare in CDM projects, the two crops stocking large quantities of C, only in the fruits and bunches ( $P_2 = 7.1 \text{ Mg. ha}^{-1}$ ;  $P_3 = 4.9 \text{ Mg. ha}^{-1}$ ). These results show that reforestation with açaí is an alternative for sustainable land use, as it promotes the relocation of atmospheric C in human food (pulp) and the soil organic matter through the use of its residues (bunch and pulped seeds) in fertilization. Studies involving management techniques, economic valuation, economic and environmental viability, as well as the commercialization of açaí (NOGUEIRA; SANTANA, 2016), are relevant in consolidating sustainable alternatives for land use in the Amazonia.

The species *E. precatória* and *E. olearecae* showed the importance in the phytosociological context, which is influenced by environmental gradients, mainly by the proximity of water bodies. Water can be considered a determining factor in the success of Euterpe plantation management (COSTA *et al.*, 2009; GOMES *et al.*, 2016).

Lately, the human being has been using land in the Amazonian in a disharmonious way with nature, disrespecting the intrinsic values for maintaining the biodiversity of fauna and flora. Native populations of *E. precatória* and *E. oleraceae* have historically been exploited irrationally in the Amazonian.

A considerable part has been destroyed by increased deforestation and selective exploitation of illegal timber in the Amazonian, in addition to forest fires (CRIVELLI *et al.*, 2017; CONDÉ *et al.*, 2019). Several studies demonstrate the importance of native and planted forests to mitigate climate change due to the great potential for forest C stock (GRACE *et al.*, 2014; BIRDSEY; PAN, 2015; LEWIS *et al.*, 2015; HIGUCHI, 2016).

The plantations managed with *E. oleraceae* species on dry land represent a promising and sustainable alternative for land use at Amazonian. In addition to generating high pulp production, good economic yield and an increase in the forest carbon stock per hectare, it can also be used successfully in reforestation, agroforestry systems (SAF'S) and recovery of degraded areas involving CDM projects, contributing to the maintenance of the Earth's climatic balance.

## CONCLUSIONS

Fruit production of açaí BRS-Pará cultivar was superior in managed planting with thinning restriction of only one stipe remaining (single);

Both managed plantations can be considered as a sustainable alternative for land uses, enabling the increase of the forest carbon stock.

Considerando o valor hipotético de R\$100,00 a tonelada do preço pago pelo C estocado por hectare em projetos de MDL, os dois plantios estocam quantidades consideráveis de C apenas nos frutos e cachos ( $P_2 = 7,1 \text{ Mg. ha}^{-1}$ ;  $P_3 = 4,9 \text{ Mg. ha}^{-1}$ ). Esses resultados mostram que o reflorestamento com açaí é uma alternativa de uso sustentável da terra, pois promove a realocação do C atmosférico na alimentação humana (polpa) e na matéria orgânica do solo pelo uso de seus resíduos (cacho e sementes despulpadas) na adubação. Estudos que envolvem técnicas de manejo, valoração econômica, viabilidade econômica e ambiental, bem como a comercialização do açaí (NOGUEIRA; SANTANA, 2016), são importantes na consolidação de alternativas sustentáveis de usos da terra na Amazônia.

As espécies *E. precatória* e *E. olearecae* demonstraram importância no contexto fitossociológico, sendo influenciadas por gradientes ambientais, principalmente pela proximidade de corpos hídricos. A água pode ser considerada um fator determinante no sucesso da gestão de plantios do gênero Euterpe (COSTA *et al.*, 2009; GOMES *et al.*, 2016).

Ultimamente, o homem tem realizado o uso da terra na Amazônia de forma desarmônica com a natureza. Desrespeitando os valores intrínsecos à manutenção da biodiversidade da fauna e flora. Populações nativas de *E. precatória* e *E. oleraceae* têm sido historicamente exploradas irracionalmente na Amazônia.

Boa parte tem sido destruída pelo aumento do desmatamento e exploração seletiva de madeira ilegal na Amazônia, além dos incêndios florestais (CRIVELLI *et al.*, 2017; CONDÉ *et al.*, 2019). Diversos estudos demonstram a importância das florestas nativas e plantadas para a mitigação das mudanças climáticas devido ao grande potencial de estoque de C florestal (GRACE *et al.*, 2014; BIRDSEY; PAN, 2015; LEWIS *et al.*, 2015; HIGUCHI, 2016).

Os plantios manejados com a espécie *E. oleraceae* em terra firme representam uma alternativa promissora e sustentável de uso da terra na Amazônia, porque além de gerar alta produção de polpa, com bom rendimento econômico e incremento do estoque de carbono florestal por hectare, também podem ser utilizados com sucesso em reflorestamentos, sistemas agroflorestais (SAF'S) e recuperação de áreas degradadas envolvendo projetos de MDL, contribuindo para a manutenção do equilíbrio climático da Terra.

## CONCLUSÕES

A produção de frutos do cultivar açaí BRS-Pará foi superior em plantio manejado com desbaste de restrição de apenas um estipe remanescente (solteiro);

Ambos os plantios manejados podem ser considerados alternativas sustentáveis de usos da terra, possibilitando o incremento do estoque de carbono florestal.

## CITED SCIENTIFIC LITERATURE

- BIRDSEY, R.; PAN, Y. Trends in management of the world's forests and impacts on carbon stocks. **Forest Ecology and Management**, v. 355, p. 83-90, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2015.04.031>
- CONDÉ, T. M.; SILVA, F.; SOUZA, A. L.; LEITE, H. G.; GARCIA, E. A.; COSTA, W. S.; CHAVES, A. S.; LOPES, P. F. Exotic palms threatens native palms: a risk to plant biodiversity of atlantic forest. **Revista Árvore**, v. 42, n. 2, e420216, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1806-90882018000200016>
- CONDÉ, T. M.; HIGUCHI, N.; LIMA, A. J. N. Illegal Selective Logging and Forest Fires in the Northern Brazilian Amazon. **Forests**, v. 10, n. 61, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/f10010061>
- COSTA, F. R. C.; GUILLAUMET, J. L.; LIMA, A. P.; PEREIRA, O. S. Gradients within gradients: The mesoscale distribution patterns of palms in a central Amazonian forest. **Journal of Vegetation Science**, v. 20, p. 69-78, 2009. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1654-1103.2009.05314.x>
- CRIVELLI, B. R. S.; GOMES, J. P.; MORAIS, W. W. C.; CONDÉ, T. M.; SANTOS, R. L.; BONFIM FILHO, O. S. Caracterização do setor madeireiro de Rorainópolis, sul de Roraima. **Ciência da Madeira**, v. 8, n. 3, p. 142-150, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.12953/2177-6830/rcm.v8n3p142-150>
- FARIAS NETO, J. T.; RESENDE, M. D. V.; OLIVEIRA, M. S. P. Seleção simultânea em progênies de açaizeiro irrigado para produção e peso do fruto. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. 2, p. 532-539, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452011000200025>
- GOMES, J. P.; CONDÉ, T. M.; SANTOS, R. L.; DIONISIO, L. F. S.; DUARTE, O. R.; MIRANDA, D. L. C.; SILVA, F. Efeitos de gradientes ambientais na fitossociologia de assembleias de palmeiras no sudeste de Roraima, Brasil. **Nativa**, v. 4, n. 5, p. 317-327, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.14583/2318-7670.v04n05a08>
- GRACE, J.; MITCHARD, E.; GLOOR, E. Perturbations in the carbon budget of the tropics. **Global Change Biology**, v. 10, p. 3238-3255, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/gcb.12600>
- HIGUCHI, N. O papel da floresta amazônica como mitigadora dos efeitos da mudança climática global pretérita. Disponível em: <http://florestal.revistaopinioes.com.br/revista/detalhes/7-floresta-amazonica-r-mudancas-climaticas/>. Acessado em: 7 de novembro de 2016.
- HOMMA, A. K. O. **Extrativismo vegetal na Amazônia: história, ecologia, economia e domesticação**. Brasília: Embrapa Amazônia Oriental, 2014. 468 p.
- IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. **Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry, Japan (2003)**. Disponível em: [https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpplulucf/gpplulucf\\_files/GPG\\_LULUCF\\_FULL.pdf](https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpplulucf/gpplulucf_files/GPG_LULUCF_FULL.pdf). Acessado em: 06 de janeiro de 2011.
- LEWIS, S. L.; EDWARDS, D. P.; GALBRAITH, D. Increasing human dominance of tropical forests. **Science**, v. 349, p. 827-832, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1126/science.aaa9932>
- MDA. Ministério do Desenvolvimento Agrário. Plano Territorial de Desenvolvimento Rural Sustentável - Propostas de Políticas Públicas para O Território Sul de Roraima. Disponível em: [http://sit.mda.gov.br/download/ptdrs/ptdrs\\_qua\\_territorio091.pdf](http://sit.mda.gov.br/download/ptdrs/ptdrs_qua_territorio091.pdf). Acessado 15 dezembro de 2010.
- 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: <http://dx.doi.org/10.4322/loram.2012.039>
- MIRANDA, D. L. C.; ANGELIN, T. B.; LISBOA, G. S.; SILVA, F.; GOUVEIA, D. M.; CONDÉ, T. M.; SILVA, C. S. Modelos estatísticos para estimativa do volume de árvores de *Parkia gigantocarpa* Ducke, em plantios experimentais em Mato Grosso. **Nativa**, v. 4, n. 1, p. 1-6, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.14583/2318-7670.v04n01a01>
- NOGUEIRA, A. K. M.; SANTANA, A. C. Benefícios socioeconômicos da adoção de novas tecnologias no cultivo do açaí no Estado do Pará. **Revista Ceres**, v. 63, n. w1, p. 001-007, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0034-737X201663010001>

OLIVEIRA, M. J. S. P.; FARIAS NETO, J. T. **Cultivar BRS-Pará: açaizeiro para produção de frutos em terra firme**. Embrapa Amazônia Oriental. Comunicado técnico, 2004. 3 p.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing (v. 2015)**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: <<http://www.R-project.org/>>. Acessado 07 fevereiro de 2018.

SANTANA, M. F. S.; LIMA, A. K. V. O.; MOURÃO, M. Avaliação Prospectiva do Açaí: Análise através dos pedidos de patentes e referências bibliográficas. **Gestão, Inovação e Tecnologias**, v. 4, n. 1, p. 437-452, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.7198/geintec.v4i1.134>

SANTOS, A. S.; CAZETTA, E.; DODONOV, P.; FARIA, D.; GAIOTTO, F. A. Landscape-scale deforestation decreases gene flow distance of a keystone tropical palm, *Euterpe edulis* Mart (Arecaceae). **Ecology and Evolution**, v. 6, n. 18, p. 6586-6598, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/ece3.2341>

SOARES, C. P. B.; PAULA NETO, F.; SOUZA, A. L. **Dendrometria e Inventário Florestal**. 2. ed. Viçosa: Editora UFV, 2011. 272 p.

UNFCCC. United Nations Framework Convention on Climate Change. **CDM METHODOLOGY - BOOKLET**. Tenth edition, 2018. Disponível em: <<https://cdm.unfccc.int/methodologies/>>. Acessado em: 07 de fevereiro de 2019.