

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE RORAIMA**  
**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO**  
**CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROECOLOGIA**  
**MESTRADO ACADÊMICO EM ASSOCIAÇÃO COM**  
**EMBRAPA E IFRR**

**DISSERTAÇÃO**

**Crescimento, maturação e qualidade de frutos de cupuaçu [*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) K.Schum.] em um sistema agroflorestal no município de Cantá, Roraima**

**Pedro Vitor Pereira Guimarães**

**2018**



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE RORAIMA  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROECOLOGIA  
MESTRADO ACADEMICO EM ASSOCIAÇÃO COM EMBRAPA E  
IFRR**

**CRESCIMENTO, MATURAÇÃO E QUALIDADE DE FRUTOS DE CUPUAÇU  
[*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) K.Schum.] EM UM SISTEMA  
AGROFLORESTAL NO MUNICÍPIO DE CANTÁ, RORAIMA**

**PEDRO VITOR PEREIRA GUIMARÃES**

*Sob a Orientação da Professora*  
**Dra. Maria Fernanda Berlingieri Durigan**

Dissertação submetida como requisito parcial  
para obtenção do grau de **Mestre em  
Agroecologia**. Área de concentração em  
Agroecologia.

Boa Vista, RR  
Fevereiro de 2018

## **FOLHA DE APROVAÇÃO**

**PEDRO VITOR PEREIRA GUIMARÃES**

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Agroecologia. Área de concentração em Agroecologia.

---

Dra. Maria Fernanda Berlingieri Durigan  
Pesquisadora da Embrapa Roraima  
Orientadora

---

Dr. Rodrigo Leonardo Costa de Oliveira  
Professor da Universidade Estadual de Roraima  
Membro Titular

---

Dr. Luis Felipe Paes de Almeida  
Professor da Universidade Federal de Roraima  
Membro Titular

---

Dra. Flavia Antunes  
Professora da Universidade Estadual de Roraima  
Membro Titular

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, pela criação deste universo incrível e pela permissão da minha existência.

À Universidade Estadual de Roraima e ao Programa de Pós-graduação em Agroecologia pela oportunidade de realização do curso.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos (Demanda Social).

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo financiamento do projeto sob n. 445741/2014-7MCTI/CNPQ/Universal 14/2014.

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária pela contribuição intelectual, logística e financeira.

À Petrobras pelo patrocínio através do programa socioambiental (Projeto Cupuaçu Forte/nº 5850.0102917.16.2).

À professora Dra. Maria Fernanda Berlingieri Durigan, minha orientadora, pelos ensinamentos, compromisso, incentivo e confiança.

A todos os professores que tive durante o curso de mestrado, em especial, a doutora Hyanameyka Evangelista de Lima Primo e aos doutores Plínio Henrique de Oliveira Gomide e Edmilson Evangelista da Silva, pelo pronto atendimento, incentivo, conselhos e esclarecimentos diversos.

Aos professores do estágio de docência, Dra. Flávia Antunes e Dr. Rodrigo Leonardo Costa de Oliveira, pela supervisão, ensinamentos, confiança e oportunidade de vivenciar a realidade do educador.

Ao professor doutor José Fernando Durigan, pelas contribuições técnicas na etapa final do trabalho.

Aos colaboradores e colegas Andressa, Aurieli, Ayulle, Beatriz, Deysedy, Ezequiel, Felipe, Gabriella, Geovanna, Hannanda, Kelly, Marcos, Paula, Rafaela, Raimundo, Rosiere, Tayse e Welloryn pelo auxílio nas avaliações em campo e laboratório, e pelos momentos de descontração.

A toda minha família, pelo apoio integral durante minha formação, em especial, minha mãe, avó, irmã e meu pai.

À Carolina Soares Marques, pelo amor, incentivo, compreensão, contribuição e paciência.

A todas aquelas pessoas que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

## RESUMO GERAL

GUIMARÃES, Pedro Vitor Pereira. **Crescimento, maturação e qualidade de frutos de cupuaçu** [*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) K.Schum.] **em um sistema agroflorestal no município de Cantá, Roraima**. 86 p. Dissertação (Mestrado em Agroecologia). Universidade Estadual de Roraima, Boa Vista, Roraima, 2018.

Em Roraima, extremo norte do Brasil, não há registros sobre o crescimento, desenvolvimento e maturação de cupuaçuzeiro [*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) K.Schum.]. Isto evidencia a necessidade de estudos visando gerar informações técnicas para empreendimentos na região, uma vez que a produção e a comercialização desse fruto são consideradas atividades importantes para a região, especialmente, para agricultura familiar. Objetivou-se neste trabalho contribuir para o aprimoramento do cultivo de cupuaçuzeiro em sistema agroflorestal, observando e registrando eventos fenológicos nas condições do município de Cantá, Roraima, com determinação da curva de crescimento e maturação de frutos. Apresenta como estrutura básica três capítulos, visando acompanhar e registrar os eventos fenológicos, com caracterização da curva de crescimento, desenvolvimento e maturação de frutos de cupuaçu. Verificou-se também a qualidade de polpas congeladas dos frutos de plantas com diferentes níveis de susceptibilidade ao ataque de vassoura-de-bruxa [*Moniliophthora perniciosa* (Stahel)], principal doença da cultura. O primeiro capítulo teve como objetivo caracterizar o crescimento e desenvolvimento dos frutos de cupuaçu cultivados em sistema agroflorestal. O experimento foi conduzido durante a safra 2016/17, entre os meses de outubro de 2016 e abril de 2017, instalado no Campo Experimental Confiança da Embrapa Roraima. O período de desenvolvimento dos frutos foi de 180 dias a partir da abertura da flor (antese), até a abscisão do fruto. A floração e frutificação inicial dos frutos ocorreram em época de seca, nos meses de outubro e novembro, respectivamente. Os diâmetros polar e equatorial dos frutos apresentaram crescimento que se ajustaram ao modelo sigmoidal simples. Os frutos com maturidade fisiológica apresentaram formatos do tipo oblongo, elíptico e ovoide, com constrição basal variando de ligeiro a forte e ápice variando de agudo a redondo. O segundo capítulo teve por objetivo caracterizar a maturidade fisiológica de frutos durante o crescimento, desenvolvimento e maturação. Os dados também foram coletados de outubro de 2016 a abril de 2017, sendo as análises realizadas no laboratório de Pós-Colheita da Embrapa Roraima. A qualidade das polpas apresentou-se em conformidade com o recomendado para o padrão brasileiro estabelecido de identidade e qualidade de polpas. Observou-se aumento contínuo nos valores de acidez titulável, potencial hidrogeniônico, sólidos solúveis, relação sólidos solúveis:acidez titulável e cromaticidade durante o desenvolvimento e maturação dos frutos. As tonalidades das cores dos componentes frutos (epicarpo, endocarpo e sementes) não foram tão evidentes por causa dos baixos valores de cromaticidade. Os epicarpes dos frutos avaliados mostravam tonalidade marrom alaranjada na maior parte do período de desenvolvimento. Os endocarpes apresentaram tonalidade amarelada desde o início da produção de polpa até a maturidade fisiológica. As sementes apresentaram tonalidade vermelho alaranjado. Das características utilizadas para mensurar o desenvolvimento e maturação fisiológica dos frutos, as que se mostraram mais associadas foram os teores de sólidos solúveis, o potencial hidrogeniônico e a coloração, indicada pela luminosidade, cromaticidade e ângulo *hue* das polpas e sementes. O terceiro capítulo objetivou caracterizar as polpas quando congeladas de frutos de plantas com diferentes níveis de susceptibilidade ao ataque da doença vassoura-de-bruxa, cultivadas no sistema

agroflorestal estudado procurando-se avaliar se há associação entre a qualidade agroindustrial da polpa e a níveis de susceptibilidade ao ataque de vassoura-de-bruxa. Cupuaçuzeiros suscetíveis e altamente susceptíveis apresentaram maior concentração de elementos minerais dissolvidos nas polpas do que as de plantas moderadamente resistentes e resistentes à vassoura-de-bruxa. As maiores diferenças entre as polpas desidratadas de cupuaçuzeiros resistentes e os altamente susceptíveis ao ataque de vassoura-de-bruxa foram nos teores de fósforo, ferro, nitrogênio, zinco, manganês, e especialmente, em boro, em que as plantas resistentes ao ataque do fungo apresentaram valores superiores. Observaram-se correlações negativas e positivas entre as características de qualidade agroindustrial das polpas de cupuaçuzeiros com diferentes níveis de susceptibilidade ao ataque de vassoura-de-bruxa.

**Palavras-chave:** Eventos fenológicos; Maturidade fisiológica, Vassoura-de-bruxa [*Moniliophthora perniciosa* (Stahel)].

## GENERAL ABSTRACT

GUIMARÃES, Pedro Vitor Pereira. Growth, maturation and fruit quality of *Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) K.Schum. in an agroforestry system in the State of Roraima. 86 p. Dissertation (Master in Agroecology). State University of Roraima, Boa Vista, Roraima, 2018.

In Roraima, in the extreme north of Brazil, there are no records on the growth, development and maturation of cupuaçuzeiro [*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) K.Schum.]. This presents the necessity for studies aiming for generate technical information for enterprises in the region, since the production and marketing of this fruit are considered important activities for the region. The objective of this work was to contribute to the improvement of cupuaçu cultivation in an agroforestry system, observing and recording its phenological events in the conditions of Cantá, Roraima, with determination of the growth curve and fruit maturation. It presents as basic structure three chapters, aiming to monitor and record the phenological events, with characterization of the curve of growth, development and maturation of fruits of cupuaçu. The quality of frozen pulps of the fruits of plants with different levels of susceptibility to the attack of witches' broom was also verified. The first chapter aimed to characterize the growth and development of cupuaçu fruits grown in an agroforestry system. The experiment was conducted during the 2016/17 harvest, between October 2016 and April 2017, installed in the Experimental Field of Embrapa Roraima. The period of development of the fruits was 180 days, from the opening of the flower (anthesis) until the fruit abscission. The initial blossoming and fruiting occurred in the dry season, in October and November, respectively. The polar and equatorial diameters of the fruits presented growth that conforms to the simple sigmoidal model. The fruits with physiological maturity presented oblong, elliptic and ovoid forms, with basal constriction varying from slight to strong and apex ranging from pointed to spherical. The second chapter aimed to characterize the physiological maturity of fruits during growth, development and maturation. The data were also collected from October 2016 to April 2017, and the tests were performed in the Post-Harvest Laboratory of Embrapa Roraima. The quality of the pulps was in accordance with the recommended for the established Brazilian standard of identity and quality of pulps. It was observed a continuous increase in the values of titratable acidity, hydrogenation potential, soluble solids, soluble solids ratio: titratable acidity and chromaticity during fruit development and maturation. The color tones of the fruit components (epicarp, endocarp and seeds) were not so evident because of the low chromaticity values. The evaluated fruit epicarp showed orange brown tonality during most of the development period. The endocarps presented yellowish tone from the beginning of the pulp production until the physiological maturity. The seeds are of orange-red color. From the characteristics used to measure the development and physiological maturation of the fruits, the soluble solids contents, the hydrogenation potential and the coloration, indicated by the luminosity, chromaticity and *hue* angle of the pulps and seeds were the most associated. The third chapter aimed to characterize frozen pulps from fruits of plants cultivated in the agroforestry system studied, with different levels of susceptibility to the attack of the witch-broom disease [*Moniliophthora perniciosa* (Stahel)], trying to evaluate if there is an association between quality and levels of susceptibility to witch-broom attack. Susceptible and highly susceptible cupuaçuzeiros presented a higher concentration of mineral elements dissolved in the pulps than those of moderately resistant plants and resistant plants to the witches' broom. The major differences between the dried pulps of resistant cupuaçuzeiros and those highly susceptible to the attack of witch-brooms were the levels of phosphorus, iron, nitrogen, zinc, manganese, and especially those of boron, in which plants resistant to attack of the fungus presented

higher values. Negative and positive correlations were observed between the agroindustrial quality characteristics of the cupuaçu fruit pulps with different levels of susceptibility to the witch's broom attack.

**Keywords:** Phenological events; Physiological maturity, Witch's broom [*Moniliophthora perniciosa* (Stahel)].



## ÍNDICE DE TABELAS

	<b>Página</b>
<b>Tabela 1.</b> Modelos logísticos ajustados para os diâmetros polares e equatorial do fruto em função dos dias de desenvolvimento do fruto de cupuaçu no Campo Experimental Confiança, Cantá, Roraima, Brasil. (GUIMARÃES, 2018).	36
<b>Tabela 2.</b> Matriz de correlação linear simples entre os dias de avaliação e as variáveis avaliadas no crescimento e desenvolvimento de frutos de cupuaçu avaliados durante 180 dias em sistema agroflorestal no Campo Experimental Confiança, no município de Cantá, Roraima, Brasil. (GUIMARÃES, 2018).	36
<b>Tabela 3.</b> Modelos ajustados para diferentes variáveis em função dos dias de desenvolvimento do fruto de cupuaçu em sistema agroflorestal no Campo Experimental Confiança, no município de Cantá, Roraima, Brasil. (GUIMARÃES, 2018).	47
<b>Tabela 4.</b> Características fisiológicas, físicas e físico-químicas de frutos de cupuaçu com maturidade fisiológica (180° dia) colhidos em agroflorestal no Campo Experimental Confiança, no município de Cantá, Roraima, Brasil. (GUIMARÃES, 2018).	53
<b>Tabela 5.</b> Matriz de correlação linear simples entre as variáveis de crescimento e desenvolvimento de frutos de cupuaçu cultivado em sistema agroflorestal no Campo Experimental Confiança, no município de Cantá, Roraima, Brasil. (GUIMARÃES, 2018).	54
<b>Tabela 6.</b> Matriz de correlação linear simples entre as variáveis de qualidade e maturação avaliadas a partir do 90° dia de acompanhamento do desenvolvimento de frutos de cupuaçuzeiros cultivados em sistema agroflorestal no Campo Experimental Confiança, no município de Cantá, Roraima, Brasil. (GUIMARÃES, 2018).	55
<b>Tabela 7.</b> Caracterização física e química de polpas de cupuaçu produzidas em sistema agroflorestal no Campo Experimental Confiança, no município de Cantá, Roraima, Brasil e classificadas quanto ao nível de susceptibilidade à vassoura-de-bruxa. (GUIMARÃES, 2018).	64
<b>Tabela 8.</b> Coloração de polpa de cupuaçus produzidos em sistema agroflorestal no Campo Experimental Confiança, no município de Cantá, Roraima, Brasil com diferentes níveis de susceptibilidade a vassoura-de-bruxa. (GUIMARÃES, 2018).	65
<b>Tabela 9.</b> Valores médios de macronutrientes de polpas de cupuaçu produzidas em sistema agroflorestal no Campo Experimental Confiança, no município de Cantá, Roraima, Brasil classificadas quanto o nível de susceptibilidade a doença vassoura-de-bruxa. (GUIMARÃES, 2018).	67
<b>Tabela 10.</b> Valores médios de micronutrientes de polpas de cupuaçu produzidas em sistema agroflorestal no Campo Experimental Confiança, no município de Cantá, Roraima, Brasil classificadas quanto o nível de susceptibilidade a doença vassoura-de-bruxa. (GUIMARÃES, 2018).	68
<b>Tabela 11.</b> Matriz de correlação linear simples das características de qualidade de	71

polpas de cupuaçu e porcentagem de infestação de vassoura-de-bruxa em cupuaçuzeiros cultivados em sistema agroflorestal no Campo Experimental Confiança, no município de Cantá, Roraima, Brasil. (GUIMARÃES, 2018).

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Página</b>
<b>Figura 1.</b> Botões florais de cupuaçu (A), flor e resquício floral (B), fruto rachado (C), fruto deformado (D) e fruto com presença de fungo (E). (GUIMARÃES, 2018).	30
<b>Figura 2.</b> Valores totais de número de botões florais (NBF), número de flores e/ou resquícios florais (NFL) e número de frutos total (NF) avaliados durante o crescimento e maturação de frutos de cupuaçu cultivados em sistema agroflorestal no Campo Experimental Confiança, no município de Cantá, Roraima, Brasil.	32
<b>Figura 3.</b> Porcentagens de frutos de cupuaçu viáveis (FV), deformados e/ou mumificados (FDM), com presença de insetos (FPI), com presença de fungos (FPF) e rachados (FR) durante crescimento e maturação de frutos de cupuaçu cultivados em sistema agroflorestal no Campo Experimental Confiança, no município de Cantá, Roraima, Brasil.	33
<b>Figura 4.</b> Registro de formigas (Hymenoptera: Formicidae) em ramo, pedúnculo floral, flor, resquício floral (A) e fruto de cupuaçu (B) em estágio inicial de desenvolvimento, no Campo Experimental Confiança, Cantá, Roraima, Brasil. (GUIMARÃES, 2018).	34
<b>Figura 5.</b> Ramo de cupuaçuzeiro afetado pela doença vassoura-de-bruxa (A), ramo com superbrotação e frutos deformados devido ao ataque da doença (B) e fruto em estado de “mumificação” (C), registros realizados no Campo Experimental Confiança, Cantá, Roraima, Brasil. (GUIMARÃES, 2018).	35
<b>Figura 6.</b> Diâmetro polar (DPF) e diâmetro equatorial (DEF) de frutos durante crescimento e maturação de frutos de cupuaçu cultivados em sistema agroflorestal no Campo Experimental Confiança, no município de Cantá, Roraima, Brasil.	35
<b>Figura 7.</b> Valores médios de massa fresca (MFF) e massa seca (MSF) de frutos, durante o crescimento e a maturação de frutos de cupuaçu cultivados em sistema agroflorestal no Campo Experimental Confiança, no município de Cantá, Roraima, Brasil.	48
<b>Figura 8.</b> Valores médios de diâmetro polar (DPF) e diâmetro equatorial (DEF) de frutos, durante o crescimento e a maturação de frutos de cupuaçu cultivados em sistema agroflorestal no Campo Experimental Confiança, no município de Cantá, Roraima, Brasil.	48
<b>Figura 9.</b> Valores médios de acidez titulável (AT) e potencial hidrogeniônico (pH) da polpa, durante o crescimento e a maturação, de frutos de cupuaçu cultivados em sistema agroflorestal no Campo Experimental Confiança, no município de Cantá, Roraima, Brasil.	49
<b>Figura 10.</b> Teores médios de sólidos solúveis (SS) e da relação sólidos solúveis/acidez titulável (SS:AT) da polpa, durante crescimento e maturação, de frutos de cupuaçu cultivados em sistema agroflorestal no Campo Experimental Confiança, no município de Cantá, Roraima, Brasil.	50
<b>Figura 11.</b> Valores médios da luminosidade (L*) do epicarpo, endocarpo e semente,	51

durante crescimento e maturação em frutos de cupuaçu cultivados em um sistema agroflorestal no Campo Experimental Confiança, no município de Cantá, Roraima, Brasil.

**Figura 12.** Valores médios de cromaticidade ( $C^*$ ) do epicarpo, endocarpo e semente, durante crescimento e maturação em frutos de cupuaçu cultivados em sistema agroflorestal no Campo Experimental Confiança, no município de Cantá, Roraima, Brasil. 51

**Figura 13.** Valores médios de ângulo *hue* ( $h^\circ$ ) do epicarpo, endocarpo e semente, durante crescimento e maturação em frutos de cupuaçu cultivados em sistema agroflorestal no Campo Experimental Confiança, no município de Cantá, Roraima, Brasil. 52

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

**ANOVA:** análise de variância  
**AT:** acidez titulável  
**B(OH)<sub>3</sub>:** ácido bórico indissociado  
**Ca<sup>2+</sup>:** cátion de cálcio bivalente  
**C\*:** cromaticidade  
**C\*En:** cromaticidade do endocarpo  
**C\*Ep:** cromaticidade do epicarpo  
**C\*S:** cromaticidade da semente  
**CE:** condutividade elétrica  
**CEC:** Campo Experimental Confiança da Embrapa Roraima  
**Cu<sup>2+</sup>:** cátion de cobre bivalente  
**DEF:** diâmetro equatorial do fruto  
**DPF:** diâmetro polar do fruto  
**FDM:** porcentagem de frutos deformados e/ou mumificados  
**Fe<sup>2+</sup>:** cátion de ferro bivalente  
**FPF:** porcentagem de frutos com presença de fungos  
**FR:** porcentagem de frutos rachados  
**FV:** porcentagem de frutos viáveis  
**h°:** ângulo *hue*  
**h°En:** ângulo *hue* do endocarpo  
**h°Ep:** ângulo *hue* do epicarpo  
**h°S:** ângulo *hue* da semente  
**HPO<sub>4</sub><sup>2-</sup>:** ânion fosfato divalente  
**H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup>:** ânion fosfato monovalente  
**IM:** índice de maturação  
**K<sub>2</sub>O:** óxido de potássio  
**L\*:** luminosidade  
**L\*En:** luminosidade do endocarpo  
**L\*Ep:** luminosidade do epicarpo  
**L\*S:** luminosidade da semente  
**Lab PAC:** Laboratório de Pós-Colheita e Agroindústria da Embrapa Roraima  
**MF:** massa fresca do fruto  
**Mg<sup>2+</sup>:** cátion de magnésio bivalente  
**MSF:** massa seca do fruto  
**NBF:** número de botões florais  
**NFL:** número de flores e/ou resquícios florais  
**NH<sub>4</sub><sup>+</sup>:** amônia  
**NO<sub>3</sub><sup>-</sup>:** nitrato  
*p:* valor *p* de Pearson  
**pH:** potencial hidrogeniônico  
**PIQ's:** padrões de identidade e qualidade de polpas  
**Q.M.R.:** quadrado médio dos resíduos  
**R<sup>2</sup>:** coeficiente de determinação  
**SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>:** ânion sulfato bivalente  
**SS:** sólidos solúveis  
**SS:AT:** relação sólidos solúveis/acidez titulável  
**TSD:** total de sais dissolvidos  
**Zn<sup>2+</sup>:** cátion de zinco bivalente

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	14
Descrição botânica .....	17
Cultura do cupuaçu.....	17
Floração e frutificação.....	19
Desenvolvimento dos frutos.....	20
Colheita e pós-colheita .....	22
<b>CAPÍTULO I - CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DE FRUTOS DE CUPUAÇU [<i>Theobroma grandiflorum</i> (WILLD. EX SPRENG.) K.SCHUM.] EM SISTEMA AGROFLORESTAL NO ESTADO DE RORAIMA, BRASIL</b> .....	24
RESUMO.....	25
ABSTRACT.....	26
INTRODUÇÃO .....	27
MATERIAL E MÉTODOS .....	29
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	32
CONCLUSÕES .....	38
<b>CAPÍTULO II – MATURAÇÃO FISIOLÓGICA DE FRUTOS DE CUPUAÇU [<i>Theobroma grandiflorum</i> (WILLD. EX SPRENG.) K.SCHUM.] EM SISTEMA AGROFLORESTAL NO ESTADO DE RORAIMA, BRASIL</b> .....	39
RESUMO.....	40
ABSTRACT.....	41
INTRODUÇÃO .....	42
MATERIAL E MÉTODOS .....	44
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	47
CONCLUSÕES .....	56
<b>CAPÍTULO III - QUALIDADE AGROINDUSTRIAL DAS POLPAS DE CUPUAÇUZEIROS INFLUENCIADOS PELA SUSCEPTIBILIDADE À VASSOURA-DE-BRUXA</b> .....	57
RESUMO.....	58
ABSTRACT.....	59
INTRODUÇÃO .....	60
MATERIAL E MÉTODOS .....	62
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	64
CONCLUSÕES .....	72
<b>CONCLUSÕES FINAIS</b> .....	73
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	74
<b>ANEXOS</b> .....	83

## INTRODUÇÃO GERAL

A região Amazônica é considerada o maior reservatório de recursos genéticos vegetais do mundo (ACEVEDO; CRUZ; HERRERA, 2009). Dentre as riquezas naturais encontradas, destacam-se as fruteiras, que têm sido apontadas como ótimas oportunidades de exploração econômica da rica diversidade vegetal da região, onde as espécies passíveis de industrialização apresentam maior potencial dada à abrangência de vários segmentos da cadeia produtiva (SOUZA; SOUSA, 2002).

O uso sustentável destes recursos pode ser uma opção à agricultura moderna e convencional, considerada como uma faceta expressiva da crise ambiental e da civilização contemporânea. A agricultura intensiva é baseada em aportes irracionais de capital e de energia que, além de contaminarem o ambiente e a saúde humana, corroboram para a estratificação e a exclusão social cada vez maior no mundo rural. Desestrutura a sociobiodiversidade local, que engloba tanto a base de recursos naturais como o patrimônio sociocultural de comunidades rurais, ambos essenciais para a continuidade da atividade produtiva ao longo do tempo (GAVIOLI, 2009).

Um dos recursos genéticos de fruteiras nativas mais importantes da região, tanto do ponto de vista econômico, como social é o cupuaçuzeiro [*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) K.Schum.] (SOUZA et al., 2011), cujo é destaque como fonte de renda e mão de obra para produtores rurais, especialmente, para agricultura familiar, indígena e pequenos produtores. Apresenta crescimento ereto, tendo o seu eixo principal crescimento ortotrópico, com altura entre 1 a 1,5 m, trifurcando-se em ramos plagiotrópicos (FRAIFE FILHO; PINTO; DANTAS, 2009). O fruto, em geral, é uma baga oblongada, elíptica ou orbicular, polispérmico, com extremidades obtusas, agudas ou redondas (ACEVEDO; CRUZ; HERRERA, 2009). Seus frutos são classificados como não climatéricos (BARRERA et al., 2006; HERNÁNDEZ; HERNANDEZ, 2012) e se desprendem da planta mãe quando maduros.

A cultura do cupuaçuzeiro constitui interessante alternativa para a exploração agrícola na Amazônia, dado a ampla diversidade de aproveitamento, possibilidades e oportunidades para a agroindústria, principalmente as pequenas e familiares, onde a polpa é utilizada para produção de bombons, sorvetes, licores, compotas, néctares, sucos, geleias, biscoitos, etc. As amêndoas são aproveitadas para a produção de chocolate, conhecido como cupulate, e/ou gordura fina semelhante à manteiga de cacau (FRAZÃO; VIÉGAS, 2006).

Correspondendo a cerca de 40% do peso total do fruto, a polpa é a responsável pelo sustento de praticamente todo o fluxo de produção, comercialização e industrialização, tendo mercado consolidado regionalmente (LORENZI, 2000), e em regiões do Brasil. De acordo com Alves; Filgueiras; Homma (2014), a polpa do cupuaçu tem sido exportada em pequena escala para o Japão e Estados Unidos da América. A polpa é uma importante matéria-prima para indústria de processamento, principalmente pelas características de acidez, teor de pectina, vitamina C, açúcares redutores, aroma ativo e sabor muito agradável (SOUZA et al., 1999). Lorenzi et al. (2006) também destacam a presença de niacina B3 (nicotinamida) na polpa de cupuaçu, vitamina atuante no metabolismo de proteínas, gorduras e carboidratos, protegendo a pele.

Os ramos de cosméticos e alimentos potenciais compradores do cupuaçu amazônico. Marronato et al. (2016) desenvolveram protetores solares com ingredientes de origem vegetal amazônica. Os resultados obtidos não indicaram incremento no valor do fator de proteção solar ou ampliação no espectro de absorção para as formulações contendo manteigas vegetais

de murumuru (*Astrocaryum murumuru* Mart.), cacau (*Theobroma cacao* L.) e cupuaçu. Contudo, ressaltaram que o uso dessas manteigas em protetores solares pode ser benéfico devido às suas características emolientes e antioxidantes. Em busca de novos produtos a base de polpas de frutas da região Amazônica, Prazeres et al. (2017), introduziram a polpa de cupuaçu às barras de cereais, que se destacaram pela maior aceitação sensorial, quando comparadas às barras com açaí e taperebá, sabores consolidados no mercado nacional.

Em Roraima, o cupuaçu tem sido cultivado principalmente em Sistema Agroflorestal (SAF) e em pequenas áreas de monocultivo, pequenos pomares rurais, quintais urbanos e em comunidades indígenas (LIMA et al., 2014). Estes são sistemas de uso e ocupação do solo, com alta diversidade de espécies animais, frutíferas, florestais e outras interações ecológicas em uma mesma unidade de manejo, de acordo com um arranjo espacial e temporal (ABDO; VALERI; MARTINS, 2008). Por ser uma árvore de sub-bosque tolerante a sombra, o cupuaçuzeiro têm amplas possibilidades de consórcio com culturas extrativistas. Entretanto, após colheitas de até 1.200 kg ha<sup>-1</sup> de frutos em SAF, houve retração na produtividade desta cultura em Roraima, devido a problemas relacionados ao desconhecimento tecnológico para a condução da cultura, deficiências nutricionais, bem como a ocorrência da doença vassoura-de-bruxa, que somados, causaram prejuízos imediatos (LIMA et al., 2014).

A colheita, ou coleta de frutos no chão, deve ser feita diariamente, preferencialmente duas vezes ao dia, evitando a depreciação da polpa. Em contato com o solo, há aceleração da perda de massa fresca, contaminação por microrganismos e deterioração direta da qualidade da polpa, o que reforça a importância do preparo e organização do cronograma de coleta de frutos para o produtor rural (SOUZA et al., 1999; GONDIM et al., 2001) e para toda a região. Portanto, o conhecimento dos eventos fenológicos, bem como da curva de maturação desta fruta garante melhor qualidade aos frutos e seus produtos, pois evita perda na pós-colheita (HERNÁNDEZ; HERNÁNDEZ, 2012), aumentando a rentabilidade da cultura.

No Estado de Roraima, extremo norte do Brasil, não há registros sobre a fenologia, crescimento, desenvolvimento e maturação dos frutos de cupuaçu. Isto evidencia a necessidade de estudos visando gerar informações técnicas fundamentais para empreendimentos da região, uma vez que a produção e a comercialização desse fruto são consideradas atividades importantes, principalmente, para agricultura familiar. Além disso, os registros fenológicos sobre esta importante cultura nas condições da Amazônia brasileira, limitam-se aos realizados por Falcão; Lleras (1983) e Falcão et al. (1999) em Manaus, Brasil, em Venturieri (2011) no Pará, Brasil, e por Hernandez et al. (2006), Hernandez et al. (2010) e Hernández; Hernandez (2012) na Amazônia colombiana.

O desconhecimento dos padrões reprodutivos das espécies vegetais presentes nas propriedades agrícolas pode conduzir ao insucesso do empreendimento agroflorestal planejado pelo agricultor. Contudo, em muitas situações essa, pode ser evitado ou amenizado com o conhecimento da fenologia das espécies a serem utilizadas pelo agricultor no sistema agroflorestal (FREIRE; SANTOS; OLIVEIRA, 2010), sabendo a época que será necessária mais mão-de-obra na propriedade, a fins de manter os tratamentos culturais e colheita, preferencialmente, escalonada com cultivos secundários.

Os dados obtidos neste estudo poderão ser utilizados para acompanhamento de safras, servindo como calendário agrícola/guia da cultura, pois, permitirá estabelecer a fenologia, o crescimento e a maturação dos frutos de cupuaçu, assim como planejar o momento da coleta e beneficiamento de frutos, garantindo a integridade e qualidade do fruto, reduzindo as perdas pós-colheita, e conseqüentemente, impactando positivamente na rentabilidade da cultura. Bem



como, essas informações poderão ser comparadas às de outras regiões Amazônicas e brasileiras, onde estes dados já são conhecidos, fornecendo dados para aprimorar a produção e comercialização local do cupuaçuzeiro.

Este trabalho objetivou contribuir para o aprimoramento do cultivo de cupuaçu em sistema agroflorestal em Roraima, observando e registrando os eventos fenológicos, além de determinar a curva de crescimento e maturação de frutos de cupuaçuzeiro nas condições do Campo Experimental Confiança da Embrapa Roraima, no município de Cantá, Roraima, Brasil.

## REVISÃO DE LITERATURA

### Descrição botânica

A espécie está ordenada hierarquicamente na seguinte sequência: tipo Magnoliophyta, classe Magnoliopsida, Subclasse Dilleniidae; ordem Malvales, Família Malvaceae, gênero: *Theobroma*; espécie: *Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) K.Schum. (ACEVEDO; CRUZ; HERRERA, 2009). É uma fruteira tropical, de fecundação cruzada, diploide, que ocupa normalmente o subdossel da floresta Amazônica de terra firme (CALZAVARA; MULLER; KAHWAGE, 1984; ALVES et al., 2003). Atualmente está distribuída por toda a bacia Amazônica (SOUZA et al., 1999).

É uma árvore lenhosa de ciclo perene, com hábito de crescimento ereto e semiereto (ROJAS et al., 1998), que em condições naturais ou espontâneas podem alcançar até 30 metros de altura e diâmetro na altura do peito superior (DAP) a 100 cm, reportando-se árvores produtivas de até 80 anos. Há registros de que em condições aonde o cultivo é manejado com práticas de podas, os cupuaçuzeiros não ultrapassam 3 metros (ACEVEDO; CRUZ; HERRERA, 2009), o que é desejável para manter a qualidade pós-colheita dos frutos, uma vez que, reduz as injúrias mecânicas causadas pelo impacto da queda do fruto ao chão. De acordo com Souza et al. (1999) as folhas do cupuaçuzeiro são inteiras, de coloração rósea e coberta de indumento quando jovens e verde quando maduras, apresentando sistema radicular pivotante, desenvolvendo grande quantidade de raízes laterais ou secundárias nos primeiros 20 a 25 cm de profundidade do solo.

De acordo com Lorenzi et al. (2006) as flores são caulinares, em pequenas cimeiras de 2 a 4 flores. A flor é hermafrodita, com cinco sépalas, cinco pétalas, androceu com dois verticilos, tem ovário súpero, pentaocular e cada lóculo têm aproximadamente 10 óvulos (ACEVEDO; CRUZ; HERRERA, 2009). As inflorescências de *T. grandiflorum* são axilares ou extra-axilares, geralmente com uma a cinco flores distribuídas pelos ramos plagiotrópicos mais periféricos (FRAIFE FILHO; PINTO; DANTAS, 2009; GONDIM et al., 2001). As flores abrem gradativamente, sendo a maioria durante a manhã e, uma vez abertas, não fecham mais (FALCÃO; LLERAS, 1983).

O fruto é uma baga, de forma ovalada, elíptica ou oblonga, indeiscente, polispermico, com epicarpo rígido, lenhoso e verde recoberto por um indumento de coloração ferruginosa que se desprende ao ser manuseado (DUCKE, 1953; HERNÁNDEZ et al., 2006). No Brasil, encontraram-se diferentes fenótipos de frutos: o cupuaçu redondo, com extremidade redonda, pesando em média 1,5 kg; o cupuaçu mamorana, com fruto alongado, com grande tamanho, extremidade em ponta e peso variando entre 2,5 e 4,0 kg; e o cupuaçu papaya/mamau, que não têm sementes (partenocárpico) e pesa em média 1,5 kg (ROJAS et al., 1998; HERNÁNDEZ et al., 2006). Em média 37% do peso do fruto é polpa (endocarpo), 15% sementes, 3% placenta e 45% casca (epicarpo). Nos frutos sem sementes o percentual de polpa é de 60% a 68% (SOUZA et al., 1999).

### Cultura do cupuaçu

A espécie encontra-se disseminada por toda a bacia Amazônica brasileira, sendo encontrada em outros países, como a Colômbia, Venezuela, Equador e Costa Rica (VENTURIERI, 1993). Naturalmente, a espécie se estabelece em selva firme, úmida, com um ou dois indivíduos por hectare (HERNÁNDEZ et al., 2006). É uma planta nativa da Amazônia Oriental, sendo cultivada e protegida por indígenas, comunidades tradicionais e ribeirinhos (VENTURIERI, 2011). O cultivo tecnificado do cupuaçuzeiro no Brasil teve

início no estado do Pará, nos anos de 1970 e, posteriormente, foi expandido para toda a região Amazônica (ALVES et al., 2010).

De acordo com Censo Agropecuário de 2006, a região Norte é responsável por 92,1% do total de cupuaçu colhido no Brasil. No Pará, principal produtor do país, foram colhidas 1.793 t de frutos, enquanto no Amazonas, Rondônia, Acre, Amapá, Tocantins e Roraima, colheram-se 779, 119, 47, 35, 13 e 1 t, respectivamente (IBGE, 2006). Segundo Alves et al. (2014) no estado do Pará, alcançou-se produção de 42.569 toneladas de frutos em 2010, correspondendo à produtividade média de 3.340 kg ha<sup>-1</sup>, com a densidade de 416 a 334 plantas ha<sup>-1</sup>. Em Roraima há poucos registros da produção de cupuaçu. A comercialização destas frutas no principal posto de comercialização do estado, a Feira do Produtor de Boa Vista, em 2014 foi de 10.439 frutos, que corresponde a 8,5 t de cupuaçu (SILVA; DURIGAN. BEZERRA, 2016).

Scudeller; Santos-Silva (2009) relataram que as dificuldades para o transporte e escoamento destas frutas, assim como a sua comercialização, chegam a ocasionar a perda total da safra de pequenos produtores amazônicos. Também registraram a dependência da energia elétrica para o processo atual de extração e conservação da polpa, serviço incomum nas comunidades rurais da Amazônia. A fitossanidade é também um dos principais entraves para o desenvolvimento e estabelecimento da cultura do cupuaçu na região, sendo a vassoura-de-bruxa, causada pelo fungo *Moniliophthora perniciosa* (Stahel), a principal doença que afeta a cultura. Este fungo ataca o cupuaçuzeiro desde mudas no viveiro às plantas adultas. Nos indivíduos adultos, afeta os tecidos meristemáticos como gemas terminais e laterais, almofadas florais e frutos (ALVES; FILGUEIRAS; HOMMA, 2014).

Outro problema encontrado no cultivo do cupuaçuzeiro são os frutos mumificados, que podem ser resultado do estresse hídrico (SOUZA et al., 1999) e/ou da própria doença vassoura de bruxa do cupuaçuzeiro, neste último caso, quando atua diretamente nos frutos. Vêras; Lima; Gasparotto (1996) afirmam que a doença pode paralisar o crescimento dos frutos, provocando lesões escuras no epicarpo, que correspondem internamente à região de apodrecimento da polpa. Também há relatos na literatura que períodos superiores a vinte dias sem chover (menor que 100 mm mês<sup>-1</sup>), afetam negativamente a produção de frutos, aumento o índice de mumificação dos frutos de cupuaçuzeiros (ACEVEDO; CRUZ; HERRERA, 2009).

De acordo com Benchimol (2004) as doenças mais comuns observadas em cultivos de cupuaçuzeiro são causadas por fungos, a exemplo da vassoura-de-bruxa, antracnose e mancha de Phomopsis, causadas pelos fungos *M. perniciosa*, *Colletotrichum gloeosporioides*, *Phomopsis* sp., respectivamente. A autora ainda apresenta a podridão negra dos frutos e morte progressiva (*Lasioidiplodia theobromae*), mancha parda (*Calonectria kyotensis*), podridão do pé (*Phytophthora palmivora*), queima-do-fio (*Ceratobasidium stevensii*), podridão branca das raízes (*Rigidoporus lignosus*), mancha de Rhizoctonia (*Rhizoctonia* sp.), requeima de mudas (*Phytophthora* sp.), podridão vermelha da raiz (*Ganoderma philipii*) e mancha de alga (*Cephaleuros mycoidea*), como doenças de baixa ocorrência.

Os animais da classe Insecta também podem inviabilizar economicamente a cultura do cupuaçuzeiro, seja com sua presença ou ausência. Silva (1976) registrou em Manaus, Amazonas, insetos visitantes do cupuaçu das ordens Hymenoptera, Orthoptera, Homoptera, Lepidoptera e Diptera. Barbosa; Fonseca (2002) afirmam que o cupuaçuzeiro, por ser uma frutífera nativa da Amazônia, apresenta uma diversificada entomofauna, registrando-se maior abundância na ordem Coleoptera. Os autores observaram indivíduos de *Spaethiella coccinea*,

*Desmobaris* sp e *Heilipus* sp alimentando-se das folhas, flores e brotos de cupuaçuzeiros cultivados em Manaus, Amazonas. Broglio et al. (2015) registraram ataque severo de cochonilha-rosada-do-hibisco [*Maconellicoccus hirsutus* (Green, 1908) (Hemiptera: Pseudococcidae)] em frutos de cupuaçuzeiros cultivados em Maceió, Alagoas. Acevedo; Cruz; Herrera (2009) afirmam que as formigas (Hymenoptera: Formicidae) e os cupins (Isoptera: Termitidae) são as pragas mais comuns em cultivos de cupuaçuzeiros na Amazônia colombiana.

No entanto, os insetos têm papel fundamental na polinização e frutificação na cultura do cupuaçuzeiro, que possui baixíssima fecundidade, atribuída a problemas de polinização e autoincompatibilidade, apontados como restritivos à produtividade da espécie (RAMOS et al., 2005). Barrera et al. (2006) afirmam que o cupuaçuzeiro não apresenta autopolinização, sendo imprescindível estabelecer práticas que favoreçam a polinização cruzada, seja manual ou por insetos. Venturieri; Ribeiro Filho (1995) em experimento de polinização manual do cupuaçuzeiro constataram que o uso de polinização manual aumentou o número de frutos maduros colhidos. Venturieri (2011) afirma que a falta de polinizador efetivo é também é uma das causas da produtividade baixa. Dentre os polinizadores os do cupuaçuzeiros, as abelhas mais frequentes observadas por Falcão; Lleras (1986) dentro de flores foram *Frieseomelitta silvestrii faceta* Moure, *Paratrigona impuctata* Ducke e *Apis mellifera adansonii*, sendo menos comuns *Ptilotrigona lurida* (Smith) e *Tetragona clavipes* (Fabricius).

Quantos aos tratos culturais para manutenção do cultivo de cupuaçuzeiro estabelecido em campo, Gondim et al. (2001) indicam roçagem nas linhas entrelinhas de 4 a 6 meses, realizando paralelamente coroamento, utilizando herbicidas ou enxada e, adubação orgânica e mineral parceladas em três aplicações na estação chuvosa e podas. Benchimol (2004) recomenda realizar o manejo fitotécnico da cultura, conduzindo as plantas em forma de taça (poda de condução), mantendo o primeiro tripé formado, e eliminar os ramos ladrões, bem como a eliminação de partes vegetais (poda fitossanitária) injuriadas por insetos-pragas e/ou doenças, sempre que possível, cobrindo os cortes e/ou ferimentos das plantas com pasta bordalesa, evitando entradas de doenças e/ou ataques de pragas. Recomenda-se retirar os restos vegetais da área de cultivo.

### **Floração e frutificação**

O conhecimento da fenologia de um vegetal é essencial para a adoção das práticas agrícolas adequadas e programação das ações do produtor. A época de início e o tempo de duração de cada estágio de desenvolvimento vegetal variam em função do genótipo, das condições edafoclimáticas e do manejo da cultura (SERRANO et al., 2008). A fase reprodutiva de *T. grandiflorum* compreende desde o início da formação das estruturas florais até a obtenção do fruto com maturidade fisiológica, podendo durar entre quatro e seis meses, que em condições Amazônicas, geralmente ocorre a partir de junho (VENTURIERI, 2011) e setembro (ACEVEDO; CRUZ; HERRERA, 2009; HERNÁNDEZ et al., 2006).

Na literatura nacional e internacional há registros sobre a fase reprodutiva do cupuaçuzeiro. Neves et al. (1993) avaliaram o sistema reprodutivo do cupuaçuzeiro, a época de floração, frutificação e mudança foliar em pomar de Belém, Pará. Guerrero et al. (2007) analisaram o crescimento durante a fase vegetativa de cinco fenótipos de cupuaçu na Amazônia ocidental colombiana. Venturieri (2011) avaliou os níveis de floração, período de safra e produção do cupuaçuzeiro no município de Marituba, Pará. Aikpokpodion (2012) avaliou a fenologia de espécies do gênero *Theobroma* na Nigéria. Hernández; Hernández

(2012) avaliaram o crescimento e desenvolvimento do cupuaçu na Colômbia. No entanto, em Roraima, não há registro sobre este tema.

De acordo com Calzavara; Müller; Kahwage (1984) a floração do cupuaçuzeiro ocorre de novembro a março em Belém, Pará. Igualmente em Santana, Pará, com duração média de 4,5 meses, ocorrendo de novembro a janeiro. A frutificação ocorre de janeiro a março, com duração média de 7 meses (FREIRE; SANTOS; OLIVEIRA, 2010). Na Venezuela, a floração e frutificação ocorrem entre os meses de abril a novembro (RONDÓN; CUMANA, 2005). Na Colômbia há registros da floração iniciando em setembro (BARRERA et al., 2006; ACEVEDO; CRUZ; HERRERA, 2009). Na Nigéria a fase reprodutiva do cupuaçuzeiro ocorre em maior abundância, de novembro a março (estação seca), havendo uma redução acentuada na estação chuvosa, entre abril e novembro (AIKPOKPODION, 2012).

No geral, a floração do cupuaçuzeiro ocorre na época mais seca do ano, com duração muito variável para as diferentes árvores (FALCÃO; LLERAS, 1983). O fenômeno é resposta da relação precipitação:brilho solar (HERNÁNDEZ et al., 2006). Devido a grande variação e espaço de tempo da floração, o crescimento e maturação dos frutos são irregulares dentro da mesma planta e no mesmo pomar (SOUZA et al., 2011). Falcão; Lleras (1983) não identificaram um polinizador específico para o cupuaçuzeiro, porém, dentre os exemplares coletados, encontrou-se somente pólen nas abelhas, indicando contribuição na polinização da planta. De acordo com os mesmos autores, possibilidade de autopolinização no cupuaçu foi descartada, uma vez que, as flores, quando protegidas por sacos de filó, de maneira a se impedir à polinização por insetos, não foram fecundadas.

O cupuaçu é uma espécie predominantemente alógama, e muitas flores não chegam a dar origem a frutos mesmo quando polinizadas com pólen compatível, demonstrando baixíssima fecundidade (VENTURIERI; RIBEIRO FILHO, 1995). A baixíssima fecundidade está atribuída a problemas de polinização e autoincompatibilidade, apontados como restritivos à produtividade da espécie (RAMOS et al., 2005). A flor do cupuaçuzeiro possui barreiras morfológicas que evitam o contato espontâneo entre as partes sexuais da flor (VENTURIERI; RIBEIRO FILHO, 1995), o que contribui para o baixo índice de frutificação. Espécies que apresentam oportunidade para multiplicação vegetativa representam um fator facilitador para o melhoramento, aumentando significativamente as possibilidades de ganho em eficiência do processo seletivo (MAIA et al., 2011).

Segundo Rojas et al. (1998) o início da frutificação de cupuaçuzeiros se apresenta de 30 a 45 dias depois que ocorre a floração. Falcão; Lleras (1983) relataram baixa taxa de produção de *T. grandiflorum* em Manaus, Amazonas, com apenas 0,55% das flores gerando frutos que completam o ciclo ou curva de maturação. Relativamente poucas flores tornam-se frutos e as razões para este fator ainda não foi totalmente estabelecido, podendo estar relacionada à polinização inadequada, fonte inadequada de nutrientes, ou ambos (VENTURIERI, 2011). O mesmo autor relatou que as diferenças na produção de frutos de cupuaçu foram correlacionadas às diferenças na produção de flores. Além disso, possivelmente, essa variação entre plantas nas produções de flores e de frutos e a repetibilidade de ambos ao longo do tempo, sugere mais eficiência em estudos de seleção para melhoramento das plantas.

### **Desenvolvimento dos frutos**

O crescimento e o desenvolvimento de um organismo pluricelular não seriam possíveis sem uma comunicação eficiente entre suas células, seus tecidos e órgãos, regulados e coordenados por sinais químicos (fitohormônios), atuantes na divisão e expansão celular

(RAVEN; EVERT; EICHHORN, 2014). Dos fitohormônios atuantes no cupuaçuzeiro, destacam-se a auxina e o etileno, que de acordo com os autores, estimulam o crescimento de tecidos, o desenvolvimento e a maturação dos frutos.

A análise de crescimento é uma abordagem quantitativa, que visa compreender o desenvolvimento de uma planta ou de uma população de plantas, sob condições ambientais naturais ou controladas. A evolução do processo pode ser observada pelas curvas de crescimento (HERNÁNDEZ et al., 2006). A avaliação dos processos de desenvolvimento e maturação de um fruto permite estabelecer as bases para definir o ponto mais adequado de colheita e estratégias para sua conservação, visando o aumento da vida útil pós-colheita (MOURA et al., 2003). Há registros de avaliação dos processos de crescimento e desenvolvimento vegetal para espécies do gênero *Theobroma*, que geralmente, apresentam tipo de fruto semelhante ao cupuaçu, e têm ocorrência natural na região Amazônica.

Hernández et al. (2006) registraram a curva de crescimento e maturação de frutos de maraco (*Theobroma bicolor* L.) na Amazônia colombiana, onde seu cultivo é bem difundido. Determinaram nos frutos diâmetros, peso fresco e seco, intensidade respiratória, pH, acidez, sólidos solúveis, coloração açúcares totais e redutores, índice de maturação e vitamina C. Concluíram que o fruto tem oito estádios fenológicos, e que para o estabelecimento dos estádios I a V, o aspecto principal que marcou as mudanças de um estágio para o outro foi a acumulação em peso fresco e o aumento de comprimento e diâmetro para os estádios VI a VIII, juntamente com as mudanças de coloração e forma sofrido pela fruta. A observação das mudanças de textura e coloração no endocarpo permite expandir a cobertura da escala de crescimento.

Almeida; Valle (1995) analisaram o crescimento do fruto e das sementes de diferentes genótipos de cacauzeiros em Ilhéus, Bahia, a fim de se determinar as variações nas taxas de acumulação de massa seca. O acúmulo de massa seca total do fruto apresentou tendência logística de crescimento. A fase inicial teve uma duração de cerca de 79 a 88 dias. A fase de crescimento acelerado ou linear teve duração de 45 a 72 dias. Constataram que o maior incremento de massa seca no fruto e sementes de cacauzeiro foi atribuído a um maior período de enchimento do fruto e de seus componentes, apresentando completa maturação dos frutos 202 dias após polinização.

Em estudos mais recentes com o cacauzeiro, Muniz; Nascimento; Fernandes (2017) descreveram a curva de crescimento dos frutos, também em Ilhéus, Bahia, utilizando modelos não lineares para as variáveis comprimento, diâmetro e volume do fruto. Observaram que, o comprimento do cacau, em geral, progrediu rapidamente até 105 dias e depois mais lento até 150 dias de idade. O diâmetro do cacau teve um aumento acentuado até 150 dias e uma taxa de crescimento reduzida dessa idade. O volume dos frutos aumentou lentamente até 90 dias, acelerando desta idade até 150 dias e reduzindo a partir desta idade. Constataram que o modelo logístico foi o mais apropriado para descrever a curva de crescimento de frutos de cacauzeiro.

O fruto de cupuaçu possui três estádios (E1, E2 e E3) de crescimento para peso fresco e seco. E1 é referente à ocorrência da divisão celular, E2 corresponde à fase de alongamento celular e E3 corresponde ao estágio em que a fruta atingiu seu tamanho final (HERNÁNDEZ; HERNÁNDEZ, 2012). Estes mesmos autores registraram, em dias, E1, E2 e E3 com durações de até, 33, 50 e 13 dias cada, respectivamente. Calzavara; Müller; Kahwage (1984) registraram em Belém, Pará abscisão natural do fruto ocorrendo entre 120 e 135 dias após sua formação, corroborando os dados de Rojas et al. (1998), com 140 dias, e Hernández;

Hernández (2012) com 139 dias, ambos realizados em Caqueta, Colômbia. Diferenciando-se dos dados de Hernández et al. (2006), na mesma região, que reportaram abscisão com 240 dias após formação do fruto na Colômbia.

De acordo com Barceló Coll; Nicolás; Sabater (2005) a mudança na massa seca e fresca em E1 é causada pelo aumento no número de células, da mesma forma a alteração no diâmetro longitudinal de frutos e está associada ao processo de divisão celular. Segundo Hernández; Hernández (2012) no aumento exponencial em E2, todas as variáveis morfológicas estão associadas ao alongamento celular, acumulação de fotoassimilados de reserva e água, aumentando o tamanho dos vacúolos e o início da acumulação de ácidos orgânicos, açúcares e outros componentes. Durante E3, as dimensões do fruto e o peso fresco estabilizaram, mas a massa seca continuou a aumentar, associada a um aumento na translocação de assimilados das folhas.

O crescimento dos frutos pode ser medido determinando-se peso fresco, peso seco, diâmetro polar e diâmetro equatorial (HERNÁNDEZ et al., 2006). O diâmetro do fruto pode ser usado para extrapolar resultados para os demais caracteres por ser de medição mais fácil e menos passível a erros (MAIA et al., 2011). A alteração no diâmetro é produzida principalmente pela ação de hormônios, tais como ácido indol acético (AIA) e giberelinas (GAs), que em última análise são sintetizadas por causa da fotossíntese da planta e a respiração (HERNÁNDEZ et al., 2006). Segundo Acevedo; Cruz; Herrera (2009), as características morfológicas mais importantes para o cultivo do cupuaçuzeiro são a maior quantidade de amêndoas e polpa por fruto, associadas ao tamanho do mesmo, o maior número de frutos total por árvore e à uniformidade produtiva das árvores.

### **Colheita e pós-colheita**

A colheita do cupuaçu é realizada quando o fruto alcança o máximo desenvolvimento de todas suas partes, em especial, a semente, que deve estar apta para sua reprodução, estado conhecido como maturidade fisiológica (ACEVEDO; CRUZ; HERRERA, 2009). Quando fisiologicamente maduro, o fruto em ponto ótimo de colheita exala cheiro bastante agradável, desprende-se da planta e cai no solo (GONDIM et al., 2001; SOUZA et al., 2011). Conhecer o momento certo de colheita é essencial, pois, quando os frutos são colhidos fisiologicamente imaturos, não amadurecem, enrugam e apresentam exsudação da seiva (HULME, 1970). Recomenda-se fazer a coleta dos frutos de cupuaçuzeiro diariamente, mais de uma vez ao dia, pois, caso o fruto quando maduro, permaneça em contato com o solo por 48 horas a umidade, peso e características organolépticas serão reduzidos, chegando até a impossibilitar sua comercialização (SOUZA et al., 2011).

Segundo Tecchio et al. (2009) frutos não climatéricos apresentam poucas modificações nos teores de açúcares e ácidos no período pós-colheita. Hernández; Hernández (2012) registraram para a cultura do cupuaçuzeiro, declínio no índice de maturação entre 98 e 110 dias após antese, resultado do aumento de acidez titulável e da estabilidade de sólidos solúveis. A relação SS:AT, indicador de maturação e utilizado na avaliação do sabor de sucos e polpas de frutas, segundo Paglarini et al. (2011) para a polpa de cupuaçu, varia entre 6,6 e 10,2. Já o pH da polpa de cupuaçu, são comuns valores variando entre 3,2 e 4,5 (CANUTO et al., 2010; SANTOS et al., 2010; PAGLARINI et al., 2011).

A cor é um atributo de qualidade para frutos e polpas destinados ao processamento, variando com a época de colheita, estágio de maturação e exposição solar, que torna a determinação instrumental da cor interessante para o estudo da variação e comparação com os

pigmentos presentes nos frutos e polpas (LIMA et al., 2012). De acordo com Cunha Junior et al. (2007) o principal parâmetro não destrutivo para definir o estágio de maturação de uma fruta é a coloração, e para determinação de coloração em frutas e hortaliças, comumente, são utilizados equipamentos eletrônicos, a exemplo do colorímetro digital, onde os resultados podem ser expressos em luminosidade ( $L^*$ ), cromaticidade ( $C^*$ ) e ângulo *hue* ( $h^\circ$ ).

De acordo com Canuto et al. (2010) a  $L^*$  indica a quantidade de luz, podendo variar de 0 a 100, em que o valor 0 indica o preto e o 100, o branco. Com relação à cromaticidade, quanto mais altos os valores de  $C^*$ , mais viva e intensa é a cor observada (LAWLESS; HEYMANN, 1998). Para o parâmetro  $h^\circ$ , indicador de tonalidade, o 0 representa vermelho puro; o 90 o amarelo puro; o 180, o verde puro; e o 270 o azul puro (CANUTO et al., 2010). No caso do cupuaçu, a cor de semente e do epicarpo pode ser avaliada para auxiliar obtenção de curva de maturação do fruto. No caso do endocarpo, a avaliação da coloração é primordial, pois, a cor branca amarelada é uma recomendação da legislação brasileira (BRASIL, 2000), além de ser critério de decisão de compra e consumo.

Freire et al. (2009) registraram valores de  $L^*$  em polpas de cupuaçu entre 71,0 e 73,4, indicando cor clara, próxima ao branco. Canuto et al. (2010) registraram polpas mais escuras, com média de 54,9  $L^*$ . Os valores de  $h^\circ$ , encontrados por Hernández; Hernández (2012), com média de 90,4, indicaram tonalidade amarela para a polpa. Canuto et al. (2010) registraram valores de  $C^*$  com média de 8,4. Durante E3, a cor do epicarpo do fruto não mudou significativamente, contudo, a polpa mudou do branco ao amarelo e creme, sugerindo que esta mudança pode ser usada como um índice da maturidade de frutos de cupuaçu (HERNÁNDEZ; HERNÁNDEZ, 2012).



**CAPÍTULO I - CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DE FRUTOS DE  
CUPUAÇU [*Theobroma grandiflorum* (WILLD. EX SPRENG.) K.SCHUM.] EM  
SISTEMA AGROFLORESTAL NO ESTADO DE RORAIMA, BRASIL**

## RESUMO

O aumento da introdução de cupuaçuzeiros [*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) K.Schum.] em sistemas de cultivos em Roraima evidencia a necessidade de estudos sobre a fenologia, crescimento e desenvolvimento de seus frutos nas condições do Estado, uma vez que registros técnico-científicos sobre esta cultura em sistema agroflorestais são escassos na região. Deste modo, objetivou-se caracterizar o crescimento e desenvolvimento de frutos de cupuaçu cultivados em um sistema agroflorestal no município de Cantá, Roraima. O experimento foi conduzido durante a safra 2016/17, entre os meses de outubro de 2016 e abril de 2017, instalado no Campo Experimental Confiança da Embrapa Roraima, a 90 km de Boa Vista, Roraima. Em condições de campo, avaliou-se o número de frutos total, o de botões florais, de flores e/ou resquícios florais, o diâmetro polar e o equatorial do fruto, a porcentagem de frutos viáveis, deformados e/ou mumificados, com presença de insetos, com presença de fungo e de frutos rachados. Os dados foram submetidos ao teste de normalidade e validados estatisticamente por meio de análise de variância e regressão. As médias foram comparadas utilizando-se o erro padrão da média, baseado em desvio-padrão amostral. Foi montada a matriz de correlação de Pearson objetivando efetuar correlações lineares simples entre todas as variáveis. O período de desenvolvimento do cupuaçu compreendeu 180 dias e foi considerado a partir da abertura da flor (antese) até a abscisão do fruto. A floração e a frutificação inicial do cupuaçu em Cantá, Roraima ocorreram em época de seca, nos meses de outubro e novembro, respectivamente. Os diâmetros polar e equatorial dos frutos apresentaram crescimento que se ajustaram ao modelo sigmoidal simples. Os frutos com maturidade fisiológica apresentaram formatos do tipo oblongo, elíptico e ovoide, com constrição basal variando de ligeiro a forte e ápice variando de agudo a redondo. Houve correlação significativa ( $p < 0,01$ ) entre os dias de monitoramento e as variáveis utilizadas para mensurar o crescimento e desenvolvimento de frutos produzidos em sistema agroflorestal de Roraima. A porcentagem de frutos viáveis teve correlação negativa muito forte com a porcentagem de frutos deformados e/ou mumificados e com a porcentagem de frutos com presença de fungos. Além do diâmetro equatorial do fruto, o diâmetro polar do fruto teve correlação positiva muito forte com a porcentagem de frutos com presença de fungos.

**Palavras-chave:** Cupuaçuzeiro; Eventos fenológicos; Maturação fisiológica.

## ABSTRACT

The increase in the introduction of cupuaçuzeiros [*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) K.Schum.] in cropping systems in Roraima evidences the necessity of studies on the phenology, growth and development of its fruits under the conditions of the state, since technical-scientific records on this crop in agroforestry systems are scarce in the region. In this way, this paper was aimed to characterize the growth and development of cupuaçu fruits grown in an agroforestry system in Cantá, Roraima. The experiment was conducted during the 2016/17 harvest, between October 2016 and April 2017, and installed in the Experimental Field of Embrapa Roraima, 90 km from Boa Vista, Roraima. On field conditions, were evaluated the number of fruits, floral buds, flowers and/or floral remnants, the polar and equatorial diameter of the fruit, the percentage of viable, deformed and/or mummified fruits, with presence of insects, with presence of fungus and cracked fruits. Collected data were submitted to normality and homogeneity variance test and statistically validated by means of variance and regression analysis. The means were compared using the standard error of the mean, based on sample standard deviation. The Pearson correlation matrix was set up to perform simple linear correlations between all variables. The period of development of cupuaçu comprised 180 days and was considered from the opening of the flower (anthesis) to the abscission of the fruit. Flowering and initial fruiting in Cantá, Roraima, occurs during the dry season, in October and November, respectively. The polar and equatorial diameters of the fruits presented growth that conforms to the simple sigmoidal model. The fruits with physiological maturity presented oblong, elliptic and ovoid forms, with basal constriction varying from slight to strong and apex ranging from pointed to spherical. There was a significant correlation ( $p < 0,01$ ) between the days of monitoring and the variables used to measure the growth and development of fruits produced in agroforestry system of Roraima. The percentage of viable fruits had very strong negative correlation with the percentage of deformed and/or mummified fruits and the percentage of fruits with presence of fungi. In addition to the equatorial diameter of the fruit, the polar diameter of the fruit has a very strong positive correlation with the percentage of fruits with presence of fungi.

**Keywords:** Cupuaçuzeiro; Phenological events; Physiological maturation.

## INTRODUÇÃO

O Brasil é considerado o primeiro no mundo em megadiversidade, tanto em número de espécies quanto em níveis de endemismo (ALBAGLI, 2001). De acordo com a autora, pode ser considerada como uma vantagem brasileira no âmbito da geopolítica global, levando-se em conta a ampla disponibilidade de recursos biogenéticos e a tradição de ciência na área biológica, além do acervo de conhecimentos tradicionais acumulados pelas populações locais e pertinentes para o acesso à natureza e às aplicações dessa biodiversidade (ALBAGLI, 2001). Por outro lado, a fruticultura brasileira tem potencial enorme para expandir sua participação no mercado internacional, ora mantendo o desempenho das exportações das principais frutas frescas comercializadas, ora na divulgação de outras frutas exóticas no mercado internacional ou na busca pela diversificação das exportações de frutas na forma processada (BUENO; BACCARIN, 2012).

O cupuaçuzeiro, por ser uma espécie típica de subdossel (ACEVEDO; CRUZ; HERRERA, 2009), com ampla adaptabilidade, pode ser facilmente consorciada com outras culturas de interesse econômico. Maciel; Assis; Yokomizo (2015) estudando arranjos agroflorestais no contexto da Agroecologia em Mazagão, Amapá, verificaram que os agricultores da região desenvolveram estratégias que têm possibilitado sua permanência em suas propriedades. Usam sistemas produtivos diversificados o que garante produção ao longo do ano. O açaizeiro (*Euterpe oleracea* Mart.), o cupuaçuzeiro [*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) K.Schum.] e a bacabeira (*Oenocarpus bacaba* Mart.) são as espécies vegetais que apresentaram maior frequência na composição dos sistemas pesquisados, especialmente, em áreas mais úmidas, pela possibilidade de maior fonte de renda para a agricultura familiar local.

Os frutos de cupuaçu podem ser utilizados como matéria-prima para o desenvolvimento de produtos e derivados do tipo chocolate. Uma maior inclusão de açúcar no licor de cupuaçu dá semelhança ao produto, de chocolate com leite. Embora as propriedades sensoriais sejam diferentes dos produtos clássicos de chocolate, é possível adotar um processo tecnológico padrão para as sementes de cupuaçu fermentadas e produzir derivados bem aromatizados (CUCAITA; HERNÁNDEZ; GUTIÉRREZ, 2014). Em comparação com a manteiga de cacau (*Theobroma cacao* L.), o óleo das sementes de cupuaçu apresenta ácidos graxos semelhantes, contém propriedades antioxidantes, é fonte importante dos ácidos graxos oleico, araquidônico e linoleico e também possui propriedades que permitem sua utilização industrial em alimentos e cosméticos (ALVIÁREZ et al., 2016).

Por ser um fruto não climatério, a colheita do cupuaçu deve ser realizada quando ele alcança o máximo desenvolvimento e crescimento de todas as suas partes, em especial, a semente, que deve estar apta para sua reprodução ou em maturidade fisiológica (ACEVEDO; CRUZ; HERRERA, 2009). O desenvolvimento vegetal compreende os processos de crescimento, morfogênese e diferenciação. O crescimento, um aumento irreversível em tamanho, é efetivado principalmente pela expansão das células. A morfogênese é a aquisição de uma forma particular e a diferenciação é o processo pelo qual as células geneticamente idênticas tornam-se diferentes umas das outras por meio da expressão gênica diferencial (RAVEN; EVERT; EICHHORN, 2014).

Para Hernández et al. (2006) o crescimento potencial dos frutos está claramente determinado por fatores genéticos, pois, o componente varietal tem grande influência sobre a velocidade de crescimento e o tamanho final do fruto. Quando fisiologicamente maduro, o fruto de cupuaçu em ponto ótimo de colheita exala cheiro bastante agradável, e por ação de fitohormônios desprende-se da planta e cai no solo (GONDIM et al., 2001; SOUZA et al.,

2011), estando exposto à microrganismos, insetos-pragas, animais maiores e condições ambientais.

Desta forma, conhecer o momento certo da colheita é essencial, pois, quando os frutos são colhidos fisiologicamente imaturos, não amadurecem, enrugam e apresentam exsudação da seiva, e se o amadurecimento ocorre, a qualidade dos frutos estará prejudicada (HULME, 1970), depreciando o consumo e a comercialização de seus produtos. Na cultura do cupuaçu, recomenda-se fazer a coleta dos frutos diariamente, e mais de uma vez ao dia, em época de frutificação. O fruto maduro, não deve permanecer em contato com o solo por muito tempo (acima de 48 horas), pois haverá redução de sua umidade, do peso e das características organolépticas desejáveis, prejudicando sua comercialização (SOUZA et al., 2011).

Estudos de fenologia, crescimento e desenvolvimento vegetal são úteis para tomadas de decisão, pois, podem ser utilizados no gerenciamento de colheitas, tratos culturais, aquisição de mão de obra e/ou maquinário. Ressalta-se que é importante em caso de surto de praga e/ou patologia, saber qual o momento fisiológico da espécie cultivada, vegetativo ou reprodutivo, e em qual estágio fisiológico encontram-se os frutos. No entanto, há poucos relatos na literatura relacionados ao crescimento e desenvolvimento dos frutos do cupuaçuzeiro, bem como, sobre os eventos fenológicos.

O aumento da introdução do cupuaçu nos sistemas de cultivo, em Roraima, torna evidente a necessidade de estudos sobre a fenologia, crescimento e desenvolvimento dos frutos nas condições do Estado, uma vez que, os registros técnicos-científicos sobre esta cultura são escassos na região. Buscando caracterizar o crescimento e desenvolvimento de frutos de cupuaçu cultivados em sistema agroflorestral no município de Cantá, Roraima, estabeleceu-se este trabalho.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido durante a safra 2016/17, de outubro de 2016 a abril de 2017, no Campo Experimental Confiança (CEC) da Embrapa Roraima, no município de Cantá, na região central do Estado de Roraima, Brasil. Está a 90 km de Boa Vista, Roraima, entre as coordenadas geográficas 02°15'00"N e 60°39'54"W. A área estudada tinha consórcio de cupuaçu com castanha-da-Amazônia (*Bertholletia excelsa* Bonpl.), pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth), cupiúba (*Goupia glabra* Aubl.), andiroba (*Carapa guyanensis* Oliv.), café (*Coffea canephora* Pierre ex A.Froehner), saman [*Samanea saman* (Jacq.) Merr.], abiu [*Micropholis venulosa* (Mart. & Eichler ex Miq.) Pierre] e gliricídia [*Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp.].

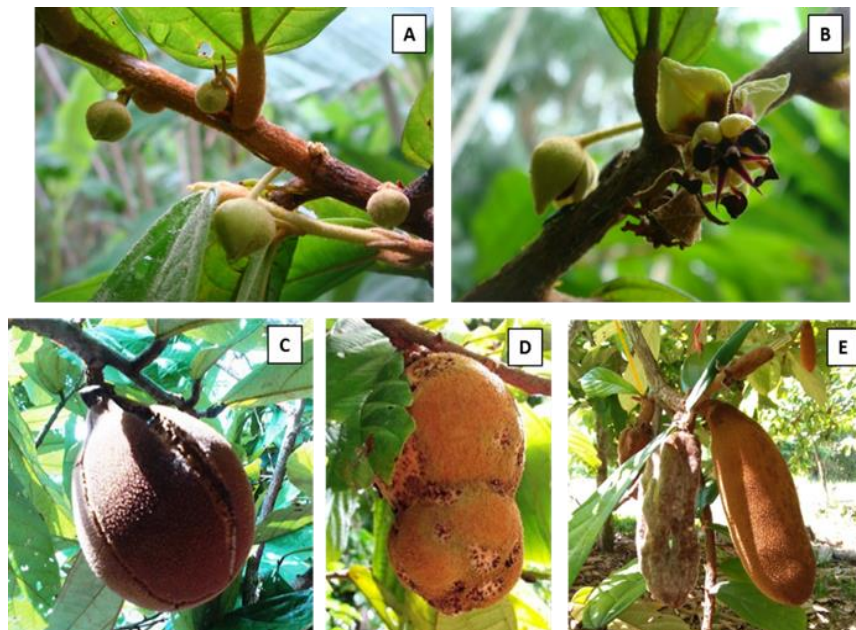
A região apresenta vegetação de floresta e clima do tipo Ami (Koppen), quente e semiúmido, com duas estações bem distintas: verão e inverno (MOURÃO JUNIOR et al., 2003). A precipitação anual varia de 1795 a 2385 mm, com período chuvoso concentrado nos meses de maio a julho, que corresponde a mais de 55% do total de precipitação (FERREIRA; TONINI, 2009). O solo do sistema agroflorestal em que estudo foi desenvolvido, foi classificado como sendo Argissolo Vermelho-Amarelo, de textura argilosa (MOURÃO JUNIOR et al., 2003).

De acordo com Corrêa (2005) na área a experiência com sistemas agroflorestais teve início em 1995. O preparo do solo consistiu no desmatamento de capoeira de aproximadamente três anos, seguida da queima da vegetação. Utilizou-se o sistema agrossilvicultural sob condição de presença de insumos minerais. Ferreira; Tonini (2009) afirmam que o desenho espacial do sistema agroflorestal é do tipo multiestratificado, as parcelas medem 48 m x 48 m e o espaçamento entre espécies é de 2 m x 3 m, com área útil abrangendo 192 m<sup>2</sup>, contendo 2 plantas de andiroba (104 plantas/ha); 8 cupuaçuzeiros (416 plantas/ha); 6 pupunheiras (338 plantas/ha); 4 plantas de saman (208 plantas/ha); uma cupiúba (52 plantas/ha); uma castanha-da-Amazônia (56 plantas/ha); 6 plantas de café (312 plantas/ha) e 4 plantas de abiu (208 plantas/ha), sendo a bordadura composta por plantas de gliricídia.

Anualmente, realizam-se os tratos culturais com controle de plantas espontâneas, coroamento, adubação mineral e podas no cupuaçuzeiros cultivados no sistema agroflorestal experimental em Cantá, Roraima. Para nutrição das plantas, aplica-se ureia (250 g), superfosfato simples (650 g), cloreto de potássio (300 g) e FTE BR 12 (50 g) em cada planta, distribuindo os adubos em suco a 1,5 m das linhas de cupuaçuzeiros. As plantas de cupuaçuzeiro são submetidas às podas para condução do crescimento vegetativo e a retirada dos órgãos injuriados por insetos ou doenças, que é uma recomendação técnica para manter a qualidade da fitossanidade no cultivo em escala comercial (SOUZA et al., 1999; BENCHIMOL, 2004).

Em outubro de 2016, 60 ramos plagiotrópicos (secundários, terciários e quaternários) de cupuaçuzeiro, distribuídos em 30 plantas do pomar (2 ramos por planta), com botões florais, flores e frutos em estágio inicial de desenvolvimento (diâmetro máximo de 2 cm), foram marcados com fita colorida, evitando-se ramos primários e pequenos, marcando-se ramos em até 60 cm da “ponteira do ramo”. A tomada de dados no campo foi feita, em média, a cada 15 dias, totalizando treze leituras, seguindo o seguinte cronograma: 03/10/2016 (1<sup>a</sup>), 24/10/2016 (2<sup>a</sup>), 14/11/2016 (3<sup>a</sup>), 05/12/2016 (4<sup>a</sup>), 19/12/2016 (5<sup>a</sup>), 04/01/2017 (6<sup>a</sup>), 16/01/2017 (7<sup>a</sup>), 30/01/2017 (8<sup>a</sup>), 13/02/2017 (9<sup>a</sup>), 27/02/2017 (10<sup>a</sup>), 16/03/2017 (11<sup>a</sup>), 27/03/2017 (12<sup>a</sup>) e 14/04/2017 (13<sup>a</sup>).

Baseando-se nos trabalhos desenvolvidos por Falcão; Lleras (1983), Calzavara; Müller; Kahwage (1984), Barrera et al. (2006), Hernández et al. (2006; 2010) e Hernández; Hernández (2012), variáveis foram adaptadas para avaliação quantitativa dos frutos de cupuaçuzeiro, em condições de campo. As variáveis avaliadas nos ramos marcados, durante o período, foram: número de botões florais (NBF) (Figura 1A), número de flores e/ou resquícos florais (NFL) (Figura 1B), número de frutos total (NF), porcentagem de frutos viáveis (FV), porcentagem de frutos com presença de insetos (FPI), porcentagem de frutos rachados (FR) (Figura 1C), porcentagem de frutos com deformação e/ou mumificação (FDM) (Figura 1D), porcentagem de frutos com presença de fungos (FPF) (Figura 1E), diâmetro polar do fruto (DPF) e diâmetro equatorial do fruto (DEF). Utilizou-se paquímetro digital com valores expressos em milímetros (mm) para avaliar o DPF e o DEF.



**Figura 1.** Botões florais de cupuaçu (A), flor e resquíco floral (B), fruto rachado (C), fruto deformado (D) e fruto com presença de fungo (E). (GUIMARÃES, 2018).

Para monitorar as condições ambientais do experimento utilizou-se termômetro e higrômetro digital, com valores expressos em graus Celsius (°C) e porcentagem (%) de Umidade Relativa, respectivamente. Durante as avaliações (visitas), os parâmetros de umidade relativa do ar, temperatura do ar (altura de 1,5 m) e temperatura do solo (5 cm de profundidade), eram aferidos em três pontos diferentes da área do experimento, geralmente às 9 horas da manhã. Na área experimental, o índice pluviométrico acumulado foi calculado utilizando-se um pluviômetro analógico, o qual era verificado diariamente e os dados registrados por funcionários da Embrapa Roraima.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com três repetições (frutos) para caracterização de DPF e DEF. Os dados foram submetidos ao teste de normalidade (Shapiro-Wilk) e foram validados estatisticamente por meio de análise de variância e regressão ( $p < 0,05$ ). As médias foram comparadas utilizando-se o erro padrão da média, baseado no desvio-padrão amostral. Para DPF e DEF utilizou-se modelo logístico com três parâmetros, baseado nos valores de quadrado médio dos resíduos (Q.M.R) e coeficiente de determinação ( $R^2$ ), sugestão da literatura para a cultura do cupuaçuzeiro (BARRERA et al., 2006; HERNÁNDEZ et al., 2006; HERNANDEZ et al., 2010; HERNÁNDEZ;

HERNÁNDEZ, 2012). Visando avaliar a associação entre as variáveis avaliadas durante o crescimento e maturação do cupuaçu calculou-se a correlação de Pearson.

Os dados foram tabulados em planilha digital. As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o software Statistix 10.0 (ANALYTICAL SOFTWARE, 2008). A plotagem das figuras foi realizada com auxílio do software SigmaPlot 12.0 (SYSTAT SOFTWARE Inc., 2012).

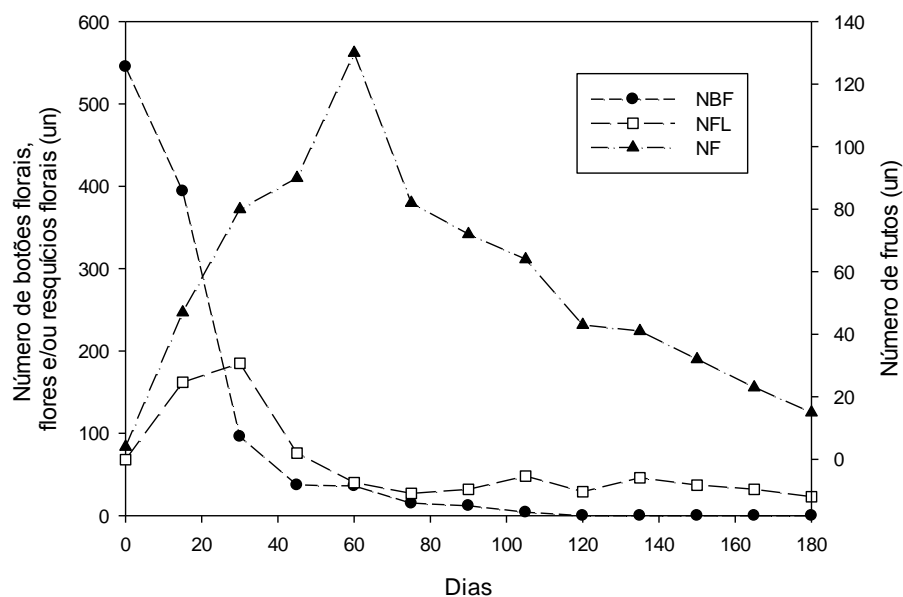


## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A média de temperatura do ar, temperatura do solo e umidade relativa do ar durante o experimento foi de  $31,4\pm 0,6$  °C,  $29,2\pm 0,6$  °C e  $59,9\pm 5,2\%$ , respectivamente. Nota-se que houve maior amplitude térmica nas aferições realizadas no ar (1,5 m de altura do solo) do que nas realizadas no solo (0-5 cm de profundidade), uma vez que, as temperaturas do ar variaram entre  $30,6\pm 0,1$  e  $32,3\pm 0,1$  °C e as temperaturas do solo variaram entre  $28,8\pm 0,1$  e  $29,8\pm 0,1$  °C. A umidade relativa do ar mínima (1,5 m de altura do solo) registrada durante as visitas ao experimento foi de  $52,1\pm 0,2\%$ , enquanto o ponto máximo registrado dentro do SAF com cupuaçuzeiros foi de  $69,7\pm 0,2\%$ . Registrou-se um total de 885 mm de chuva acumulada durante a safra 2016/2017 (outubro de 2016 a abril de 2017).

A floração do cupuaçuzeiro no Campo Experimental Confiança da Embrapa Roraima, município de Cantá, Roraima, Amazônia brasileira iniciou-se em outubro de 2016, coincidindo com a estação seca. O ápice desse evento ocorreu no mês de novembro, quando também foi observada a frutificação inicial, com o pico no mês de dezembro. O período de desenvolvimento do cupuaçu compreendeu 180 dias e foi considerado a partir da abertura da flor (antese), até a abscisão do fruto. Os picos de floração e frutificação assemelharam-se aos encontrados em regiões de clima Afi, conforme os registros de Calzavara; Müller; Kahwage (1984) em Belém e de Venturieri (2011) em Marituba, ambas no Estado do Pará.

Na primeira avaliação (dia 0), registrou-se um total de 545 botões florais (Figura 2), com média de nove botões florais por ramo, havendo alguns ramos com até 17 botões florais (60 cm de ramo), número bem superior ao relatado na literatura. Houve um decréscimo expressivo de NBF a partir do 15º dia de desenvolvimento do fruto, até o 30º e 45º dia de monitoramento, com redução, em relação à primeira aferição, de 27,7%, 82,4% e 93,3%, respectivamente. A partir do 120º dia de avaliação não foram mais encontrados botões florais nos ramos selecionados. Porém, observou-se que em algumas árvores com histórico de ataque de vassoura-de-bruxa, mesmo após o final do estágio de brotação, novas estruturas reprodutivas (botões florais e flores) apareciam em ramos infectados pela doença.

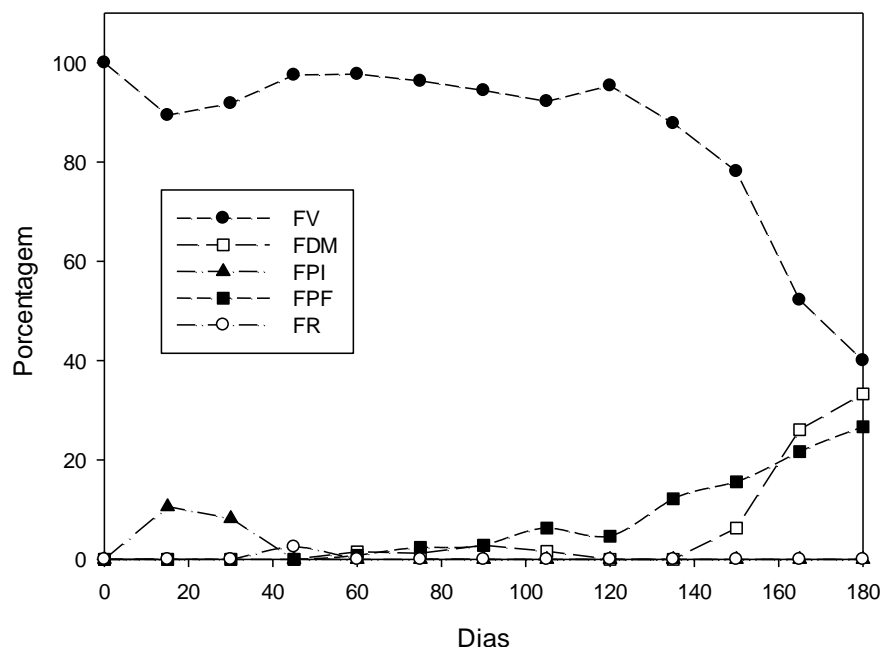


**Figura 2.** Valores totais de número de botões florais (NBF), número de flores e/ou resquílios florais (NFL) e número de frutos total (NF) avaliados durante o crescimento e maturação de frutos de cupuaçu cultivados em sistema agroflorestal no Campo Experimental Confiança, no município de Cantá, Roraima, Brasil.

Foram necessários, aproximadamente, 30 dias da contagem de maior NBF para o ápice de NFL registrados. Dos 545 botões florais registrados obteve-se no máximo 180 flores e/ou resquícos florais (33,0%) no 30º dia de monitoramento. Aos 45 dias uma redução acentuada no NFL (58,9%). Registrou-se o máximo de 6 flores por ramo dos cupuaçuzeiros. Na média geral, os ramos de cupuaçuzeiro têm 1,1 flores, mas deve-se deixar observado que, aos 15 e 30 dias de monitoramento, momento do evento fenológico de floração, o NFL por ramo chegou à média de até 2,5 e 2,9 flores, respectivamente.

O registro da maior quantidade de NF (130 frutos) foi realizado no 60º dia de monitoramento (Figura 2), o que representa 70,3% do número máximo de flores e/ou resquícos florais registrados. Porém, apenas 6 frutos tornaram-se maduros e aptos para o consumo, o que representa uma relação de 30 flores para 1 fruto, ou até mesmo, 90 botões florais para 1 fruto. Comumente para essa espécie, a baixa polinização pode ser devido à pequena eficiência dos mecanismos de polinização e, dependentes da estrutura biológica da flora e dos agentes de transmissão de pólen (ACEVEDO; CRUZ; HERRERA, 2009).

A maioria dos frutos avaliados durante o experimento foi considerados viáveis, com potencial para completar o desenvolvimento e a maturação fisiológica (Figura 3). Os FV não apresentavam deformações, estruturas fúngicas, rachaduras e presença de insetos pragas, que apareceram nas plantas avaliadas nos primeiros dias de floração e desenvolvimento dos frutos (Figuras 4A e 4B). Há relatos na literatura que as formigas podem ser consideradas pragas para a cultura do cupuaçuzeiro (FALCÃO; LLERAS, 1983; ACEVEDO; CRUZ; HERRERA, 2009), porém, há registros destes agindo como polinizadores, conseqüentemente, sendo benéficos, uma vez que o cupuaçuzeiro tem problemas com autopolinização.



**Figura 3.** Porcentagens de frutos de cupuaçu viáveis (FV), deformados e/ou mumificados (FDM), com presença de insetos (FPI), com presença de fungos (FPF) e rachados (FR) durante crescimento e maturação de frutos de cupuaçu cultivados em sistema agroflorestal no Campo Experimental Confiança, no município de Cantá, Roraima, Brasil.



**Figura 4.** Registro de formigas (Hymenoptera: Formicidae) em ramo, pedúnculo floral, flor, resquíio floral (A) e fruto de cupuaçu (B) em estágio inicial de desenvolvimento, no Campo Experimental Confiança, Cantá, Roraima, Brasil. (GUIMARÃES, 2018).

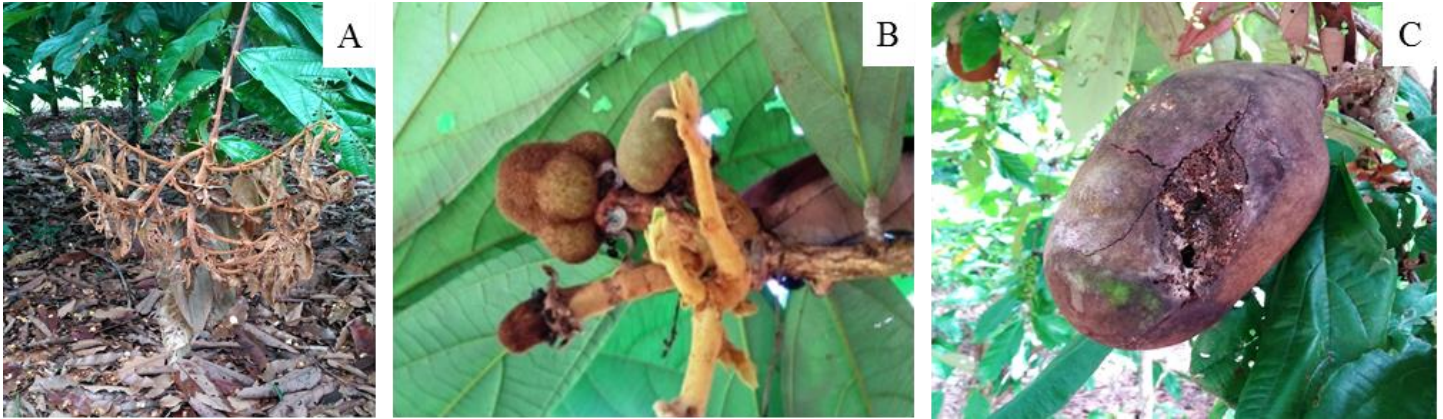
Silva (1976) e Falcão; Lleras (1983) registraram a presença de formigas *Camponotus* sp. e *Cromatogaster* durante os eventos fenológicos do cupuaçuzeiro, e destacaram que além de apresentar relações simbióticas com pulgões da família Membracidae, há suspeita que as formigas possam alimentar-se do indumento lanoso, ferrugíneo, que recobre o pedúnculo floral, parte externa dos botões florais, podendo chegar a prejudicar a produção, já que debilita os pedúnculos de tal maneira que leva o abortamento das flores. Alves; Filgueiras; Homma (2014) afirmam que as flores dos cupuaçuzeiros são visitadas por muitas espécies de insetos como abelhas e formigas que tem tornado difícil distinguir entre polinizadores, predadores e pilhadores de pólen.

Porém, um fato bastante comum no cultivo de cupuaçuzeiro é o aparecimento de frutos rachados, principalmente aqueles que iniciam o seu processo de desenvolvimento antes do período chuvoso. No entanto, esse sintoma é típico de problema fisiológico, característico de frutos que passam por um período de estresse hídrico, causando lignificação do epicarpo (ACEVEDO; CRUZ; HERRERA, 2009), podendo ser causado pelo excesso de água absorvida no decorrer das primeiras chuvas após período de estiagem prolongado (SOUZA et al., 1999), com posterior aparecimento de fungos na rachadura (CALZAVARA; MÜLLER; KAHWAGE, 1984).

Na safra estudada, a porcentagem de FR foi muito baixa, chegando ao máximo de 2,5% (2 frutos) aos 45 dias de monitoramento. Acredita-se que os baixos valores de FR tenham relação com a quantidade de chuva na região, na safra estudada, uma vez que, no ano de 2016, após intenso estresse hídrico (déficit), registrou-se alta porcentagem de frutos em desenvolvimento com rachaduras (GUIMARÃES et al., 2016). A chuva acumulada registrada na safra 2015/2016 do cupuaçuzeiro foi de 600 mm, bem inferior aos registrados na safra 2016/2017 (885 mm), correspondente a um acréscimo de 47,5% da quantidade de chuva acumulada.

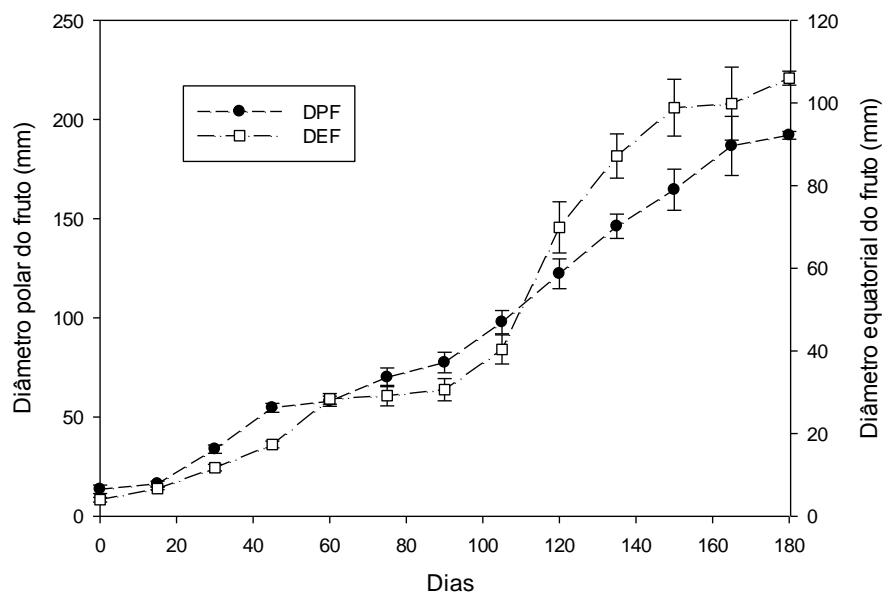
Aos 60 dias de monitoramento registrou-se o aparecimento de ramos secos (tecido necrosado; vassoura seca) e folhas retorcidas infectadas pela vassoura-de-bruxa (Figura 5A), e de frutos com deformações e/ou mumificados (FDM) (Figura 5B) e estruturas fúngicas visíveis (FPF) (Figura 5C), representando 1,5% e 0,8% (2 e 1 frutos) do número total de frutos avaliados no dia, respectivamente. Na última avaliação, aos 180 dias de monitoramento, quando a maioria dos frutos marcados já havia alcançado maturidade fisiológica e se desprendido da planta, a porcentagem de FDM e FPF nos frutos restantes foi

de 33,3% e 26,7% (5 e 4 frutos), respectivamente. De acordo com Nunes et al. (2002) o início da epidemia da vassoura-de-bruxa do cupuaçuzeiro está geralmente associado ao período seco (floração e frutificação), enquanto a produção de basidiocarpos inicia-se com o período chuvoso.



**Figura 5.** Ramo de cupuaçuzeiro afetado pela doença vassoura-de-bruxa (A), ramo com superbrotação e frutos deformados devido ao ataque da doença (B) e fruto em estado de “mumificação” (C), registros realizados no Campo Experimental Confiança, Cantá, Roraima, Brasil. (GUIMARÃES, 2018).

O diâmetro polar (DPF) e o diâmetro equatorial dos frutos (DEF) apresentaram curva do tipo sigmoideal simples em função dos dias de monitoramento do crescimento e desenvolvimento dos frutos de cupuaçu (Figura 6). Na primeira avaliação (dia 0) os frutos tinham, em média,  $13,6 \pm 4,20$  mm de DPF e  $4,0 \pm 1,1$  mm de DEF. Na última avaliação, aos 180 dias de monitoramento, quando os frutos de cupuaçu apresentavam maturidade fisiológica, tinham em média  $192,0 \pm 7,6$  mm de DPF e  $106,0 \pm 6,5$  mm de DEF, o que representa um aumento de 1411,8 e 2650%, respectivamente. Os valores de DPF e DEF aqui registrados assemelham-se aos apresentados por Acevedo; Cruz; Herrera (2009).



**Figura 6.** Diâmetro polar (DPF) e diâmetro equatorial (DEF) de frutos durante crescimento e maturação de frutos de cupuaçu cultivados em sistema agroflorestal no Campo Experimental Confiança, no município de Cantá, Roraima, Brasil.

O crescimento do fruto, que é um aumento irreversível de tamanho, é efetivado pela combinação de divisão e expansão celular (RAVEN; EVERT; EICHHORN, 2014). Os frutos com maturidade fisiológica avaliados neste trabalho apresentaram formatos do tipo oblongo, elíptico e ovoide, com constrição basal variando de ligeiro a forte e ápice do fruto variando de agudo a redondo. Os modelos logísticos empregados (Tabela 1) são iguais aos usados por Hernández et al. (2006), Hernandez et al. (2010) e Hernández; Hernández (2012).

**Tabela 1.** Modelos logísticos ajustados para os diâmetros polares e equatorial do fruto em função dos dias de desenvolvimento do fruto de cupuaçu em sistema agroflorestal no Campo Experimental Confiança, no município de Cantá, Roraima, Brasil. (GUIMARÃES, 2018).

Variável independente Y	Equação	R <sup>2</sup>	Q.M.R.
Diâmetro polar do fruto	$Y = 259,80/1 + e^{(2,6008 - 0,02080 * X)}$	0,991	42,24
Diâmetro equatorial do fruto	$Y = 126,65/1 + e^{(3,4920 - 0,0297 * X)}$	0,975	43,72

R<sup>2</sup> = coeficiente de determinação; Q.M.R. = quadrado médio dos resíduos.

Hernández et al. (2006) afirmaram que durante o crescimento do fruto, intervalo de tempo que vai desde a antese a maturidade fisiológica, há um desenvolvimento ordenado de um grande número de tecidos vegetais, com a divisão celular terminada no momento da antese ou durante o começo do período de crescimento, e que o volume celular é o que representa maior contribuição para a expansão total do fruto. A mudança nos diâmetros é fundamentalmente produzida pela ação de fitohormônios como o ácido indolacético e as giberelinas, que em última instância se sintetizam por causa da fotossíntese e da respiração da planta.

Houve correlações significativas entre as variáveis avaliadas e os dias de monitoramento durante o crescimento e maturação de frutos de cupuaçu cultivados em sistema agroflorestal no Campo Experimental Confiança, no município de Cantá, Roraima, Brasil (Tabela 2).

**Tabela 2.** Matriz de correlação linear simples entre os dias de avaliação e as variáveis avaliadas no crescimento e desenvolvimento de frutos de cupuaçu avaliados durante 180 dias em sistema agroflorestal no Campo Experimental Confiança, no município de Cantá, Roraima, Brasil. (GUIMARÃES, 2018).

	Dias	NF	NBF	NFL	DPF	DEF	FV	FDM	FPI	FPF	FR
Dias	1										
NF	-0,355 <sup>ns</sup>	1									
NBF	-0,714 <sup>**</sup>	-0,332 <sup>ns</sup>	1								
NFL	-0,659 <sup>*</sup>	0,158 <sup>ns</sup>	0,489 <sup>ns</sup>	1							
DPF	0,989 <sup>**</sup>	-0,435 <sup>ns</sup>	-0,649 <sup>*</sup>	-0,623 <sup>*</sup>	1						
DEF	0,965 <sup>**</sup>	-0,476 <sup>ns</sup>	-0,581 <sup>*</sup>	-0,584 <sup>*</sup>	0,987 <sup>**</sup>	1					
FV	-0,736 <sup>**</sup>	0,524 <sup>ns</sup>	0,286 <sup>ns</sup>	0,259 <sup>ns</sup>	-0,779 <sup>**</sup>	-0,759 <sup>**</sup>	1				
FDM	0,690 <sup>**</sup>	-0,467 <sup>ns</sup>	-0,274 <sup>ns</sup>	-0,353 <sup>ns</sup>	0,727 <sup>**</sup>	0,687 <sup>**</sup>	-0,973 <sup>**</sup>	1			
FPI	-0,515 <sup>ns</sup>	0,106 <sup>ns</sup>	0,445 <sup>ns</sup>	0,929 <sup>**</sup>	-0,501 <sup>ns</sup>	-0,454 <sup>ns</sup>	0,115 <sup>ns</sup>	-0,225 <sup>ns</sup>	1		
FPF	0,896 <sup>**</sup>	-0,568 <sup>*</sup>	-0,424 <sup>ns</sup>	-0,477 <sup>ns</sup>	0,932 <sup>**</sup>	0,923 <sup>**</sup>	-0,935 <sup>**</sup>	0,887 <sup>**</sup>	-0,348 <sup>ns</sup>	1	
FR	-0,232 <sup>ns</sup>	0,215 <sup>ns</sup>	-0,087 <sup>ns</sup>	0,081 <sup>ns</sup>	-0,194 <sup>ns</sup>	-0,244 <sup>ns</sup>	0,193 <sup>ns</sup>	-0,154 <sup>ns</sup>	-0,122 <sup>ns</sup>	-0,238 <sup>ns</sup>	1

Dias = dias de monitoramento; NF = número de frutos total; NBF = número de botões florais; NFL = número de flores e/ou resquíscios florais; DPF = diâmetro polar do fruto; DEF = diâmetro equatorial do fruto; FV = porcentagem de frutos viáveis; FDM = porcentagem de frutos deformados e/ou mumificados; FPI = porcentagem de frutos com presença de insetos; FPF = porcentagem de frutos com presença de fungo; FR = porcentagem de frutos rachados; \*\* = significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ ); \* = significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $0,01 \leq 0,05$ ); <sup>ns</sup> = não significativo ( $p \geq 0,05$ ).

Observou-se que os dias de monitoramento tiveram correlação positiva com o DPF e o DEF, corroborando os dados apresentados e que, com os dias de crescimento e desenvolvimento os diâmetros polar e equatorial acompanharam também, crescendo. Os dias de monitoramento não tiveram correlação significativa com NF, FPI e FR aos níveis de 1 e 5% de probabilidade, mas com as demais variáveis tiveram correlações moderadas e fortes, positivas e negativas. Observou-se correlação positiva muito forte entre NFL e FPI, demonstrando que conforme o NFL aumenta, um maior número de insetos polinizadores ou visitantes pode ser encontrado no pomar, na planta e/ou até mesmo no fruto, como os mensurados em FPI.

Neste estudo, foi observada a correlação negativa muito forte entre os frutos viáveis e frutos com estruturas fúngicas (FPF) visíveis, indicando que à medida que a porcentagem de FV diminuem, a porcentagem de FPF aumenta, acompanhando a tendência de crescimento e desenvolvimento biométrico dos frutos, aqui representado pelas variáveis DPF e DEF. Constatou-se que, os FDM tiveram correlações negativa muito forte com FV, e positiva muito forte com FPF, indicando que à medida que a porcentagem de frutos viáveis diminui, a porcentagem de frutos deformados e/ou mumificados tendem a aumentar significativamente, proporcionalmente à porcentagem de frutos com presença de estruturas fúngicas.

A porcentagem de FR foi à única variável a ter correlação insignificante com todas as demais variáveis, possivelmente, pela pequena quantidade de frutos com rachaduras na safra principal do ano agrícola de 2016/2017. Não houve correlação de número de flores ou resquícios florais com a porcentagem de frutos viáveis (NFL x FV), semelhante ao que ocorreu com Falcão; Lleras (1983) em Manaus, Amazonas, onde foi sugerido que o tamanho da safra é controlado por fatores endógenos.

## CONCLUSÕES

O período de desenvolvimento do cupuaçu compreendeu 180 dias, considerando-se da abertura da flor (antese) até a abscisão do fruto. A floração e frutificação inicial deste fruto em sistema agroflorestal no Campo Experimental Confiança, no município de Cantá, Roraima, ocorreu nos meses de outubro e novembro, respectivamente, na safra 2016/2017.

Os diâmetros polar e equatorial dos frutos de cupuaçu apresentaram crescimento que se ajusta ao modelo sigmoidal simples. Na maturidade fisiológica estes frutos apresentaram formato do tipo oblongo, elíptico ou ovoide, com constrição basal variando de ligeiro a forte e ápice do fruto variando de agudo a redondo.

Observou-se correlação significativa ( $p < 0,01$ ) entre os dias de monitoramento e as variáveis utilizadas para mensurar o crescimento e desenvolvimento de frutos de cupuaçu produzidos em sistema agroflorestal de Cantá, Roraima.

A porcentagem de frutos viáveis teve correlação negativa muito forte com a porcentagem de frutos deformados e/ou mumificados e com a porcentagem de frutos com presença de fungos. Além do diâmetro equatorial do fruto, o diâmetro polar teve correlação positiva muito forte com a porcentagem de frutos com presença de fungos.

**CAPÍTULO II – MATURAÇÃO FISIOLÓGICA DE FRUTOS DE CUPUAÇU  
[*Theobroma grandiflorum* (WILLD. EX SPRENG.) K.SCHUM.] EM SISTEMA  
AGROFLORESTAL NO ESTADO DE RORAIMA, BRASIL**



## RESUMO

Em Roraima, extremo norte do Brasil, trabalhos com cupuaçuzeiros [*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) K.Schum.] em sistemas agroflorestais são escassos, principalmente, no que se diz respeito à fenologia, desenvolvimento dos frutos, produtividade e qualidade pós-colheita, o que evidencia a necessidade de novos estudos, que possam auxiliar no aprimoramento desta cultura no Estado. O objetivo deste trabalho foi caracterizar a maturidade fisiológica durante o crescimento e desenvolvimento destes frutos em um sistema agroflorestal no município de Cantá, Roraima. O experimento foi conduzido durante a safra 2016/17, entre os meses de outubro de 2016 e abril de 2017, instalado no Campo Experimental Confiança da Embrapa Roraima, no município de Cantá, a 90 km de Boa Vista, Roraima, Brasil. A tomada de dados no campo foi feita, em média, a cada 15 dias, totalizando treze leituras. Foram coletados ao acaso frutos representativos ao estágio de crescimento, desenvolvimento e maturação em árvores selecionadas, evitando-se os ramos marcados com fitas. Índices foram mensurados para determinação da curva de maturação dos frutos. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado. Os frutos de cupuaçu cultivados em sistema agroflorestal em Cantá, Roraima atingiram maturidade fisiológica em aproximadamente 180 dias. Os diâmetros polar e equatorial e as massas fresca e seca do fruto apresentaram modelo de crescimento do tipo sigmoidal simples. Os frutos com maturidade fisiológica avaliados neste trabalho apresentaram formato oblongo, elíptico e ovoide, com constrição basal variando de ligeiro a forte e ápice do fruto variando de agudo a redondo. Os valores de qualidade nas polpas destes frutos estavam em conformidade o recomendado para o padrão de identidade e qualidade de polpas brasileiro. Houve aumento contínuo nos valores de acidez titulável, pH, teores de sólidos solúveis, relação sólidos solúveis:acidez titulável e cromaticidade durante o período de desenvolvimento e maturação destes frutos. As tonalidades de cores dos componentes do fruto não se mostraram evidentes devido aos baixos valores de cromaticidade. Os epicarpós dos frutos avaliados apresentaram tonalidade marrom alaranjada durante a maior parte do desenvolvimento. Os endocarpós tiveram tonalidade amarelada desde o início da produção de polpa até sua maturidade fisiológica. As sementes apresentaram coloração vermelho alaranjado. Das características utilizadas para mensurar o desenvolvimento e maturação fisiológica dos frutos, as que se mostraram correlacionadas foram os teores de sólidos solúveis, o pH e a coloração, especialmente, a luminosidade, cromaticidade e ângulo *hue* de polpas e sementes.

**Palavras-chave:** Cupuaçuzeiro; Qualidade fisiológica; Índices de maturação.

## ABSTRACT

In Roraima, in the extreme north of Brazil, papers focused on *Theobroma grandiflorum* in agroforestry systems is scarce, especially those which refer to phenology, fruit development, productivity and postharvest quality, which testifies the necessity for new studies that may help in the improvement of this culture in the region. The objective of this work was to characterize the physiological maturity during the growth and development of these fruits in an agroforestry system in Cantá, Roraima. The experiment was conducted during the 2016/17 harvest, between October 2016 and April 2017, and installed in the Experimental Field of Embrapa Roraima, in the municipality of Cantá, 90 km from Boa Vista, Roraima, Brazil. The data from the field were collected on an average of every 15 days, totaling thirteen readings. Fruits were randomly collected at the stage of growth, development and maturation in selected trees, avoiding branches marked with ribbons. Indices were measured to determine the maturation curve of the fruits. The experimental design was completely randomized. The fruits of cupuaçu grown in an agroforestry system in Cantá, Roraima reached physiological maturity in approximately 180 days. The polar and equatorial diameters and fresh and dry fruit mass presented a growth model of the simple sigmoidal type. The fruits with physiological maturity evaluated in this work presented oblong, elliptic and ovoid shape, with basal constriction varying from light to strong and fruit apex ranging from pointed to spherical. The quality values in the pulps of these fruits were in accordance with the recommended for the Brazilian pulp quality and identity standard. There was a continuous increase in titratable acidity, pH, soluble solids content, soluble solids ratio: titratable acidity and chromaticity during the period of development and maturation of these fruits. The color shades of the fruit components were not evident due to low chromaticity values. The epicarps of the fruits evaluated were orange brown during most of the development. The endocarps had a yellowish tone from the beginning of the production of pulp until its physiological maturity. The seeds were orange-red in color. From the characteristics used to measure the development and physiological maturation of the fruits, the soluble solids contents, pH and color, especially the luminosity, chromaticity and *hue* angle of pulps and seeds were correlated.

**Keywords:** Cupuaçuzeiro; Physiological quality; Maturation index.

## INTRODUÇÃO

As fruteiras têm sido apontadas como ótimas oportunidades de exploração econômica da rica diversidade vegetal da Amazônia, onde as espécies passíveis de industrialização apresentam maior potencial em razão da abrangência de vários segmentos da cadeia produtiva (SOUZA; SOUSA, 2002). O cupuaçuzeiro [*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) K.Schum.] é uma frutífera de interesse, devido às características tecnológicas que ampliam seu uso na agroindústria (SOUZA et al., 2011). A polpa (endocarpo) é seu produto principal, seguida das sementes (amêndoas), que podem ser transformadas em cupulate, que é uma alternativa ao uso de cacau (OLIVEIRA; GENOVESE, 2013).

A polpa de cupuaçu é o produto não fermentado e não diluído, obtido de sua parte comestível, exceto a semente, através de processo tecnológico adequado. De acordo com o padrão de identidade e qualidade, as polpas deverão ser de cor branca ou branca amarelada, com sabor levemente ácido e aroma próprio (BRASIL, 2000). A polpa de cupuaçu pode ser considerada como um ingrediente potencial para melhorar as propriedades sensoriais e texturizadas de alimentos, a exemplo de barras de cereais (PRAZERES et al., 2017) e iogurte de leite de cabra (COSTA et al., 2017).

O crescimento e amadurecimento de frutos é um processo complexo regulado por fatores genéticos e epigenéticos (HANDA; TIZNADO-HERNÁNDEZ; MATTOO, 2012). Durante toda a formação do embrião, há um contínuo fluxo de nutrientes da planta-mãe aos tecidos do óvulo, resultado em um grande acúmulo de reserva alimentar no endosperma, no perisperma ou no(s) cotilédono(s) da semente em desenvolvimento (RAVEN; EVERT; EICHHORN, 2014). As mudanças na composição do fruto estão relacionadas com a degradação de carboidratos de reserva, com a redução do conteúdo de ácidos orgânicos e polifenóis, das mudanças na pigmentação e da síntese de misturas complexas de substâncias voláteis (HERNÁNDEZ et al., 2006).

Barrera et al. (2006) afirmam que o crescimento dos frutos de cupuaçu pode ser mensurado de forma direta mediante aferição do peso fresco, peso seco, diâmetro polar, diâmetro equatorial e coloração, característica do processo de maturação de frutos (HERNÁNDEZ et al., 2006). Índices de maturação como acidez titulável, teor de sólidos solúveis, potencial hidrogeniônico, taxa de respiração e cor, podem ser utilizados, associados à biometria dos frutos para aferir a maturidade fisiológica de cupuaçu (HERNANDEZ et al., 2010; HERNÁNDEZ; HERNÁNDEZ, 2012). Posteriormente à maturidade fisiológica de frutos, ocorre a senescência, que é um processo de desenvolvimento ativo, dependente de energia e controlado pelo programa genético da planta, onde as folhas são programadas para morrer (TAIZ; ZEIGER, 2013).

A colheita no cultivo de cupuaçuzeiro deverá ser realizada quando o fruto alcança o máximo desenvolvimento e crescimento de todas as suas partes, em especial, a semente (embrião), que deve estar apta para sua reprodução, estado conhecido como maturidade fisiológica (ACEVEDO; CRUZ; HERRERA, 2009). Quando fisiologicamente maduro, o fruto de cupuaçuzeiro em ponto ótimo de colheita exala cheiro bastante agradável, desprende-se da planta e cai no solo (GONDIM et al., 2001; SOUZA et al., 2011).

Conhecer o momento certo de colheita é essencial, pois, quando os frutos são colhidos fisiologicamente imaturos, não amadurecem, enrugam e apresentam exsudação da seiva, ou quando o amadurecimento ocorre, a qualidade é prejudicada (HULME, 1970). Na cultura do cupuaçu, recomenda-se fazer a coleta dos frutos diariamente e mais de uma vez ao dia, de preferência pela manhã. Isto é recomendado, pois, se o fruto maduro permanecer em contato

com o solo por muito tempo (acima de 48 horas) reduzirá sua umidade, peso e características organolépticas, o que impossibilitará sua comercialização (SOUZA et al., 2011).

Ambos os frutos climatéricos e não climatéricos mostram mudanças semelhantes em vários processos metabólicos que levam a alterações de pigmentos, acumulação de açúcares, mudanças de textura, firmeza, amaciamento de frutas, produção de voláteis e maior susceptibilidade a agentes patogênicos (HANDA; TIZNADO-HERNÁNDEZ; MATTOO, 2012). Tecchio et al. (2009) destacam que frutos não climatéricos apresentam poucas modificações nas características químicas neste período, especialmente nos teores de açúcares e ácidos.

Em Roraima, extremo norte do Brasil, trabalhos com cupuaçu em sistemas agroflorestais são escassos, principalmente, no que se diz respeito à fenologia, desenvolvimento, produtividade e qualidade pós-colheita, fato que evidencia a necessidade de novos estudos, que possam auxiliar no aprimoramento do cultivo no Estado. Este trabalho objetivou caracterizar a maturidade fisiológica durante o crescimento e desenvolvimento dos frutos do cupuaçu em sistema agroflorestal no município de Cantá, Roraima.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido durante a safra 2016/17, entre os meses de outubro de 2016 e abril de 2017, no Campo Experimental Confiança (CEC) da Embrapa Roraima, no município de Cantá, a 90 km de Boa Vista, Roraima, Brasil (entre as coordenadas geográficas 02°15'00"N e 60°39'54"W). É uma área consorciada com castanha-da-Amazônia (*Bertholletia excelsa* Bonpl.), pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth), cupiúba (*Goupia glabra* Aubl.), andiroba (*Carapa guyanensis* Oliv.), café (*Coffea canephora* Pierre ex A.Froehner), saman [*Samanea saman* (Jacq.) Merr.], abiu [*Micropholis venulosa* (Mart. & Eichler ex Miq.) Pierre] e gliricídia [*Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp.].

A região apresenta vegetação de floresta e clima do tipo Ami (Koppen), quente e semiúmido, com duas estações bem distintas: verão e inverno (MOURÃO JUNIOR et al., 2003). A precipitação na região varia de 1795 a 2385 mm.ano<sup>-1</sup>, com período chuvoso concentrado nos meses de maio a julho, que corresponde a mais de 55% do total de precipitação anual (FERREIRA; TONINI, 2009). O solo do sistema agroflorestal em que estudo foi desenvolvido, foi classificado por Mourão Júnior et al. (2003) como sendo Argissolo Vermelho-Amarelo, de textura argilosa.

Na área de estudo, a experiência técnica com sistemas agroflorestais iniciou-se no ano de 1995 (CORRÊA, 2005). O preparo do solo consistiu na derrubada de floresta secundária de aproximadamente três anos, seguida da queima da vegetação. Utilizou-se o sistema agrossilvicultural sob condição de presença de insumos. O desenho espacial do sistema agroflorestal é do tipo multiestratificado, com espaçamento entre espécies de 2 m x 3 m, contendo 416 plantas de cupuaçuzeiro por hectare. Anualmente, são realizados os tratamentos culturais (adubação, controle de plantas espontâneas e podas), onde se aplica ureia (250 g), superfosfato simples (650 g), cloreto de potássio (300 g) e FTE BR 12 (50 g) em cada planta, distribuindo os adubos em suco a 1,5 m das linhas de cupuaçuzeiros. Os cupuaçuzeiros são submetidos às podas de condução e fitossanitária (SOUZA et al., 1999; BENCHIMOL, 2004).

Em outubro de 2016, 60 ramos plagiotrópicos (secundários, terciários e quaternários) de cupuaçuzeiros, distribuídos em 30 plantas do pomar (2 ramos por planta), com botões florais, flores e frutos em estágio inicial de desenvolvimento (diâmetro máximo de 2 cm), foram marcados com fita colorida, evitando-se ramos primários e pequenos, marcando o ramo em até 60 cm da “ponteira do ramo”. A tomada de dados no campo foi feita, em média, a cada 15 dias, totalizando treze leituras, seguindo o seguinte cronograma: 03/10/2016 (1<sup>a</sup>), 24/10/2016 (2<sup>a</sup>), 14/11/2016 (3<sup>a</sup>), 05/12/2016 (4<sup>a</sup>), 19/12/2016 (5<sup>a</sup>), 04/01/2017 (6<sup>a</sup>), 16/01/2017 (7<sup>a</sup>), 30/01/2017 (8<sup>a</sup>), 13/02/2017 (9<sup>a</sup>), 27/02/2017 (10<sup>a</sup>), 16/03/2017 (11<sup>a</sup>), 27/03/2017 (12<sup>a</sup>) e 14/04/2017 (13<sup>a</sup>).

Foram coletados ao acaso três frutos representativos ao estágio de crescimento, desenvolvimento e maturação de cupuaçu em árvores selecionadas e evitando-se os ramos marcados com fitas. Os frutos coletados foram encaminhados ao Laboratório de Pós-colheita da Embrapa Roraima situada na BR-174, Km 08, em Boa Vista, Roraima, onde se avaliou: massa fresca do fruto (MFF), massa seca do fruto (MSF), diâmetro polar do fruto (DPF) e diâmetro equatorial do fruto (DEF). MFF e MSF foram determinadas utilizando balança analítica (0,001 g) e secos em estufa com circulação forçada de ar quente a 65±5 °C, até peso constante, e os valores obtidos foram expressos em gramas. DPF e DEF foram mensurados com auxílio de paquímetro digital (0,01 mm), com valores expressos em milímetros.

A partir da 7<sup>a</sup> avaliação (90 dias de monitoramento) foi necessário coletar mais três frutos, indispensáveis para a realização das análises para caracterização da qualidade e

maturidade dos frutos (epicarpo, endocarpo e semente). Determinou-se nas polpas: potencial hidrogeniônico (pH), teores de sólidos solúveis (SS), a acidez titulável (AT), a relação SS:AT e a coloração. Para a comparação e avaliação das polpas foram utilizados os valores mínimos e médios estabelecidos pelos Padrões de Identidade e Qualidade para polpa de cupuaçu (BRASIL, 2000) e a Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (UNICAMP, 2011). A dinâmica da maturidade fisiológica dos epicarpós e sementes foi mensurada a partir de resultados da coloração, determinados colorimetricamente.

As determinações de AT, SS e pH, foram realizadas de acordo com os métodos indicados pelo IAL (2008), em sala climatizada ( $25 \pm 1$  °C), e os dados, quando necessário, corrigidos a 25 °C. Para a determinação dos teores de SS, a polpa foi filtrada com auxílio de gaze, para separação de partes líquidas do fruto, que foram avaliadas refratometricamente, utilizando-se refratômetro digital portátil, com resultados expressos em °Brix. A AT foi determinada por titulação volumétrica. Utilizou-se 15 g de polpa homogeneizada em 300 mL de água destilada com auxílio de liquidificador. Tomaram-se três réplicas de 100 mL em erlenmeyers, as quais foram adicionadas 2 gotas de solução do indicador fenolftaleína. As amostras foram tituladas com solução de hidróxido de sódio (NaOH) a 0,1 N, com os resultados expressos em g de ácido cítrico/100 g de polpa. O índice de maturação (SS:AT) foi calculado pela relação entre os teores de SS e AT.

Os sólidos solúveis foram aferidos em refratômetro digital (modelo PAL-1), calibrado com água destilada (0,0 °Brix). Para a determinação de pH utilizou-se potenciômetro digital (modelo HI-57291), previamente calibrado com soluções tampão em pH 4,0 e 7,0. As leituras foram feitas em extrato obtido misturando-se 30 g de polpa e 300 ml de água destilada, homogeneizados com auxílio de liquidificador. O eletrodo do equipamento era submerso no extrato e mantido até estabilização dos resultados. A coloração [luminosidade ( $L^*$ ); a cromaticidade ( $C^*$ ) e o ângulo *hue* ( $h^\circ$ )] foi determinada em sala com iluminação artificial (lâmpadas fluorescentes), utilizando-se colorímetro digital (modelo CR-400) calibrado em placa padrão ( $Y = 87,2$ ;  $x = 0,3167$ ;  $y = 0,3237$ ), e com os resultados expressos segundo o sistema CIE  $L^* a^* b^*$ .

Para monitorar as condições ambientais na área do experimento, foi utilizado um termômetro e higrômetro digital. Aferiram-se durante as avaliações (visitas) a temperatura do ar (altura de 1,5 m), a temperatura do solo (0-5 cm de profundidade) e a umidade relativa do ar (altura de 1,5 m), em três pontos diferentes na área do experimento, geralmente entre às 9 e 10 horas da manhã. Na área experimental o índice pluviométrico acumulado foi calculado utilizando-se um pluviômetro analógico, o qual era conferido diariamente e os dados registrados por funcionários da Embrapa Roraima. Os dados de temperatura foram expressos em °C, os de umidade relativa do ar em % e o índice pluviométrico em mm.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com três repetições (frutos) para avaliação da biometria (MFF, MSF, DPF e DEF) e três repetições (frutos) para as análises de qualidade de frutos (SS, AT, SS:AT, pH e coloração do epicarpo, endocarpo e sementes). Os dados foram submetidos ao teste de normalidade (Shapiro-Wilk) e foram validados estatisticamente por meio de análise de variância e regressão ( $p < 0,05$ ) utilizando software Sisvar 5.6 (FERREIRA, 2011). As médias foram comparadas utilizando-se o erro padrão da média, baseado em desvio-padrão amostral.

A escolha dos modelos de regressão foi fundamentada nos melhores valores de Q.M.R e  $R^2$ . Para as variáveis MFF, MSF, DPF e DPF em especial, utilizou-se o modelo logístico com três parâmetros, sugerido pela literatura para avaliar frutos de cupuaçuzeiro (BARRERA et

al., 2006; HERNÁNDEZ et al., 2006; HERNANDEZ et al., 2010; HERNÁNDEZ; HERNÁNDEZ, 2012). Visando avaliar a associação entre as variáveis avaliadas durante o crescimento e maturação do cupuaçu calculou-se a correlação de Pearson. A matriz de correlação e os modelos logísticos de regressão foram estimados utilizando software Statistix 10.0 (ANALYTICAL SOFTWARE, 2008). A plotagem das figuras foi realizada com auxílio do software SigmaPlot 12.0 (SYSTAT SOFTWARE Inc., 2012).

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

De modo geral, baseando-se nos valores de Q.M.R e  $R^2$  os modelos de regressão mais significativos para estimar a maturação de frutos de cupuaçu cultivados em sistema agroflorestal de Roraima foram o linear, polinomial e sigmoidal. As equações ajustadas dos índices de maturação de frutos de cupuaçu estão apresentadas na tabela 3.

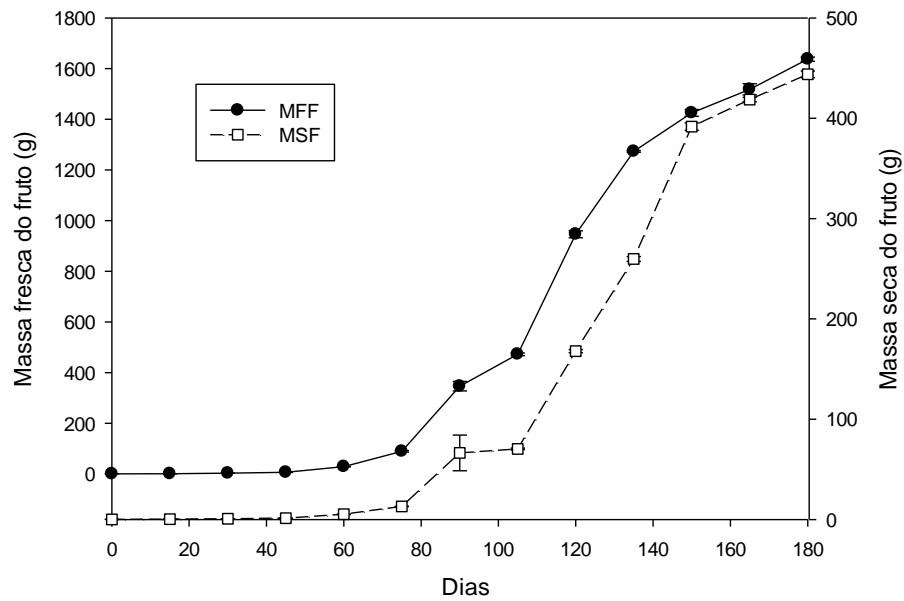
**Tabela 3.** Modelos ajustados para diferentes variáveis em função dos dias de desenvolvimento do fruto de cupuaçu em sistema agroflorestal no Campo Experimental Confiança, no município de Cantá, Roraima, Brasil. (GUIMARÃES, 2018).

Variável independente Y	Equação	$R^2$	Q.M.R
Massa fresca do fruto (g)	$Y = 1625,8/1 + e^{(7,848-0,0628*X)}$	0,996	1930,1
Massa seca do fruto (g)	$Y = 473,35/1 + e^{(7,6707-0,0589*X)}$	0,992	255,10
Diâmetro polar do fruto (mm)	$Y = 219,85/1 + e^{(2,8613 - 0,0402*X)}$	0,999	59,77
Diâmetro equatorial do fruto (mm)	$Y = 122,55/1 + e^{(3,2568-0,0388*X)}$	0,989	22,40
Acidez titulável (g de ácido cítrico 100g de polpa <sup>-1</sup> )	$Y = 2E-06x^{3***} - 0,0009x^{2***} + 0,1599x^{***} - 6,3786$	0,995	10,07
Potencial hidrogeniônico	$Y = -4E-07x^{3***} + 0,0002x^{2***} - 0,0323x^{***} + 4,5573$	0,994	8,01
Sólidos solúveis (°Brix)	$Y = 3E-05x^{3***} - 0,012x^{2***} + 1,5051x^{***} - 58,085$	0,980	22,81
Relação sólidos solúveis:acidez titulável	$Y = 9E-06x^{3***} - 0,0031x^{2***} + 0,3506x^{***} - 10,976$	0,955	1,70
Luminosidade do epicarpo	$Y = 4E-05x^{3***} - 0,0174x^{2***} + 2,4956x^{***} - 80,891$	0,974	35,01
Luminosidade do endocarpo	$Y = -0,0534x^{***} + 92,369^{***}$	0,843	161,57
Luminosidade da semente	$Y = -8E-05x^{3***} + 0,0225x^{2**} - 2,2042x^{***} + 156,66$	0,996	126,74
Cromaticidade do epicarpo	$Y = -0,0015x^2 + 0,4899x^{***} - 7,455^{***}$	0,959	87,93
Cromaticidade do endocarpo	$Y = 0,1089x^{**} + 1,0799^{***}$	0,975	72,57
Cromaticidade da semente	$Y = 0,0035x^{2***} - 0,6633x^{***} + 40,806^{***}$	0,983	75,84
Ângulo hue do epicarpo (°)	$Y = -0,0016x^{2***} + 0,4466x^{***} + 31,01^{***}$	0,821	98,65
Ângulo hue do endocarpo (°)	$Y = 0,1567x^{***} + 61,874^{***}$	0,952	391,62
Ângulo hue da semente (°)	$Y = -9E-05x^{3***} + 0,0326x^{2***} - 4,3335x^{***} + 269,94^{***}$	0,998	154,68

$R^2$  = coeficiente de determinação; Q.M.R. = quadrado médio dos resíduos; \* = significativo a 5% de probabilidade; \*\* = significativo a 1% de probabilidade; \*\*\* = significativo a 0,01% de probabilidade.

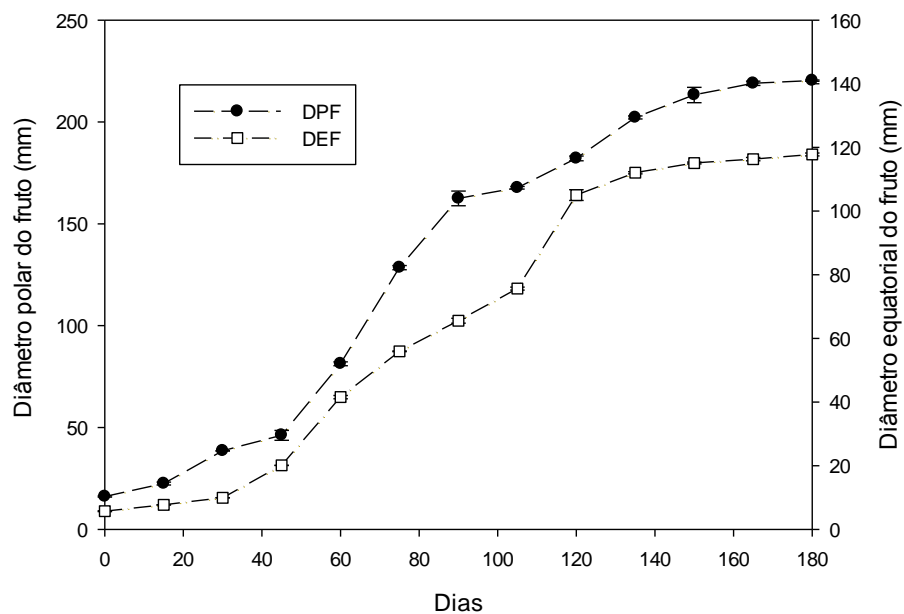
A massa fresca dos frutos, em média, (Figura 7) foi inicialmente de  $0,37 \pm 0,05$  g (dia 0), não apresentando diferença significativa ( $p > 0,05$ ) até os 60 dias ( $28,71 \pm 0,77$  g). A partir de 75 dias apresentou diferença significativa ( $p < 0,05$ ) ao pesarem  $89,02 \pm 4,80$  g. A média de MFF aos 180 dias de acompanhamento foi de  $1.637,59 \pm 13,93$  g, o que corresponde 442.591,9% da MFF inicial (dia 0 = 1ª avaliação). A média da massa seca dos frutos era inicialmente (dia 0) de  $0,13 \pm 0,03$  g, aos 180 dias de acompanhamento os frutos de cupuaçu tinham massa seca média de  $448,30 \pm 14,92$  g, o que corresponde 334.846% da MSF registrada na primeira avaliação (dia 0). Hernández et al. (2006) registraram que frutos fisiologicamente maduros (240 dias após a antese) com MFF de 975,6 g e MSF de 298,5 g.





**Figura 7.** Valores médios de massa fresca (MFF) e massa seca (MSF) de frutos, durante o crescimento e a maturação de frutos de cupuaçu cultivados em sistema agroflorestal no Campo Experimental Confiança, no município de Cantá, Roraima, Brasil.

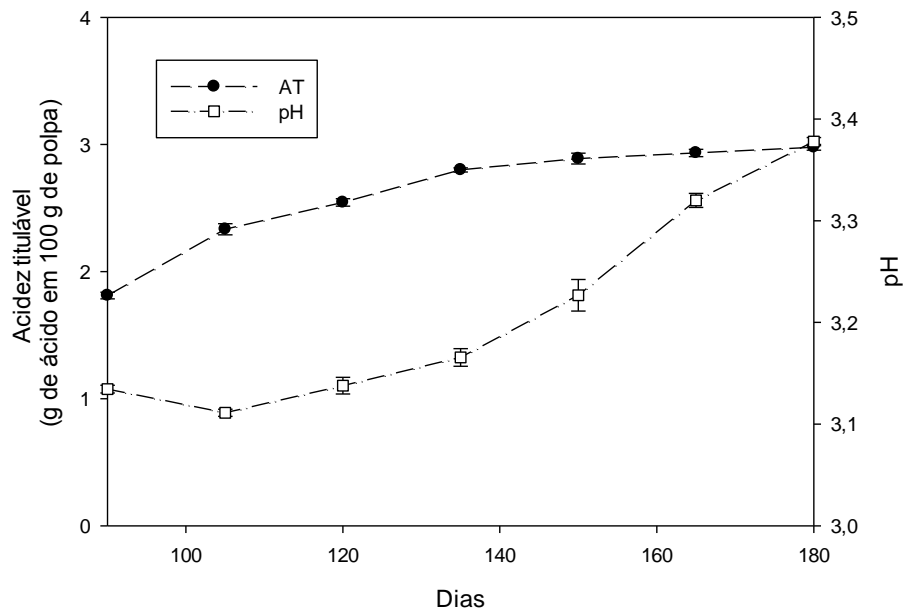
A média inicial (dia 0) de DPF e DEF era de  $16,10 \pm 0,47$  mm e  $5,72 \pm 0,22$  mm (Figura 8), respectivamente. Os diâmetros de frutos estabilizaram seu crescimento a partir do 150º dia, quando o DPF apresentava, em média,  $213,24 \pm 6,48$  mm e o DEF  $115,11 \pm 1,48$ . Os frutos colhidos com maturidade fisiológica (180º dia), tinham DPF e DEF com média de  $220,33 \pm 0,58$  e  $117,83 \pm 0,76$  mm, respectivamente. Houve um aumento proporcional de 1.368,50% em DPF e 2.059,96% em DEF, no 180º dia em relação aos dados iniciais.



**Figura 8.** Valores médios de diâmetro polar (DPF) e diâmetro equatorial (DEF) de frutos, durante o crescimento e a maturação de frutos de cupuaçu cultivados em sistema agroflorestal no Campo Experimental Confiança, no município de Cantá, Roraima, Brasil.

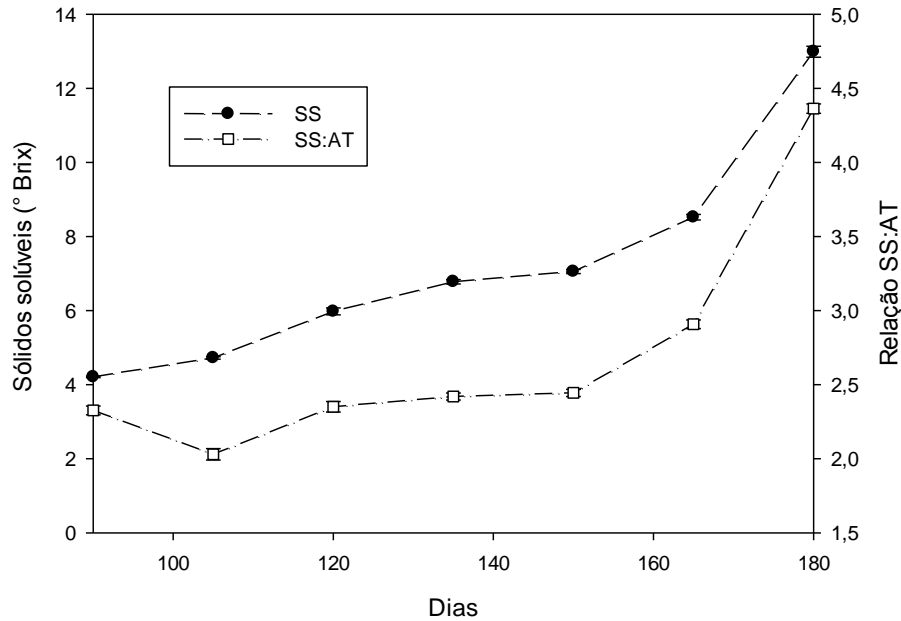
Hernández et al. (2006) afirmam que quando as células do fruto se alongam rapidamente, os efeitos diretos da planta e as influências do meio ambiente sobre o crescimento dos frutos são evidentes. Na Colômbia, estes autores registraram valores médios de 197 mm de DPF e 107 mm de DEF em frutos de cupuaçu com maturidade fisiológica (240 dias após antese). Quando maduros fisiologicamente, os frutos avaliados oriundos de Cantá, Roraima, apresentavam formatos do tipo oblongo, elíptico e ovoide, com constrição basal variando de ligeiro a forte e ápice do fruto variando de agudo a redondo.

Registrou-se aumento contínuo nos teores de SS e AT, e nos valores de pH e SS:AT durante o desenvolvimento dos frutos (Figuras 9 e 10). Os valores médios de acidez titulável e potencial hidrogeniônico variaram de  $1,81 \pm 0,02$  (90 d) e  $2,98 \pm 0,07$  g de ácido cítrico 100 g de polpa<sup>-1</sup> (180 d) e  $3,11 \pm 0,01$  (105 d) a  $3,38 \pm 0,01$  (180 d), respectivamente. Os valores médios de sólidos solúveis variaram entre  $4,21 \pm 0,06$  (90 d) e  $12,99 \pm 0,45$  °Brix (180 d). Os valores da relação SS:AT, proporcionalmente aos valores de SS e AT também aumentaram, com médias variando entre  $2,03 \pm 0,11$  (105 d) e  $4,36 \pm 0,09$  (180 d).



**Figura 9.** Valores médios de acidez titulável (AT) e potencial hidrogeniônico (pH) da polpa, durante o crescimento e a maturação, de frutos de cupuaçu cultivados em sistema agroflorestal no Campo Experimental Confiança, no município de Cantá, Roraima, Brasil.

Os valores médios de SS, AT e pH aferidos de polpas de frutos com maturidade fisiológica estão em conformidade com o recomendado (SS > 9,0 °Brix; AT > 1,50 g de ácido em 100 g de parte comestível; pH > 2,60) pelo padrão brasileiro de identidade e qualidade de polpas (BRASIL, 2000). A acidez titulável dos frutos maduros avaliou-se aos registrados por Santos et al. (2010) em polpas de cupuaçu comercializadas no Ceará, Brasil, com valores médios de 1,28 a 2,31 g de ácido cítrico por 100 g de parte comestível. Os valores médios de pH da polpa de cupuaçu mostraram-se próximos aos citados na literatura (FREIRE et al., 2009; CANUTO et al., 2010; SANTOS, et al., 2010; PAGLARINI et al., 2011), com valores entre 3,2 e 4,5.

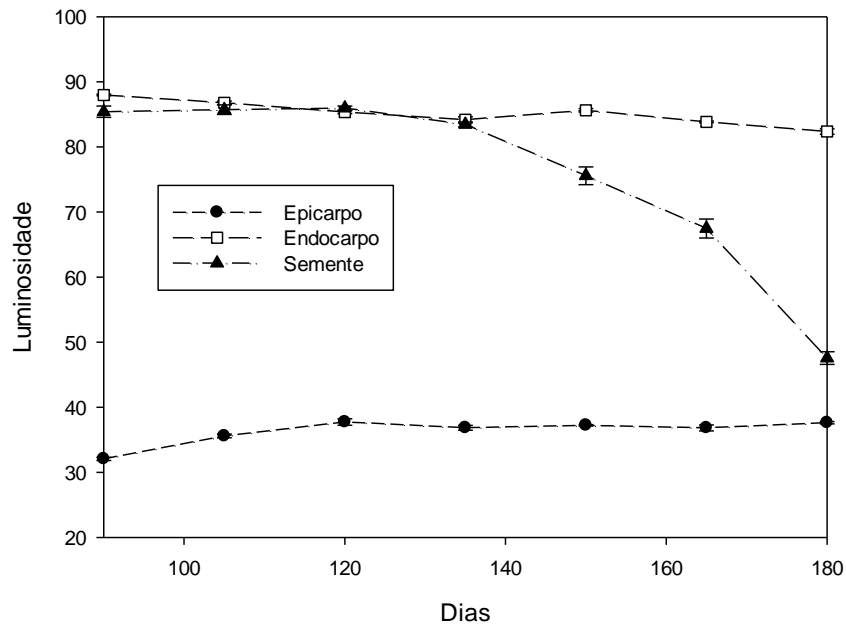


**Figura 10.** Teores médios de sólidos solúveis (SS) e da relação sólidos solúveis/acidez titulável (SS:AT) da polpa, durante crescimento e maturação, de frutos de cupuaçu cultivados em sistema agroflorestal no Campo Experimental Confiança, no município de Cantá, Roraima, Brasil.

Os frutos com maturidade fisiológica apresentaram valores de SS superiores aos registrados por Nascimento et al. (2012) em polpas produzidas e comercializadas em Boa Vista, Roraima, cujas médias variam de 3,3 a 9,6 °Brix. Estes valores foram semelhantes aos encontrados por Hernández et al. (2006) na Amazônia colombiana, com média de 13 °Brix. A relação SS:AT, indicador de maturação utilizado na avaliação do sabor de sucos e polpas de frutas, segundo Paglarini et al. (2011) para polpas de cupuaçu varia de 6,6 e 10,2, o que é bem maior que os registrados para frutos com maturidade fisiológica.

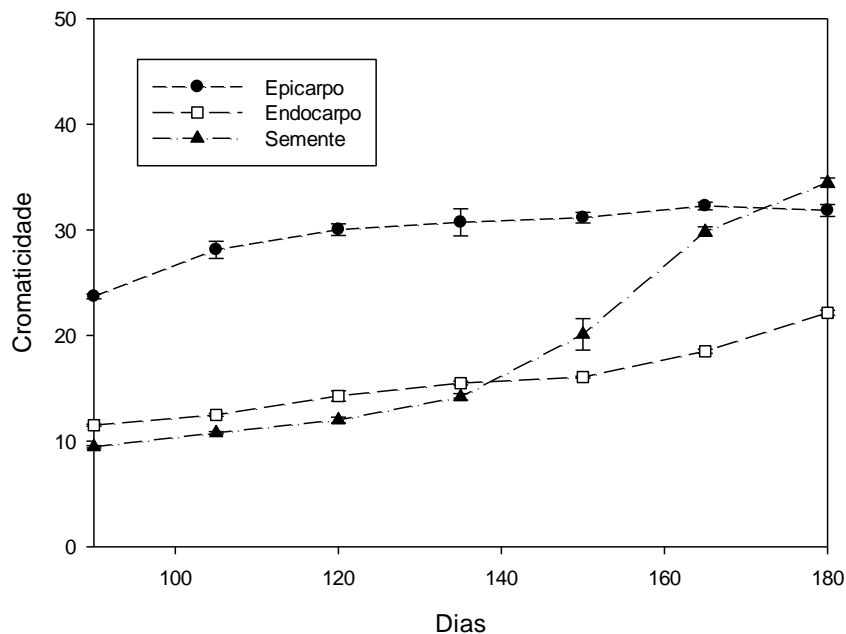
Observou-se aumento da concentração nos teores de sólidos solúveis e acidez nas polpas de cupuaçu durante o desenvolvimento do fruto, refletido em valores mais altos de SS e na relação SS:AT, devido à tardia estabilização do AT, e pequeno aumento do pH. Hernández et al. (2006) também relatam que à medida que o fruto amadurece a concentração de ácidos orgânicos decresce, e o pH aumenta. Hernández; Hernández (2012) estudando a polpa do cupuaçu também registraram o aumento de SS, pH e SS:AT nos frutos maduros, em relação aos frutos colhidos nas primeiras semanas após a antese. Estes autores registraram declínio na relação SS:AT entre o 98° e o 110° dia após antese, resultado do aumento de acidez titulável e da estabilidade de sólidos solúveis.

A luminosidade nas partes do fruto indica que o epicarpo por ser escuro desde o início da formação tem valores baixos de  $L^*$  (Figura 11), variando de  $32,07 \pm 0,76$  (dia 90) a  $37,73 \pm 1,50$  (dia 120). A luminosidade do endocarpo e das sementes é inicialmente alta com máximo de  $87,98 \pm 0,37$ , no 90° dia, e  $85,97 \pm 0,83$  no dia 120° dia, respectivamente. Aos 120 dias os frutos apresentavam polpa branca, com sementes claras e com pouca dureza, o que também foi relatado por Hernández et al. (2006). Entretanto, a partir do 150° dia de desenvolvimento dos frutos até o momento de colheita, mostrou redução na luminosidade em endocarpos e sementes, que passaram a serem mais escuros, especialmente, as sementes.



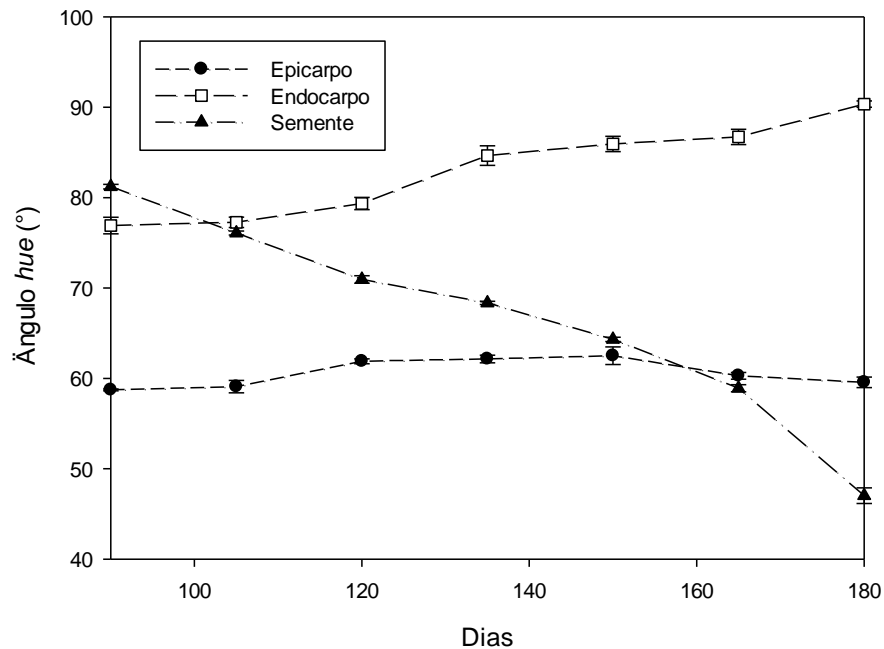
**Figura 11.** Valores médios da luminosidade ( $L^*$ ) do epicarpo, endocarpo e semente, durante crescimento e maturação em frutos de cupuaçu cultivados em um sistema agroflorestal no Campo Experimental Confiança, no município de Cantá, Roraima, Brasil.

A variação na coloração das sementes de cupuaçu, durante desenvolvimento do fruto pode estar ligada à desidratação gerada pela perda de água para o meio externo, onde o seu envoltório derivado dos tegumentos torna-se endurecidos, para formarem uma estrutura protetora para o embrião e armazenarem nutrientes (RAVEN; EVERT; EICHHORN, 2014). Quanto à cromaticidade, os frutos de cupuaçu apresentaram valores considerados de baixo à médio (Figura 12). O epicarpo foi o componente vegetal que apresentou maior intensidade de cor, refletindo em maiores valores de  $C^*$ , entre  $23,70 \pm 0,70$ , no 90º dia, e  $32,26 \pm 1,07$  no 165º dia. Os valores de  $C^*$  das sementes variaram de  $9,47 \pm 0,34$  no 90º dia, a  $34,48 \pm 1,34$  no 180º dia. Registrou-se o aumento da cromaticidade nas sementes a partir do 150º dia, alcançando a tonalidade marrom alaranjada, característica das sementes de cupuaçu.



**Figura 12.** Valores médios de cromaticidade ( $C^*$ ) do epicarpo, endocarpo e semente, durante crescimento e maturação em frutos de cupuaçu cultivados em sistema agroflorestal no Campo Experimental Confiança, no município de Cantá, Roraima, Brasil.

Avaliando-se a coloração dos cupuaçus quanto ao ângulo *hue* (indicador de tonalidade), observou-se que o epicarpo apresentou tonalidade marrom alaranjada na maior parte das avaliações (Figura 13), e com baixa variação, cujos valores de  $h^\circ$  variaram de  $58,72 \pm 0,29$  no 90º dia, a  $62,50 \pm 1,93^\circ$  no 150º dia. Os endocarpos apresentaram tonalidade amarelada do início da produção de polpa até a maturidade fisiológica, com valores de  $h^\circ$  de  $76,91 \pm 2,75$ , no 90º dia, e  $90,35 \pm 1,06$  no 180º dia. As sementes de cupuaçu apresentaram a maior variação de  $h^\circ$  registrados, com valores entre  $47,02 \pm 2,59$  no 180º dia e  $81,21 \pm 2,58$  no 90º dia, que indicam coloração vermelho alaranjado e amarelo, respectivamente.



**Figura 13.** Valores médios de ângulo *hue* ( $h^\circ$ ) do epicarpo, endocarpo e semente, durante crescimento e maturação em frutos de cupuaçu cultivados em sistema agroflorestal no Campo Experimental Confiança, no município de Cantá, Roraima, Brasil.

Freire et al. (2009) registraram valores de  $L^*$  em polpas de cupuaçu entre 71,0 e 73,4, indicando cor clara, próxima ao branco. Canuto et al. (2010) registraram polpas mais escuras, com média de 54,9  $L^*$ . Os valores de  $h^\circ$ , encontrados por Hernández; Hernández (2012), com média de 90,4, indicaram tonalidade amarela para polpas de cupuaçu. Canuto et al. (2010) registraram valores de  $C^*$  com média de 8,4. Hernández; Hernández (2012) relatam que durante S3, a cor do epicarpo do fruto não mudou significativamente, contudo, a polpa mudou do branco ao amarelo e creme, mostrando que esta mudança pode ser usada como um índice da maturidade de frutos de cupuaçu. A clorofila é degradada e outros pigmentos podem ser formados, mudando sua coloração. Simultaneamente, a parte carnosa do fruto (endocarpo) amolece como resultado da digestão enzimática da pectina, o principal componente da lamela mediana na parede celular (RAVEN; EVERT; EICHHORN, 2014).

Os valores médios da qualidade de frutos de cupuaçu com maturidade fisiológica estão apresentados na tabela 4. Os frutos apresentaram massa fresca, massa seca, diâmetro polar, diâmetro equatorial semelhantes aos registrados por Hernández et al. (2006), Barrera et. al. (2006) e Acevedo; Cruz; Herrera (2009). Os valores de sólidos solúveis, acidez titulável e potencial hidrogeniônico estão em conformidade com o padrão de qualidade brasileiro (BRASIL, 2000). Os valores de coloração (luminosidade, cromaticidade e *ângulo hue*) do

epicarpo, endocarpo e sementes de cupuaçu são próximos aos encontrados por Hernandez et al. (2010) e Hernández; Hernández (2012).

**Tabela 4.** Características fisiológicas, físicas e físico-químicas de frutos de cupuaçu com maturidade fisiológica (180° dia) colhidos em agroflorestal no Campo Experimental Confiança, no município de Cantá, Roraima, Brasil. (GUIMARÃES, 2018).

Parâmetro	Valores médios±desvio-padrão
Massa fresca do fruto (g)	1637,59±13,93
Massa seca do fruto (g)	448,30±14,92
Diâmetro polar do fruto (mm)	220,33±0,58
Diâmetro equatorial do fruto (mm)	117,83±0,76
Sólidos solúveis (°Brix)	12,99±0,45
Acidez titulável (g de ácido cítrico 100 g de polpa <sup>-1</sup> )	2,98±0,07
Potencial hidrogeniônico	3,38±0,01
Relação sólidos solúveis:acidez titulável	4,36±0,09
Luminosidade do epicarpo	37,62±0,52
Cromaticidade do epicarpo	31,85±1,62
Ângulo <i>hue</i> do epicarpo (°)	59,56±1,74
Luminosidade do endocarpo	82,37±1,23
Cromaticidade do endocarpo	22,15±0,72
Ângulo <i>hue</i> do endocarpo (°)	90,35±1,06
Luminosidade da semente	47,55±2,92
Cromaticidade da semente	34,48±1,34
Ângulo <i>hue</i> da semente (°)	47,02±2,59

Os coeficientes de correlação entre as variáveis avaliadas e os dias de monitoramento durante a maturação de frutos de cupuaçu cultivados em sistema agroflorestal de Roraima estão apresentadas nas Tabelas 5 e 6. Neste estudo observaram-se dentre os coeficientes de correlação significativos, correlações consideradas moderadas, fortes e muito fortes (MUKAKA, 2012), sendo 23 negativas e 31 positivas. Verificaram-se correlações fortes e muito fortes entre MFF, MSF, DPF e DEF, todas positivas. As combinações de correlação entre os parâmetros cromaticidade e ângulo *hue* do epicarpo e as demais variáveis, não apresentaram significância ao nível de 1% e 5% de probabilidade.

Os dias de monitoramento do desenvolvimento dos frutos de cupuaçu teve correlação positiva muito forte com a cromaticidade do endocarpo (C\*En) e das sementes (C\*S), teores de sólidos solúveis (SS) e potencial hidrogeniônico (pH), indicando que com o desenvolvimento dos frutos os valores desses índices aumentaram significativamente. O ângulo *hue* das sementes (h°S) apresentou correlação negativa muito forte com os dias de monitoramento, indicando que tende a diminuir com o passar do tempo.

Observou-se que, a cromaticidade do endocarpo (C\*En) tem associação direta com a cor (L\*, C\* e h°) das sementes, teor de SS e pH, indicado pela correlação muito forte. À medida que a tonalidade branco-amarelada do fruto de cupuaçu vai sendo incrementada, observa-se redução nos valores de luminosidade (L\*S) e tonalidade da semente (h°S) e incremento nos valores de cromaticidade do endocarpo (C\*En), nos teores de sólidos solúveis (SS) e no potencial hidrogeniônico (pH).

Notou-se correlação muito forte e negativa da luminosidade de semente ( $L^*S$ ) com sua cromaticidade ( $C^*S$ ), teor de SS, pH e relação SS:AT, mas positiva com  $h^oS$ , indicando que quando as sementes escurecem os valores de  $C^*S$ , SS, pH e SS:AT aumentarão, e os valores de  $h^oS$ , reduzidos, de inicialmente amarelo, para posteriormente, vermelho alaranjado. A cromaticidade do tegumento das sementes ( $C^*S$ ) de cupuaçu têm correlação positiva muito forte com os teores de SS e pH, e negativa com a luminosidade da semente ( $h^oS$ ), indicando que à medida que a intensidade da cor da semente é incrementada, aumenta-se também, a concentração de sólidos solúveis e o pH, mas diminui a tonalidade.

**Tabela 5.** Matriz de correlação linear simples entre as variáveis de crescimento e desenvolvimento de frutos de cupuaçu cultivado em sistema agroflorestal no Campo Experimental Confiança, no município de Cantá, Roraima, Brasil. (GUIMARÃES, 2018).

Dias	MFF	MSF	DPF	DEF	
Dias	1				
MFF	0,940**	1			
MSF	0,912**	0,981**	1		
DPF	0,974**	0,891**	0,839**	1	
DEF	0,978**	0,934**	0,879**	0,984**	1

MFF = massa fresca do fruto; MSF = massa seca do fruto; DPF = diâmetro polar do fruto; DEF = diâmetro equatorial do fruto; \*\* = significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ ). N = 3.

**Tabela 6.** Matriz de correlação linear simples entre as variáveis de qualidade e maturação avaliadas a partir do 90° dia de acompanhamento do desenvolvimento de frutos de cupuaçuzeiros cultivados em sistema agroflorestal no Campo Experimental Confiança, no município de Cantá, Roraima, Brasil. (GUIMARÃES, 2018).

	Dias	L*Ep	C*Ep	h°Ep	L*En	C*En	h°En	L*S	C*S	h°S	SS	AT	pH	SS:AT
Dias	1													
L*Ep	0,283*	1												
C*Ep	-0,132 <sup>ns</sup>	-0,018 <sup>ns</sup>	1											
h°Ep	0,212 <sup>ns</sup>	0,456**	0,029 <sup>ns</sup>	1										
L*En	-0,826**	-0,342**	0,257*	-0,089 <sup>ns</sup>	1									
C*En	0,950**	0,299*	-0,116 <sup>ns</sup>	0,135 <sup>ns</sup>	-0,806**	1								
h°En	0,885**	0,282*	-0,105 <sup>ns</sup>	0,193 <sup>ns</sup>	-0,739**	0,861**	1							
L*S	-0,850**	-0,190 <sup>ns</sup>	0,012 <sup>ns</sup>	0,075 <sup>ns</sup>	0,687**	-0,905**	-0,775**	1						
C*S	0,927**	0,150 <sup>ns</sup>	0,003 <sup>ns</sup>	-0,022 <sup>ns</sup>	-0,750**	0,930**	0,834**	-0,936**	1					
h°S	-0,969**	-0,309*	0,111 <sup>ns</sup>	-0,129 <sup>ns</sup>	0,843**	-0,969**	-0,862**	0,913**	-0,935**	1				
SS	0,914**	0,320**	-0,109 <sup>ns</sup>	0,068 <sup>ns</sup>	-0,818**	0,963**	0,827**	-0,948**	0,916**	-0,974**	1			
AT	0,898**	0,330**	-0,265*	0,263*	-0,786**	0,796**	0,801**	-0,607**	0,733**	-0,832**	0,735**	1		
pH	0,903**	0,159 <sup>ns</sup>	0,077 <sup>ns</sup>	-0,030 <sup>ns</sup>	-0,706**	0,916**	0,822**	-0,929**	0,967**	-0,913**	0,909**	0,698**	1	
SS:AT	0,780**	0,268*	-0,013 <sup>ns</sup>	-0,009 <sup>ns</sup>	-0,702**	0,885**	0,711**	-0,941**	0,850**	-0,880**	0,955**	0,502**	0,859**	1

L\*Ep = luminosidade do epicarpo; C\*Ep = cromaticidade do epicarpo; h°Ep = ângulo *hue* do epicarpo; L\*En = luminosidade do endocarpo; C\*En = cromaticidade do endocarpo; h°En = ângulo *hue* do endocarpo; L\*S = luminosidade da semente; C\*S = cromaticidade da semente; h°S = ângulo *hue* da semente; SS = sólidos solúveis; AT = acidez titulável; pH = potencial hidrogeniônico; SS:AT = relação sólidos solúveis:acidez titulável; \*\* = significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ ); \* = significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $0,01 \leq 0,05$ ); ns = não significativo ( $p \geq 0,05$ ). N = 9.



## CONCLUSÕES

Os frutos de cupuaçu cultivados em sistema agroflorestal em Cantá, Roraima atingiram maturidade fisiológica aproximadamente após 180 dias da formação do fruto. Os diâmetros polar e equatorial e as massas fresca e seca do fruto apresentaram modelo de crescimento do tipo sigmoidal simples.

Os frutos com maturidade fisiológica apresentaram formatos do tipo oblongo, elíptico e ovoide, com constrição basal variando de ligeiro a forte e ápice variando de agudo a redondo. Os valores de qualidade aferidos das polpas destes frutos estavam em conformidade com o recomendado pelo padrão de identidade e qualidade de polpas brasileiras.

Houve um aumento contínuo na acidez titulável, no potencial hidrogeniônico, no teor de sólidos solúveis, na relação sólidos solúveis:acidez titulável e na cromaticidade das polpas durante o desenvolvimento e maturação de frutos de cupuaçuzeiros cultivados no sistema agroflorestal estudado.

As tonalidades de cores dos componentes dos frutos não se mostraram evidentes por causa dos baixos valores de cromaticidade. Os epicarpos apresentaram tonalidade marrom alaranjada dentre a maior parte do desenvolvimento. Os endocarpos tiveram tonalidade amarelada do início da produção de polpa até a maturidade fisiológica e as sementes apresentaram coloração vermelho alaranjado.

Das características utilizadas para mensurar o desenvolvimento e maturação fisiológica dos frutos de cupuaçu, as que se mostraram mais associadas foram o teor de sólidos solúveis, o potencial hidrogeniônico e a coloração do fruto, especialmente, a luminosidade, a cromaticidade e o ângulo *hue* da polpa e sementes.

**CAPÍTULO III - QUALIDADE AGROINDUSTRIAL DAS POLPAS DE  
CUPUAÇUZEIROS INFLUENCIADOS PELA SUSCEPTIBILIDADE À  
VASSOURA-DE-BRUXA**

## RESUMO

A cultura do cupuaçu é uma das mais populares e importantes da região amazônica. Para agricultura familiar, peri-urbana e/ou comunidades indígenas, é figura de destaque na composição dos sistemas de produção, assim como na segurança alimentar. Raros são os relatos relacionando à qualidade da polpa e os diferentes níveis de suscetibilidade das plantas a doença vassoura-de-bruxa, responsável por grandes prejuízos para a cultura. Objetivou-se caracterizar polpas de cupuaçuzeiros com diferentes susceptibilidades a vassoura-de-bruxa. Os frutos de cupuaçu avaliados foram produzidos em sistema agroflorestal no Campo Experimental Confiança da Embrapa Roraima durante a safra 2015/2016. Baseado nos estudos preliminares efetuados nos últimos 5 anos pela Embrapa Roraima, as plantas e seus frutos foram classificados quanto à suscetibilidade ao ataque da doença vassoura-de-bruxa em quatro níveis: resistente sem ataque (0%); moderadamente resistente com 1 a 13% de ataque; susceptível com 14 a 50% de ataque; e altamente susceptível com ataques acima de 51%. Selecionaram-se as plantas mais produtivas, com frutos contendo a maior quantidade de polpa armazenada. Os frutos foram colhidos semanalmente diretamente do chão e encaminhados para identificação e armazenamento no Laboratório de Pós-Colheita e Agroindústria da Embrapa Roraima. Avaliaram-se os teores de sólidos solúveis e acidez titulável, a relação SS:AT, pH, coloração, condutividade elétrica, total de sais dissolvidos, macro e micro nutrientes. As polpas de cupuaçu analisadas neste trabalho estavam em conformidade com o padrão de qualidade estabelecido pela legislação vigente, registrando-se diferenças significativas entre as características físico-químicas. Cupuaçuzeiros suscetíveis e altamente susceptíveis apresentaram maior concentração de sais dissolvidos nas polpas do que as plantas moderadamente resistentes e resistentes à vassoura-de-bruxa. Nutricionalmente, as maiores diferenças entre polpas desidratadas de cupuaçuzeiros resistentes e altamente susceptíveis ao ataque de vassoura-de-bruxa estavam nos teores de fósforo, ferro, nitrogênio, zinco, manganês, e especialmente, boro, onde as plantas resistentes ao ataque do fungo apresentaram os maiores valores. Houve correlações negativas e positivas significativas, entre as características de qualidade agroindustrial de polpas de cupuaçu e a porcentagem da infestação de vassoura-de-bruxa em cupuaçuzeiros, variando de moderadas a muito fortes.

**Palavras-chave:** *Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) K.Schum.; *Moniliophthora perniciosa* (Stahel); segurança alimentar.

## ABSTRACT

The cupuaçu culture is one of the most popular and important in the Amazon region. For family, peri-urban and/or indigene farming, it is a prominent figure in the composition of production systems, as well as in food security. Rare are the reports relating to pulp quality and the different levels of susceptibility of plants to witch-broom disease, responsible for great damage to the crop. The objective of this study was to characterize pulps of cupuaçuzeiros with different susceptibilities to witch-broom disease. The cupuaçu pulps analyzed in this work were grown in the Experimental Field of Embrapa Roraima, during the 2016/17 harvest. Based on preliminary studies achieved in the last 5 years by Embrapa Roraima, the plants and their fruits were classified by the susceptibilities to the attack of witch-broom disease in four levels: resistant with no attack (0%); moderately resistant to the attack with 1 to 13%; susceptible to the attack with 14 to 50%; and highly susceptible to attacks with levels higher than 51%. The plants selected were those more productive, with fruits containing the larger amount of pulp stored. The fruits were collected weekly, directly from the ground and routed to identification and storage on the Postharvest and Agroindustry Lab of Embrapa Roraima. Soluble solids contents, titratable acidity, the relation between them, pH, coloration, electrical conductivity, total dissolved salts, macro and micro nutrients. For the analysis of macro and micro nutrients, frozen pulps were dehydrated in a greenhouse. Cupuaçu pulps that were analyzed in this work were in compliance with the quality standard established by the current legislation, registering significant differences among the physic-chemical characteristics. Susceptible and highly susceptible cupuaçuzeiros presented higher concentration of dissolved salts in the pulps than the plants moderately resistant and resistant to the witch-broom disease. Nutritionally, the major differences between resistant dehydrated pulps of cupuaçu and highly susceptible to witch-brooms were phosphorus, iron, nitrogen, zinc, manganese, and especially boron, where plants resistant to fungus attacks presented the highest values. There were significant negative and positive correlations between the agroindustrial quality characteristics of cupuaçu pulps and the percentage of witch-broom infestation in cupuaçu trees, which can vary from moderate to very strong.

**Keywords:** *Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) K.Schum.; *Moniliophthora perniciosa* (Stahel); Food security.

## INTRODUÇÃO

As tendências do mercado mundial de alimentos apontam para alto crescimento no consumo de produtos naturais, como frutas e verduras (BUENO; BACCARIN, 2012), incentivando cada vez mais a agricultura, especialmente, as de base alternativa, sendo fonte de trabalho, emprego, renda, conservação ambiental e garantia de segurança alimentar. A possibilidade de o consórcio de frutíferas com outros cultivos de interesse econômico é interessante, e vale apenas ser destacado, uma vez que, a agricultura baseada na biodiversidade é uma alternativa ao monocultivo. Duru; Theron; Fares (2015) enfatizam que sua atratividade e promessa aumentam à medida que a pressão social aumenta para a gestão sustentável do meio ambiente e da agricultura.

A agricultura familiar é comumente desenvolvida dentro de Sistemas Agroflorestais (SAFs) na Amazônia, muito utilizados por comunidades indígenas, caboclas, tradicionais e ribeirinhas. O cupuaçu [*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) K.Schum.] é destaque na composição de sistemas de produção, sendo utilizado tanto para alimentação quanto para comercialização. Esta frutífera tem amplas possibilidades de mercado, dada a diversidade do aproveitamento de amêndoas e da polpa na agroindústria (FRAZÃO; VIÉGAS, 2006), pois, tem características tecnológicas consideradas ótimas, como alto grau de rendimento em polpa e boa qualidade sensorial, dado pelo sabor caracteristicamente forte, agradável e muito apreciado pelos consumidores.

No Brasil, a qualidade da polpa de cupuaçu é regulamentada pela Instrução Normativa nº 01, de 7 de janeiro de 2000 do Ministério da Agricultura e do Abastecimento, onde são fixados os padrões de identidade e qualidade para este produto. Conforme definição legal, a polpa ou purê de cupuaçu é o produto não fermentado e não diluído, obtido da parte comestível do cupuaçu, exceto a semente, através de processo tecnológico adequado. As polpas ou purês de cupuaçu deverão ser de cor branca ou branca amarelada, com sabor levemente ácido e aroma próprio (BRASIL, 2000).

Entretanto, a fitossanidade ainda é um entrave para o desenvolvimento e estabelecimento da cultura do cupuaçu. A vassoura-de-bruxa, principal doença de cupuaçuzeiros, causada pelo fungo *Moniliophthora perniciosa* (Stahel), reduz significativamente a produção econômica e, em casos extremos, elimina a produção (FALCÃO; MORAIS; CLEMENT, 1999). Em Roraima, a produtividade desta cultura tem decrescido vertiginosamente nos últimos anos devido, principalmente, à utilização de materiais suscetíveis a este fungo (LIMA et al., 2014). Plantas com resistência e tolerância ao ataque de vassoura-de-bruxa estão sendo inseridas, porém, não há relatos sobre a qualidade da polpa destes frutos.

De acordo com Vêras; Lima; Gasparotto (1997) nas vassouras verdes das plantas adultas, na época de floração, verifica-se abundante emissão de botões florais, com posterior aborto das flores. Há paralisação no crescimento dos frutos jovens, seguida de mumificação. Quando o fungo ataca os frutos com maturidade fisiológica em fase adiantada, observam-se lesões escuras no epicarpo, que correspondem internamente à região de apodrecimento do endocarpo (polpa), a qual passa da cor creme normal para marrom, que não tem aceitação pelo mercado.

Há poucos relatos na literatura científica relacionando a qualidade do fruto de cupuaçu e o nível de suscetibilidade das plantas ao ataque do *M. perniciosa*. Acredita-se que possa haver diferença entre as características físico-químicas das polpas de cupuaçuzeiros com diferentes níveis de ataque do fungo, principalmente quanto à

quantidade e a qualidade de seus sais minerais. A condutividade elétrica (CE) e o total de sais dissolvidos (TSD) são parâmetros que estão relacionados com a presença de íons na amostra, pois, quanto mais íons, maior será a capacidade de conduzir a corrente elétrica. Estas avaliações podem ser utilizadas como parâmetros indicativos da concentração total de sais minerais presentes em amostras de solo, resíduos, água e vegetais (TEDESCO et al., 1995).

Dias et al. (2011) avaliaram a relação da qualidade pós-colheita de frutos do maracujazeiro-amarelo cultivado em solo com diferentes doses de biofertilizante, onde se mensurou a CE das doses de biofertilizante e das polpas de suco da fruta. Silva et al. (2009) realizaram comparação entre a qualidade pós-colheita de sistemas produção orgânica e convencional usando parâmetros físicos, físico-químicos e sensoriais, dentre eles, a condutividade elétrica, tornando possível determinar qual tipo de sistema produz água de coco com maiores teores de sais minerais.

Deste modo, objetivou-se caracterizar polpas de cupuaçuzeiros com diferentes níveis de susceptibilidade ao ataque de vassoura-de-bruxa cultivados em Sistemas Agroflorestal (SAF) no município de Cantá, Roraima, e avaliar se há associação entre a qualidade agroindustrial da polpa e os níveis de susceptibilidade ao ataque de vassoura-de-bruxa.

## MATERIAL E MÉTODOS

Os frutos de cupuaçu avaliados foram produzidos no Campo Experimental Confiança da Embrapa Roraima durante a safra 2015/2016, em sistema agroflorestral (SAF), contendo também plantas com castanha-da-Amazônia (*Bertholletia excelsa* Bonpl.), pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth), cupiúba (*Goupia glabra* Aubl.), andiroba (*Carapa guyanensis* Oliv.), café (*Coffea canephora* Pierre ex A.Froehner), saman [*Samanea saman* (Jacq.) Merr.], abiu [*Micropholis venulosa* (Mart. & Eichler ex Miq.) Pierre] e gliricídia [*Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp.]. A área de produção está localizada no município de Cantá, Roraima, Brasil, entre as coordenadas geográficas 02°15'00"N e 60°39'54"W, a 90 km de Boa Vista, Roraima.

A região apresenta vegetação de floresta e clima do tipo Ami (Koppen), quente e semiúmido, com duas estações bem distintas: verão e inverno (MOURÃO JUNIOR et al., 2003). A precipitação varia de 1795 a 2385 mm.ano<sup>-1</sup>, com período chuvoso concentrado nos meses de maio a julho, que corresponde a mais de 55% do total de precipitação (FERREIRA; TONINI, 2009). O solo do sistema agroflorestral em que estudo foi desenvolvido, foi classificado como sendo Argissolo Vermelho-Amarelo, de textura argilosa (MOURÃO JUNIOR et al., 2003). É considerado um solo mineral não hidromórfico, desenvolvido a partir de produtos da decomposição de rochas ácidas medianamente ricas, como granitos e gnaisses, que se encontram profundamente alteradas (VALE JÚNIOR; SCHAEFER, 2010).

No SAF estudado, a partir de 2006 os cupuaçuzeiros começaram a apresentar sintomas de infestação natural da doença vassoura-de-bruxa, causada pelo fungo *Moniliophthora perniciosa* (Stahel). Em maio de 2013, a equipe de Fruticultura e Fitopatologia da Embrapa Roraima realizaram avaliações da incidência e severidade máxima da vassoura-de-bruxa nos cupuaçuzeiros, utilizando o método do diagrama ilustrativo proposto por Souza et al. (2009). Para verificar a susceptibilidade e a resposta da planta à tratamentos culturais, no mesmo ano, realizaram-se em plantas infectadas com vassoura-de-bruxa poda drástica (cortes superiores a 40% da copa). Nos cupuaçuzeiros com alta incidência da doença realizou-se eliminação total da copa. Todo material vegetal contaminado foi retirado da área. Realizou-se adubação mineral com ureia (250 g), superfosfato simples (650 g), cloreto de potássio (300 g) e FTE BR 12 (50 g) em cada planta.

Nos anos posteriores, a reincidência da doença foi acompanhada, mantendo-se os tratamentos culturais. Realizou-se controle fitossanitário aplicando pasta bordalesa nas áreas injuriadas pelas podas, visando controlar novas contaminações fúngicas. Baseado nos estudos preliminares efetuados nos últimos 5 anos pela Embrapa Roraima (LIMA et al., 2014), as plantas e seus frutos foram classificados quanto à susceptibilidade ao ataque da doença vassoura-de-bruxa em quatro níveis: resistente (R) sem ataque (0%); moderadamente resistente (MR) com 1 a 13% de ataque; susceptível (S) com 14 a 50% de ataque; e altamente susceptível (AS) com ataques acima de 51%. Foram selecionadas as plantas mais produtivas, com frutos contendo a maior quantidade de polpa armazenada, e selecionando-se cinco plantas por nível de susceptibilidade.

Os frutos foram colhidos semanalmente diretamente do chão e encaminhados para avaliação de qualidade no Laboratório de Pós-Colheita e Agroindústria da Embrapa Roraima (Lab. PAC). Neste laboratório os frutos eram armazenados em sala climatizada (24±1 °C) até os beneficiamentos (no máximo dois dias), quando eram higienizados com água clorada na proporção de 12 ml de hipoclorito de sódio em 100 L de água,

despolpados manualmente com auxílio de tesouras e as polpas, identificadas individualmente e mantidas congeladas em freezer (-18 °C) até a avaliação. As amostras identificadas e selecionadas foram descongeladas e homogeneizadas para avaliação dos teores de sólidos solúveis (SS) e acidez titulável (AT), a relação SS:AT e o potencial hidrogeniônico (pH), conforme métodos indicados pelo Instituto Adolf Lutz (2008).

As análises foram realizadas em sala climatizada (24±1 °C) com iluminação artificial (lâmpadas fluorescentes). Os sólidos solúveis foram aferidos em refratômetro (modelo PAL-1), calibrado com água destilada (0,0 °Brix). Para determinação de pH utilizou-se potenciômetro (modelo HI-57291), calibrado com soluções tampão (pH 4,00 e pH 7,00). A condutividade elétrica e o total de sólidos solúveis foram mensurados em condutivímetro microprocessado (Modelo Q-405M), calibrado com solução padrão de KCl com 1418  $\mu\text{S cm}^{-1}$ . A coloração das polpas [luminosidade ( $L^*$ ); cromaticidade ( $C^*$ ) e ângulo *hue* ( $h^\circ$ )] foi mensurada pela leitura direta com colorímetro (Modelo CR-410), calibrado em placa padrão ( $Y = 87,2$ ;  $x = 0,3167$ ;  $y = 0,3237$ ), com resultados expressos no sistema CIE  $L^* a^* b^*$ .

Para análise de macro e micronutrientes as polpas foram desidratadas por secagem direta em estufa de ar quente, graduada na faixa de 105±5 °C por 24 horas de acordo com o método do Instituto Adolf Lutz (2008). As polpas desidratadas foram acondicionadas em sacos de papel para encaminhamento ao laboratório comercial. As análises nutricionais foram realizadas pelo laboratório comercial PIRASOLO na cidade de Piracicaba, São Paulo, Brasil, utilizando digestão sulfúrica para N e digestão nitro-perclórica para P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn. Utilizou-se colorimetria para análise de P, S e B, espectrofotometria de absorção atômica para análise de Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn, e para K, utilizou-se emissão fotometria de chama. Para comparação e enquadramento legal das polpas, foram adotados os valores mínimos e máximos estabelecidos pelos Padrões de Identidade e Qualidade para polpa de cupuaçu (BRASIL, 2000) e pelos valores médios da Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (UNICAMP, 2011).

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, sendo os níveis de susceptibilidade ao ataque de vassoura-de-bruxa (AS, S, MR e R) os tratamentos. Os dados foram submetidos ao teste de normalidade (Shapiro-Wilk) e foram validados estatisticamente por meio de análise de variância e, quando significativos ( $p < 0,05$ ), comparados pelo teste Tukey utilizando o software Sisvar 5.6 (FERREIRA, 2011). Objetivando avaliar as correlações entre os componentes de qualidade agroindustrial e os níveis de susceptibilidade (% de infestação), montou-se a matriz de correlação de Pearson utilizando o software Statistix 10.0 (ANALYTICAL SOFTWARE, 2008).



## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância demonstrou que houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre a qualidade das polpas de cupuaçuzeiros com níveis diferentes de susceptibilidade à vassoura-de-bruxa, em quatorze das vinte variáveis avaliadas. O indicador de maturação (SS:AT), a coloração ( $L^*$ ,  $C^*$  e  $h^\circ$ ) e os teores de cálcio e enxofre não apresentaram diferença significativa ( $p > 0,05$ ). As polpas de cupuaçu estudadas, independente do nível de susceptibilidade da planta-mãe ao ataque de vassoura-de-bruxa (Tabela 7) encontravam-se dentro do estipulado por lei para SS, AT e pH (BRASIL, 2000), apresentando ótima qualidade para agroindústria.

**Tabela 7.** Caracterização física e química de polpas de cupuaçu produzidas em sistema agroflorestral no Campo Experimental Confiança, no município de Cantá, Roraima, Brasil e classificadas quanto ao nível de susceptibilidade à vassoura-de-bruxa. (GUIMARÃES, 2018).

Níveis de susceptibilidade	SS	AT	SS:AT	pH	CE	TSD
	(°Brix)	(g 100 g <sup>-1</sup> )			(dS m <sup>-1</sup> )	(mg L <sup>-1</sup> )
Resistente	11,6±0,87 <sup>b</sup>	2,6±0,90 <sup>ab</sup>	4,8±1,36	3,4±0,06 <sup>c</sup>	0,666±0,10 <sup>b</sup>	445,64±39,44 <sup>b</sup>
Moderadamente resistente	12,4±0,64 <sup>ab</sup>	2,2±0,34 <sup>b</sup>	5,8±1,16	3,7±0,09 <sup>a</sup>	0,690±0,12 <sup>ab</sup>	448,64±39,37 <sup>b</sup>
Susceptível	13,6±2,28 <sup>a</sup>	3,1±0,57 <sup>a</sup>	4,6±1,61	3,5±0,15 <sup>bc</sup>	0,788±0,03 <sup>a</sup>	575,91±14,94 <sup>a</sup>
Altamente susceptível	12,8±0,27 <sup>ab</sup>	2,7±0,14 <sup>ab</sup>	4,7±0,13	3,6±0,10 <sup>b</sup>	0,753±0,01 <sup>ab</sup>	557,98±15,09 <sup>a</sup>
Média geral	12,6±1,32	2,7±0,58	5,0±1,15	3,6±0,16	0,725±0,08	502,05±64,28
C.V. (%)	11,23	24,45	26,87	4,45	15,49	8,68
D.M.S.	1,38	0,63	nd	0,15	0,11	42,14
Valor de $p$	0,011	0,007	0,051	0,001	0,015	0,001

Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). (n = 15). C.V. = coeficiente de variação; D.M.S. = diferença mínima significativa; nd = não determinado; SS = sólidos solúveis; AT = acidez titulável; SS:AT = relação sólidos solúveis/acidez titulável; pH = potencial hidrogeniônico; CE = condutividade elétrica; TSD = total de sais dissolvidos.

Houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre o teor de sólidos solúveis (SS) na polpa de plantas resistentes e susceptíveis, com valores variando de 11,6±0,87 a 13,6±2,28 °Brix. Observa-se que a média geral de sólidos solúveis registrados nas polpas avaliadas é 40% superior ao que a lei brasileira exige para polpa de cupuaçu (SS > 9,0 °Brix). No geral, os valores médios de SS foram superiores aos encontrados em polpas produzidas e comercializadas na cidade de Boa Vista, Roraima, por Nascimento et al. (2012), com valores entre 3,3 e 9,6 °Brix. Verificou-se que as polpas avaliadas tiveram SS superiores aos encontrados por Canuto et al. (2010) e Paglarini et al. (2011), com valores entre 9,1 e 10,3 °Brix.

Quanto à acidez titulável, os valores médios variaram de 2,2±0,34 a 3,1±0,57 g de ácido em 100 g de polpa, indicando menor variação do que as encontradas por Nascimento et al. (2012), com AT entre 1,6 e 4,0 g de ácido cítrico 100 g polpa<sup>-1</sup>. Santos et al. (2010) registraram AT entre 4,9 e 7,4 g de ácido por 100 g em polpas de cupuaçu de seis marcas comerciais. Neste trabalho todas as polpas apresentaram AT dentro do estipulado pela legislação brasileira (AT > 1,50 g de ácido em 100 g de parte comestível), no entanto, a diferença estatística ( $p < 0,05$ ) na AT foi observada entre as polpas de plantas consideradas moderadamente resistentes e as susceptíveis. A relação SS:AT encontrada nas polpas analisadas variou de 4,6±1,61 e 5,8±1,16, com menores variações entre teores de sólidos solúveis e acidez titulável, que também foi menor que a encontrada por Paglarini et al. (2011), de 6,6 a 10,2.

Acredita-se que o período de estiagem atípico registrado durante a safra estudada tenha influenciado diretamente no balanço dos teores de umidade, açúcares e ácidos na polpa dos frutos. Além disso, destacam-se os valores altos para SS e AT, nos frutos susceptíveis a doença, que foi fator influente no metabolismo dos frutos. O pH das polpas avaliadas foi superior ao recomendado ( $\text{pH} > 2,6$ ) pela legislação brasileira (BRASIL, 2000), pois, variou entre  $3,4 \pm 0,06$  e  $3,7 \pm 0,09$ , indicando armazenamento adequado. Os valores de pH foram semelhantes aos encontrados por Canuto et al. (2010), Santos et al. (2010) e Paglarini et al. (2011), com valores entre 3,2 e 4,5.

Nas polpas avaliadas *in natura*, observou-se diferença significativa ( $p < 0,05$ ) nas concentrações de sais dissolvidos, representadas pela CE e TSD. Os valores de CE variaram de  $0,666 \pm 0,10$  a  $0,788 \pm 0,03$   $\text{dS m}^{-1}$ , apresentando distinção entre as polpas de plantas resistentes e as susceptíveis ao fungo. A CE das polpas estudadas é maior que a registrada por Silva et al. (2014) em polpas de cupuaçu, ou valores variando de 0,37 a 0,67  $\text{dS m}^{-1}$  e por Vieira et al. (2014), que encontraram CE de 0,37 e 0,45  $\text{dS m}^{-1}$  em iogurtes de cupuaçu.

A diferença entre os níveis de susceptibilidade estudados ficou bem evidente na variável TSD, onde as plantas suscetíveis e as altamente susceptíveis apresentaram as maiores concentrações de sais dissolvidos nas polpas do que as plantas moderadamente resistentes ou resistentes. Estas foram às únicas variáveis em que cupuaçuzeiros altamente infestados apresentaram resultados maiores que os encontrados nas plantas resistentes. Os valores de TSD variaram entre  $445,64 \pm 39,44$  e  $575,91 \pm 14,94$   $\text{mg L}^{-1}$ , sendo semelhantes aos  $457,16$   $\text{mg L}^{-1}$  encontrados por Diniz et al. (2003) em polpas de acerola, e bem inferior aos  $2.882$   $\text{mg L}^{-1}$  registrados em cocos por Silva et al. (2009). Acredita-se que os diferentes níveis de susceptibilidade das plantas afetem a absorção desses minerais, influenciando diretamente na qualidade dos frutos e da polpa.

Não foram observadas diferenças significativas ( $p > 0,05$ ) na cor ( $L^*$ ,  $C^*$  e  $h^\circ$ ) da polpa (Tabela 8), o que pode ser considerado benéfico, uma vez que, a cor é um atributo de qualidade diretamente relacionada com a aceitação do produto pelos consumidores. Lima et al. (2012) citam que os pigmentos responsáveis pela cor dos produtos vegetais podem variar com a época de colheita, estágio de maturação e exposição solar.

**Tabela 8.** Coloração de polpa de cupuaçus produzidos em sistema agroflorestal no Campo Experimental Confiança, no município de Cantá, Roraima, Brasil com diferentes níveis de susceptibilidade à vassoura-de-bruxa. (GUIMARÃES, 2018).

Níveis de susceptibilidade	Coloração		
	$L^*$	$C^*$	$h^\circ$
Resistente	$71,28 \pm 5,71$	$18,86 \pm 1,12$	$91,97 \pm 1,20$
Moderadamente resistente	$72,68 \pm 3,27$	$20,55 \pm 1,30$	$91,98 \pm 0,37$
Susceptível	$75,70 \pm 4,17$	$22,55 \pm 5,47$	$91,81 \pm 2,38$
Altamente susceptível	$74,93 \pm 1,74$	$18,62 \pm 1,78$	$89,72 \pm 2,24$
Média geral	$73,65 \pm 3,87$	$20,15 \pm 3,04$	$91,37 \pm 1,79$
C.V. (%)	7,11	22,32	2,59
Valor de $p$	0,092	0,072	0,068

C.V. = coeficiente de variação; ( $n = 15$ );  $L^*$  = luminosidade;  $C^*$  = cromaticidade;  $h^\circ$  = ângulo *hue*.

Para o cupuaçu, esta característica de coloração é primordial, uma vez que a cor branco-amarelada é uma recomendação da legislação brasileira (BRASIL, 2000), além de indicar maturação fisiológica do produto e ser um critério de decisão de compra/consumo. Observou-se que as polpas de cupuaçu deste estudo, independentemente dos diferentes níveis de susceptibilidade a vassoura-de-bruxa níveis apresentaram coloração adequada e dentro das normas (BRASIL, 2000).

De acordo com Canuto et al. (2010) a  $L^*$  varia de 0 a 100, onde o 0 indica o preto e o 100, o branco. Os valores médios de  $L^*$  ( $73,65 \pm 3,87$ ) das polpas de cupuaçu indicaram alta luminosidade (cor clara), próxima ao branco, corroborando os resultados de Freire et al. (2009), com  $L^*$  entre 71,0 e 73,4, e sendo mais claras que as analisadas por Canuto et al. (2010), com média de 54,9. Com relação à cromaticidade, quanto mais altos os valores de  $C^*$ , mais viva ou intensa é a cor observada (LAWLESS; HEYMANN, 1998). As polpas produzidas no SAF experimental da Embrapa Roraima apresentaram valores médios de  $C^*$  ( $20,15 \pm 3,04$ ) superiores aos encontrados por Canuto et al. (2010), com média 8,4, indicando terem coloração mais intensa.

O ângulo *hue* é um parâmetro físico que indica a tonalidade da coloração, onde o  $0^\circ$  representa o vermelho puro;  $90^\circ$ , o amarelo puro;  $180^\circ$ , o verde puro; e  $270^\circ$ , o azul puro (CANUTO et al., 2010). Nesta escala, a média geral registrada para ângulo *hue* das polpas de cupuaçu produzidos no sistema agroflorestal no Cantá, Roraima foi de  $91,37 \pm 1,79^\circ$ , indicando que as polpas de cupuaçu têm tonalidade amarela, característica do fruto. Os valores médios de ângulo *hue* registrados neste estudo são semelhantes aos relatados por Hernández; Hernández (2012) na Amazônia colombiana, aonde polpas de cupuaçu apresentaram  $90,4^\circ$  de ângulo *hue*.

As concentrações de nutrientes e compostos bioativos presentes na polpa de cupuaçu, a exemplo de proteína, fibra alimentar, niacina, theobromina, fósforo, potássio e magnésio satisfatórios (LORENZI et al., 2006; UNICAMP, 2011), a tornam, do ponto de vista nutricional e funcional, relativamente semelhante à maioria das outras frutíferas amazônicas com importância econômica e de segurança alimentar como, por exemplo, o açaizeiro (*Euterpe oleracea* Mart.) e o cacauzeiro (*Theobroma cacao* L.) (ALVES; FILGUEIRAS; HOMMA, 2014), ambos com ampla aceitação no mercado nacional e internacional. A perspectiva de desenvolvimento do cultivo do cupuaçuzeiro é boa, já que existem estudos atuais que avaliam e evidenciam a potencialidade do uso de da fruta no ramo de alimentação (COSTA et al., 2017; PRAZERES et al., 2017) e de cosméticos (MARRONATO et al., 2016).

Neste estudo, observou-se que houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) de plantas de cupuaçuzeiro com diferentes níveis de susceptibilidade ao ataque de vassoura-de-bruxa na concentração de macro e micronutrientes de polpas congeladas, o que é esperado, já que a diferença de indivíduos da mesma espécie quanto à resistência a patógenos microbianos está relacionada principalmente com a velocidade e intensidade das reações do vegetal, havendo uma tendência de resposta mais rápida e vigorosa em plantas resistentes que aquelas susceptíveis (TAIZ; ZEIGER, 2013).

As plantas extraem dos solos os nutrientes em formas específicas. As duas principais formas iônicas de nitrogênio absorvidas dos solos são nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) e amônia ( $\text{NH}_4^+$ ). O fósforo é absorvido principalmente como um ânion fosfato monovalente ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ) e menos rapidamente como um ânion divalente ( $\text{HPO}_4^{2-}$ ). O potássio é absorvido principalmente na forma de óxido de potássio ( $\text{K}_2\text{O}$ ). O cálcio e magnésio são absorvidos como  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$ ,

ambos bivalentes. O enxofre é absorvido dos solos como ânions sulfato bivalente ( $\text{SO}_4^{2-}$ ). Dos micronutrientes, o boro é quase totalmente absorvido pelos solos como ácido bórico indissociado [ $\text{B}(\text{OH})_3$ ], enquanto o cobre, ferro, zinco e manganês são absorvidos como cátions bivalentes na forma  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$  e  $\text{Zn}^{2+}$ , respectivamente (SALISBURY; ROSS, 2012; HAVLIN et al., 2014).

Na média geral, os teores de macronutrientes nas polpas de cupuaçuzeiros apresentaram a seguinte ordem  $\text{K} > \text{N} > \text{Mg} > \text{S} > \text{Ca} > \text{P}$ . Destaca-se a diferença significativa ( $p < 0,05$ ) na concentração de potássio nas polpas de cupuaçuzeiros, onde plantas moderadamente susceptíveis foram superiores aos demais níveis. Os valores de K em polpas de plantas moderadamente susceptíveis foi de 54,7; 40,9 e 30,7% a mais que em cupuaçuzeiros resistentes, altamente susceptíveis e susceptíveis ao ataque de vassoura-de-bruxa (Tabela 9), respectivamente. De acordo com Marschner (2008) o K tem alta mobilidade nos vegetais, dentro das células individuais, dentro dos tecidos e no transporte de longa distância via xilema e floema. Os teores de potássio aqui registrados foram significativamente superiores aos apresentados na Tabela TACO (UNICAMP, 2011), com média de 291 mg de K em 100 g de polpa.

**Tabela 9.** Valores médios de macronutrientes de polpas de cupuaçu produzidas em sistema agroflorestal no Campo Experimental Confiança, no município de Cantá, Roraima, Brasil classificadas quanto o nível de susceptibilidade a doença vassoura-de-bruxa. (GUIMARÃES, 2018).

Níveis de susceptibilidade	N	P	K	Ca	Mg	S
	(g 100 g de polpa <sup>-1</sup> )					
Resistente	1,47±0,00 <sup>a</sup>	0,14±0,00 <sup>a</sup>	1,43±0,07 <sup>b</sup>	0,12±0,01	0,16±0,01 <sup>a</sup>	0,15±0,03
Moderadamente resistente	1,24±0,11 <sup>b</sup>	0,12±0,00 <sup>ab</sup>	2,17±0,04 <sup>a</sup>	0,11±0,01	0,14±0,01 <sup>a</sup>	0,13±0,01
Susceptível	1,17±0,11 <sup>b</sup>	0,12±0,00 <sup>ab</sup>	1,66±0,10 <sup>b</sup>	0,11±0,02	0,15±0,00 <sup>a</sup>	0,15±0,01
Altamente susceptível	1,14±0,04 <sup>b</sup>	0,11±0,01 <sup>b</sup>	1,54±0,14 <sup>b</sup>	0,09±0,01	0,12±0,00 <sup>b</sup>	0,13±0,02
Média geral	1,25±0,15	0,12±0,01	1,70±0,30	0,11±0,02	0,14±0,02	0,14±0,02
C.V. (%)	6,24	5,73	5,56	12,68	4,53	14,20
D.M.S.	0,21	0,02	0,25	nd	0,02	nd
Valor de <i>p</i>	0,003	0,012	0,001	0,092	0,001	0,357

Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). (n = 15). C.V. = coeficiente de variação; D.M.S. = diferença mínima significativa; nd = não determinado; N = nitrogênio; P = fósforo; K = potássio; Ca = cálcio; Mg = magnésio; S = enxofre.

O nitrogênio foi o único macronutriente em que os cupuaçuzeiros resistentes apresentaram superioridade total em relação aos demais níveis de susceptibilidade ao ataque de vassoura-de-bruxa (MR; S e AS). As polpas de cupuaçuzeiros resistentes ao ataque de vassoura-de-bruxa apresentaram acréscimo de 18,5; 25,6 e 28,9% nos teores de N em relação às plantas moderadamente resistentes, susceptíveis e altamente susceptíveis, respectivamente. Os teores de nitrogênio das polpas avaliadas assemelham-se aos registrados por Gonçalves et al. (2013) em polpas processadas em indústria no Pará, com média de 1,2 g de N em 100 g polpa.

Além do teor de nitrogênio verificou-se diferença significativa ( $p < 0,05$ ) em macronutrientes entre plantas resistentes e altamente susceptíveis, nos teores de fósforo e magnésio, representando aumento proporcional de 27,3% e 33,3%, respectivamente. Os teores de fósforo aqui registrados foram significativamente superiores aos apresentados na

Tabela TACO (UNICAMP, 2011), com média de 14 mg de P em 100 g de polpa. No entanto, as polpas avaliadas tiveram teores de P inferiores aos relatados por Calzavara; Müller; Kahwage (1984), com média de 0,31 g de P por 100 g de polpa em Belém, Pará. Plantas altamente susceptíveis apresentaram polpas com menores concentrações de Mg. Os teores de magnésio das polpas de cupuaçuzeiros são superiores aos apresentados na Tabela TACO (UNICAMP, 2011), com média de 18 mg de Mg em 100 g de polpa.

O nitrogênio é um componente essencial dos aminoácidos, amidas, clorofilas, proteínas, coenzimas e nucleotídeos, enquanto que, o fósforo e o magnésio estão presentes no esqueleto do açúcar-fosfato do DNA e do RNA, nos fosfolipídios da membrana celular e na composição da molécula de clorofila, respectivamente (RAVEN; EVERT; EICHHORN, 2014). A deficiência de nitrogênio, fósforo e magnésio pode causar amarelamento, avermelhamento, necrose e abscisão (prematura) foliar, reduzir e afinar talos, e até mesmo retardar a maturação fisiológica da planta (TAIZ; ZEIGER, 2013; HAVLIN et al., 2014).

Neste estudo, os teores de micronutrientes nas polpas de cupuaçuzeiros apresentaram a seguinte ordem  $Fe > Zn > Cu > Mn > B$ . No geral, a maior quantidade de micronutrientes foi notada em polpas de cupuaçuzeiros resistentes à doença. Dentre os micronutrientes da polpa (Tabela 10), observou-se superioridade total das plantas resistentes (R) em relação às dos demais níveis de susceptibilidade ao ataque de vassoura-de-bruxa (MR; S e AS) nos teores de cobre. Os aumentos nos teores de cobre de polpas de plantas resistentes em relação às plantas moderadamente resistentes, susceptíveis e altamente susceptíveis, foram de 45,6; 58,5 e 45,6%, respectivamente. Observou-se grande diferença nos resultados de Cu aqui registrados com os da tabela TACO, com média de 0,14 mg por 100 g de polpa (UNICAMP, 2011).

**Tabela 10.** Valores médios de micronutrientes de polpas de cupuaçu produzidas em sistema agroflorestal no Campo Experimental Confiança, no município de Cantá, Roraima, Brasil classificadas quanto o nível de susceptibilidade a doença vassoura-de-bruxa. (GUIMARÃES, 2018).

Níveis de susceptibilidade	Cu	Fe	Zn	Mn	B
	(mg kg <sup>-1</sup> )				
Resistente	2,33±0,12 <sup>a</sup>	6,13±0,83 <sup>a</sup>	3,57±0,21 <sup>a</sup>	1,53±0,12 <sup>a</sup>	1,33±0,12 <sup>a</sup>
Moderadamente resistente	1,60±0,00 <sup>b</sup>	5,33±0,23 <sup>ab</sup>	3,07±0,06 <sup>b</sup>	1,60±0,00 <sup>a</sup>	1,10±0,36 <sup>ab</sup>
Susceptível	1,47±0,12 <sup>b</sup>	5,20±0,40 <sup>ab</sup>	3,47±0,06 <sup>a</sup>	1,07±0,12 <sup>b</sup>	1,13±0,40 <sup>ab</sup>
Altamente susceptível	1,60±0,20 <sup>b</sup>	4,40±0,40 <sup>b</sup>	2,83±0,06 <sup>b</sup>	1,00±0,00 <sup>b</sup>	0,53±0,06 <sup>b</sup>
Média geral	1,75±0,37	5,27±0,78	3,23±0,33	1,30±0,29	1,03±0,39
C.V. (%)	7,38	9,81	3,57	6,28	27,16
D.M.S.	0,34	1,35	0,30	0,21	0,73
Valor de <i>p</i>	0,001	0,022	0,001	0,001	0,038

Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). (n = 15). C.V. = coeficiente de variação; D.M.S. = diferença mínima significativa; Cu = cobre; Fe = ferro; Zn = zinco; Mn = manganês; B = boro.

Segundo Raven; Evert; Eichhorn (2014) o cobre tem função de ativador ou componente de algumas enzimas. Dechen; Haag; Carmello (1991) afirmam que, o cobre além de participar da fotossíntese, respiração, distribuição de carboidratos, metabolismo de proteínas e da parede celular, está envolvido em mecanismos de resistência a doenças, principalmente, as doenças fúngicas, que têm resistências relacionadas com o suprimento

adequado do elemento citado. De acordo com Havlin et al. (2014) o cobre dá maior vigor às plantas, além de ter relação com hormônios, agindo no sentido, que haja menor queda das folhas, flores e frutos.

Comparando-se os valores de micronutrientes na polpa dos frutos de plantas de cupuaçuzeiros resistentes ao ataque de vassoura-de-bruxa, com os de plantas altamente susceptíveis, também se verificou diferença significativa ( $p < 0,05$ ) nos teores de Fe, Zn, Mn e B, com aumentos proporcionais de 39,3; 26,2; 53 e 150,9%, respectivamente, demonstrando superioridade das plantas resistentes. Ribeiro et al. (1992) relatam que em polpas de cupuaçuzeiros predominaram-se os micronutrientes ferro, zinco e cobre. De acordo com Taiz; Zeiger (2013) estes nutrientes estão envolvidos em reações redox e de transporte de elétrons, a exemplo do Fe que é constituinte de citocromos e ferro-proteínas envolvidas na fotossíntese, fixação de nitrogênio e respiração vegetal, enquanto, o Zn é constituinte do álcool desidrogenase, desidrogenase glutâmica e anidrase carbônica.

Observou-se que, os cupuaçuzeiros resistentes e moderadamente resistentes apresentaram polpas desidratadas com valores superiores de manganês do que os cupuaçuzeiros susceptíveis e altamente susceptíveis ao ataque de vassoura-de-bruxa. Aparentemente a função mais importante do manganês está relacionada com os processos de oxi-redução (DECHEN; HAAG; CARMELLO, 1991). De acordo com Havlin et al. (2014) o manganês faz parte de proteína (manganina), participa da decomposição da água na fotossíntese, do controle hormonal e toma parte na formação de clorofila e da membrana dos cloroplastos, sendo mais abundante em solos ácidos.

No caso do Boro, a diferença na concentração do elemento entre as polpas de cupuaçuzeiros resistentes ao ataque de vassoura-de-bruxa e as de cupuaçuzeiros altamente susceptível merece ser evidenciada. De acordo com Taiz; Zeiger (2013) o B é um nutriente importante na integridade estrutural por estar envolvido no alongamento celular, no metabolismo de ácidos nucleicos, além de complexar-se com manitol, manano, ácido polimanurônico e outros constituintes das paredes celulares. Quando há deficiência deste nutriente nas plantas, seus frutos podem exibir necrose ou anormalidades relacionadas à desintegração de tecidos internos. Para Salisbury; Ross (2012) a deficiência de boro compromete a divisão celular no ápice do broto e nas folhas jovens, além de proporcionar alongamento anormal das raízes acompanhada pela inibição da síntese de DNA e RNA.

Por meio da análise de correlação de Pearson verificou-se que, houve associação entre a qualidade agroindustrial da polpa de cupuaçuzeiro e os níveis de susceptibilidade (% de infestação) da planta ao ataque de vassoura-de-bruxa. Das 210 correlações possíveis (Tabela 11) houve significância em 42 (20%), sendo 19 significativas ao nível de 5% e 23 significativas ao nível de 1%. A maioria das correlações é positiva (29 = 13,8% do total de associações possíveis). Das correlações significativas 17 são consideradas moderadas (40,5%), 23 fortes (54,8%) e 2 muito fortes (4,7%).

Houve correlação positiva entre a porcentagem de infestação de vassoura-de-bruxa e o total de sais dissolvidos, indicando que cupuaçuzeiros com maiores infestações de vassoura-de-bruxa produziram frutos com maiores teores de sais dissolvidos nas polpas congeladas. No entanto, verificou-se correlação negativa da porcentagem de infestação de vassoura-de-bruxa com as concentrações de N, P, Ca, Mg, Cu, Fe, Zn, Mn e B, indicando que plantas mais susceptíveis à infestação de vassoura-de-bruxa, apresentaram menores concentrações destes nutrientes nas polpas desidratadas.

Das correlações altamente significativas ( $p < 0,01$ ), uma foi negativa (SS:AT x AT) e outra positiva (Zn x Ca), que valem a pena serem destacadas. Notou-se que à medida que as polpas de cupuaçu apresentaram maiores teores de Ca, os valores médios dos teores de Zn, também aumentaram proporcionalmente. A associação do índice de maturação com a acidez titulável já era esperada, pois, AT é utilizada no cálculo para a obtenção deste índice.

Houve correlação forte positiva entre nitrogênio e cobre. Destaca-se que estes dois elementos foram encontrados em maiores concentrações em polpas de frutos de plantas de cupuaçuzeiro resistentes ao ataque de vassoura-de-bruxa. De acordo com Dechen; Haag; Carmello (1991) o cobre tem ação na redução e/ou fixação de nitrogênio em tecidos vegetais, o que explica a associação entre os elementos neste estudo.

Houve correlação forte positiva entre os teores dos macronutrientes S x Mg, porém, somente significativa ao nível de 5% de probabilidade, o que não a torna, menos importante, visto que o S e o Mg desempenham funções na estrutura da polpa. Os dados apontam para o crescimento proporcional dos teores de S e Mg.

**Tabela 11.** Matriz de correlação linear simples das características de qualidade de polpas de cupuaçu e porcentagem de infestação de vassoura-de-bruxa em cupuaçuzeiros cultivados em sistema agroflorestal no Campo Experimental Confiança, no município de Cantá, Roraima, Brasil. (GUIMARÃES, 2018).

	Infestação	SS	AT	SS:AT	pH	L*	C*	h°	CE	TSD	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Zn	Mn	B	
Infestação	1																					
SS	0,41 <sup>ns</sup>	1																				
AT	0,17 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>ns</sup>	1																			
SS:AT	-0,13 <sup>ns</sup>	0,26 <sup>ns</sup>	-0,92 <sup>**</sup>	1																		
pH	0,10 <sup>ns</sup>	0,33 <sup>ns</sup>	-0,62 <sup>*</sup>	0,72 <sup>**</sup>	1																	
L*	0,37 <sup>ns</sup>	0,29 <sup>ns</sup>	-0,18 <sup>ns</sup>	0,26 <sup>ns</sup>	0,20 <sup>ns</sup>	1																
C*	-0,02 <sup>ns</sup>	0,74 <sup>**</sup>	-0,04 <sup>ns</sup>	0,30 <sup>ns</sup>	0,23 <sup>ns</sup>	0,49 <sup>ns</sup>	1															
h°	-0,45 <sup>ns</sup>	-0,46 <sup>ns</sup>	0,36 <sup>ns</sup>	-0,39 <sup>ns</sup>	-0,43 <sup>ns</sup>	-0,42 <sup>ns</sup>	-0,23 <sup>ns</sup>	1														
CE	0,45 <sup>ns</sup>	0,21 <sup>ns</sup>	0,14 <sup>ns</sup>	0,09 <sup>ns</sup>	0,14 <sup>ns</sup>	0,41 <sup>ns</sup>	-0,01 <sup>ns</sup>	-0,09 <sup>ns</sup>	1													
TSD	0,70 <sup>*</sup>	0,54 <sup>ns</sup>	0,64 <sup>*</sup>	-0,47 <sup>ns</sup>	-0,23 <sup>ns</sup>	0,33 <sup>ns</sup>	0,28 <sup>ns</sup>	-0,15 <sup>ns</sup>	0,39 <sup>ns</sup>	1												
N	-0,72 <sup>**</sup>	-0,56 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	-0,22 <sup>ns</sup>	-0,50 <sup>ns</sup>	-0,46 <sup>ns</sup>	-0,27 <sup>ns</sup>	0,40 <sup>ns</sup>	-0,57 <sup>ns</sup>	-0,62 <sup>*</sup>	1											
P	-0,84 <sup>**</sup>	-0,31 <sup>ns</sup>	-0,06 <sup>ns</sup>	-0,02 <sup>ns</sup>	-0,47 <sup>ns</sup>	-0,21 <sup>ns</sup>	0,13 <sup>ns</sup>	0,40 <sup>ns</sup>	-0,52 <sup>ns</sup>	-0,51 <sup>ns</sup>	0,84 <sup>**</sup>	1										
K	-0,19 <sup>ns</sup>	0,11 <sup>ns</sup>	-0,40 <sup>ns</sup>	0,47 <sup>ns</sup>	0,72 <sup>**</sup>	0,03 <sup>ns</sup>	0,23 <sup>ns</sup>	0,25 <sup>ns</sup>	-0,06 <sup>ns</sup>	-0,26 <sup>ns</sup>	-0,27 <sup>ns</sup>	-0,13 <sup>ns</sup>	1									
Ca	-0,71 <sup>**</sup>	-0,19 <sup>ns</sup>	0,17 <sup>ns</sup>	-0,20 <sup>ns</sup>	-0,28 <sup>ns</sup>	-0,02 <sup>ns</sup>	0,31 <sup>ns</sup>	0,22 <sup>ns</sup>	-0,39 <sup>ns</sup>	-0,27 <sup>ns</sup>	0,66 <sup>*</sup>	0,74 <sup>**</sup>	-0,13 <sup>ns</sup>	1								
Mg	-0,77 <sup>**</sup>	-0,18 <sup>ns</sup>	-0,12 <sup>ns</sup>	0,10 <sup>ns</sup>	-0,30 <sup>ns</sup>	-0,01 <sup>ns</sup>	0,26 <sup>ns</sup>	0,43 <sup>ns</sup>	-0,33 <sup>ns</sup>	-0,33 <sup>ns</sup>	0,60 <sup>*</sup>	0,88 <sup>**</sup>	0,07 <sup>ns</sup>	0,72 <sup>**</sup>	1							
S	-0,28 <sup>ns</sup>	-0,02 <sup>ns</sup>	-0,29 <sup>ns</sup>	0,27 <sup>ns</sup>	-0,24 <sup>ns</sup>	0,55 <sup>ns</sup>	0,32 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>	0,05 <sup>ns</sup>	-0,12 <sup>ns</sup>	0,25 <sup>ns</sup>	0,58 <sup>*</sup>	-0,08 <sup>ns</sup>	0,36 <sup>ns</sup>	0,70 <sup>*</sup>	1						
Cu	-0,62 <sup>*</sup>	-0,50 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>ns</sup>	-0,20 <sup>ns</sup>	-0,54 <sup>ns</sup>	-0,47 <sup>ns</sup>	-0,33 <sup>ns</sup>	0,21 <sup>ns</sup>	-0,47 <sup>ns</sup>	-0,56 <sup>ns</sup>	0,83 <sup>**</sup>	0,71 <sup>**</sup>	-0,48 <sup>ns</sup>	0,42 <sup>ns</sup>	0,36 <sup>ns</sup>	0,10 <sup>ns</sup>	1					
Fe	-0,79 <sup>**</sup>	-0,45 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>	-0,02 <sup>ns</sup>	-0,30 <sup>ns</sup>	-0,13 <sup>ns</sup>	-0,11 <sup>ns</sup>	0,48 <sup>ns</sup>	-0,04 <sup>ns</sup>	-0,50 <sup>ns</sup>	0,61 <sup>*</sup>	0,73 <sup>**</sup>	-0,05 <sup>ns</sup>	0,52 <sup>ns</sup>	0,67 <sup>*</sup>	0,40 <sup>ns</sup>	0,66 <sup>*</sup>	1				
Zn	-0,61 <sup>*</sup>	-0,13 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>	-0,52 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>ns</sup>	0,23 <sup>ns</sup>	0,33 <sup>ns</sup>	-0,10 <sup>ns</sup>	-0,16 <sup>ns</sup>	0,54 <sup>ns</sup>	0,82 <sup>**</sup>	-0,28 <sup>ns</sup>	0,62 <sup>*</sup>	0,90 <sup>**</sup>	0,75 <sup>**</sup>	0,43 <sup>ns</sup>	0,65 <sup>*</sup>	1			
Mn	-0,84 <sup>**</sup>	-0,32 <sup>ns</sup>	-0,57 <sup>ns</sup>	0,47 <sup>ns</sup>	0,25 <sup>ns</sup>	-0,38 <sup>ns</sup>	-0,02 <sup>ns</sup>	0,26 <sup>ns</sup>	-0,58 <sup>ns</sup>	-0,86 <sup>**</sup>	0,57 <sup>ns</sup>	0,63 <sup>*</sup>	0,44 <sup>ns</sup>	0,38 <sup>ns</sup>	0,57 <sup>ns</sup>	0,14 <sup>ns</sup>	0,49 <sup>ns</sup>	0,55 <sup>ns</sup>	0,31 <sup>ns</sup>	1		
B	-0,67 <sup>*</sup>	-0,43 <sup>ns</sup>	0,27 <sup>ns</sup>	-0,36 <sup>ns</sup>	-0,46 <sup>ns</sup>	-0,47 <sup>ns</sup>	-0,18 <sup>ns</sup>	0,74 <sup>**</sup>	-0,42 <sup>ns</sup>	-0,16 <sup>ns</sup>	0,57 <sup>ns</sup>	0,64 <sup>*</sup>	0,06 <sup>ns</sup>	0,51 <sup>ns</sup>	0,72 <sup>**</sup>	0,14 <sup>ns</sup>	0,39 <sup>ns</sup>	0,57 <sup>ns</sup>	0,59 <sup>*</sup>	0,46 <sup>ns</sup>	1	

SS = sólidos solúveis; AT = acidez titulável; SS:AT = relação sólidos solúveis/acidez titulável; pH = potencial hidrogeniônico; CE = condutividade elétrica; TSD = total de sais dissolvidos; L\* = luminosidade; C\* = cromaticidade; h° = ângulo *hue*; N = nitrogênio; P = fósforo; K = potássio; Ca = cálcio; Mg = magnésio; S = enxofre; Cu = cobre; Fe = ferro; Zn = zinco; Mn = manganês; B = boro; ns = não significativo; \* = significativo a 5% de probabilidade; \*\* = significativo a 1% de probabilidade.



## CONCLUSÕES

As polpas de cupuaçu analisadas neste trabalho estavam em conformidade com o padrão de qualidade estabelecido pela legislação brasileira vigente, registrando-se diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre as características físico-químicas, proporcionais à susceptibilidade das plantas ao ataque da doença vassoura-de-bruxa, com destaque para sólidos solúveis, acidez titulável, condutividade elétrica e total de sais dissolvidos.

Houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) na condutividade elétrica e o total de sais dissolvidos em polpas de cupuaçuzeiros com diferentes níveis de susceptibilidade ao ataque de vassoura-de-bruxa. Cupuaçuzeiros suscetíveis e altamente susceptíveis apresentaram maior concentração de sais dissolvidos nas polpas congeladas do que as plantas moderadamente resistentes e resistentes à vassoura-de-bruxa.

O nível de susceptibilidade da planta de cupuaçuzeiro ao ataque da doença vassoura de bruxa não influenciou na luminosidade, cromaticidade e ângulo *hue* das polpas congeladas de cupuaçu, que tinham coloração branco-amareladas, independentemente da porcentagem de infestação da doença na planta.

Nutricionalmente, as maiores diferenças entre as polpas desidratadas de cupuaçuzeiros resistentes e altamente susceptíveis ao ataque de vassoura-de-bruxa estavam nos teores de fósforo, ferro, zinco, manganês, e especialmente, em nitrogênio, cobre e boro, onde plantas resistentes ao ataque do fungo apresentaram valores superiores.

Houve correlações negativas e positivas significativas, entre as características de qualidade agroindustrial de polpas de cupuaçu e a porcentagem da infestação de vassoura-de-bruxa em cupuaçuzeiros, variando de moderadas a muito fortes.

## CONCLUSÕES FINAIS

Com base nos resultados obtidos durante esta pesquisa, pode-se inferir que período de desenvolvimento do cupuaçu compreendeu 180 dias, considerando-se da abertura da flor (antese) até a abscisão do fruto. A floração e frutificação inicial deste fruto em sistema agroflorestal do Campo Experimental Confiança, no município de Cantá, Roraima, Brasil ocorreu nos meses de outubro e novembro, respectivamente.

Os frutos avaliados apresentaram formatos do tipo oblongo, elíptico e ovoide, com constrição basal variando de ligeiro a forte e ápice variando de agudo a redondo. As polpas estão em conformidade com que exige a lei brasileira. Na maioria das variáveis avaliadas, os frutos de cupuaçu assemelharam-se com os registros da literatura técnica e científica.

Os modelos de ajuste linear, polinomial e logístico (sigmoidal) podem ser utilizados no estabelecimento da curva de crescimento e maturação fisiológica de frutos de cupuaçu cultivados no sistema agroflorestal do Campo Experimental Confiança, no município de Cantá, Roraima.

Na safra avaliada (2016/2017), houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) na qualidade de frutos oriundos de cupuaçuzeiros com diferentes níveis de susceptibilidade ao ataque de vassoura-de-bruxa. Todas as polpas avaliadas estavam em conformidade com o padrão brasileiro de identidade e qualidade de polpas, apresentando valores desejáveis para agroindústria.

Todas as polpas congeladas de cupuaçu avaliadas tinham coloração branco-amarelada e não houve diferença significativa ( $p > 0,05$ ) na luminosidade, cromaticidade e ângulo *hue* de polpas de cupuaçuzeiros com diferentes níveis de susceptibilidade ao ataque de vassoura-de-bruxa.

As principais diferenças nutricionais entre polpas desidratadas de cupuaçuzeiros resistentes e altamente susceptíveis ao ataque de vassoura-de-bruxa estavam nos teores de fósforo, ferro, zinco, manganês, e especialmente, em nitrogênio, cobre e boro, onde plantas resistentes ao ataque do fungo apresentaram valores superiores.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDO, M. T. V. N.; VALERI, S. V.; MARTINS, A. L. M. Sistemas agroflorestais e agricultura familiar: uma parceria interessante. **Tecnologia & Inovação Agropecuária**. Dez, 2008. 10p.
- ACEVEDO, C. J. E.; CRUZ, D. C.; HERRERA, W. **Copoazú** [*Theobroma grandiflorum* (Willd. Ex Spreng.) Schum.]: **variabilidad y manejo del cultivo em el piedemonte amazónico**. Caquetá – Colômbia: Corpoica, 2009. 40p.
- AIKPOKPODION, P. O. Phenology of flowering in cacao (*Theobroma cacao*) and its related species in Nigeria. **African Journal of Agricultural Research**, v. 7, n. 23, p. 3395-3402, 2012.
- ALBAGLI, S. Amazônia: fronteira geopolítica da biodiversidade. **Parcerias estratégicas**, n. 12, 2001.
- ALMEIDA, A. F. de; VALLE, R. R. Análise de crescimento do fruto e das sementes de sete genótipos de *Theobroma cacao* L. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 30, n. 7, p. 909-916, 1995.
- ALVES, R. M.; GARCIA, A. A. F.; CRUZ, E. D.; FIGUEIRA, A. Seleção de descritores botânico-agronômicos para caracterização de germoplasma de cupuaçuzeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 7, p. 807-818, 2003.
- ALVES, R. M. A.I; RESENDE, M. D. V. de; BANDEIRA, B. dos S.; PINHEIRO, T. M.; FARIAS, D. C. R. Avaliação e seleção de progênies de cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*), em Belém, Pará. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 1, 2010.
- ALVES, R. M.; FILGUEIRAS, G. C.; HOMMA, A. K. O. **Aspectos socioeconômicos do cupuaçuzeiro na Amazônia: do extrativismo a domesticação**. In: SANTANA, A. C. (ed.). Mercado, cadeias produtivas e desenvolvimento rural na Amazônia. 1ª ed. Belém, PA: UFRA, 2014. p. 197-223.
- ALVIÁREZ, E. G.; MURILLO, W. A.; MURILLO, E. P.; ROJANO, B. A.; MÉNDEZ, J. J. A. Caracterización y extracción lipídica de las semillas del cacao amazónico (*Theobroma grandiflorum*). **Ciencia en Desarrollo**, v. 7, n. 1, 2016.
- ANALYTICAL SOFTWARE. **Statistix for Windows, version 9**. 2008. Disponível em: <https://www.statistix.com/free-trial/>. Acesso em: dezembro de 2017.
- BARBOSA, M. das G. V.; FONSECA, C. R. V. da. Coleopteroфаuna visitante de *Theobroma grandiflorum* Schum. (Sterculiaceae) de uma plantação nos arredores de Manaus, Amazonas, Brasil. **Acta Amazonica**, v. 31, n. 1, p. 83-100, 2002.
- BARCELÓ COLL, J.; R. NICOLÁS, B.; SABATER, R. **Fisiologia vegetal**. Ediciones Pirámide, Madrid, 2005. 568p.

BARRERA, J. A.; HERNÁNDEZ, M. S.; ÁVILA, G. V.; MARTÍNEZ, I. W.; MELGAREJO, L. M.; CASAS, A. E.; ZAMBRANO, J. E.; BEDOYA, C. D. **Caracterización del crecimiento y desarrollo vegetativo de especies promisorias del género *Theobroma* bajo condiciones de la amazonia colombiana.** In: Oferta y potencialidades de un Banco de germoplasma del género *Theobroma* en el enriquecimiento de los sistemas productivos de la región Amazónica. MELGAREJO, L. M.; HERNÁNDEZ, M. S.; J. A.; CARRILLO, M. Bogotá, Colombia: Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas-Sinchi, Universidad Nacional de Colombia, 2006.

BENCHIMOL, R. L. **Principais doenças do cupuaçuzeiro e recomendações de controle.** Comunicado técnico nº 132. Embrapa Amazônia Oriental, Belém, Pará, 2004.

BRASIL. Leis, decretos, etc. Instrução Normativa Nº. 1, de 7 de janeiro de 2000. **Regulamento técnico geral para fixação dos padrões de identidade e qualidade para polpa de fruta.** Diário Oficial da União nº. 6, Brasília, 10 de jan de 2000, Seção I., p. 54-58.

BROGLIO, S. M. F.; CORDERO, E. P.; SANTOS, J. M. dos; MICHELETTI, L. B. Registro da cochonilha-rosada-do-hibisco infestando frutíferas em Maceió, Alagoas, Brasil. **Caatinga**, v. 28, n. 2, p. 242–248, 2015.

BUENO, G.; BACCARIN, J. G. Participação das principais frutas brasileiras no comércio internacional: 1997 a 2008. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, n. 2, p. 424-434, 2012.

CALZAVARA, B. G., MILLER, C. H.; KAHWAGE, O. **Fruticultura tropical: O cupuaçuzeiro, cultivo, beneficiamento e utilização do fruto.** Embrapa; CPATU, Belém, Brasil, 1984.

CANUTO, G. A. B.; XAVIER, A. A. O.; NEVES, L. C., BENASSI, M. T. Caracterização físico-química de polpas de frutos da Amazônia e sua correlação com a atividade anti-radical livre. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 4, p. 1196-1205, 2010.

CORRÊA, E. F. Avaliação da decomposição e liberação de nutrientes da fitomassa de castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa*), cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) e gliricídia (*Gliricidia sepium*) em um sistema agroflorestral no estado de Roraima. **Dissertação (Mestrado)** – Manaus, Universidade Federal do Amazonas, 2005. 65f.

COSTA, M. P.; MONTEIRO, M. L. G.; FRASAO, B. S.; SILVA, V. L. M.; RODRIGUES, B. L.; CHIAPPINI, C. C. J.; CONTE-JUNIOR, C. A. Consumer perception, health information, and instrumental parameters of cupuassu (*Theobroma grandiflorum*) goat milk yogurts. **Journal of Dairy Science**, v. 100, n. 1, p. 1-12, 2017.

CUCAITA, N. A.; HERNÁNDEZ, M. S.; GUTIÉRREZ, R. H. Comparison between chocolate and an analog product made from copoazú (*Theobroma grandiflorum*). Proc. IIIrd Int. Conf. on Postharvest and Quality Management of Horticultural Products of Interest for Tropical Regions. **ISHS Acta Horticulturae**, v. 1, p. 1047, 2014.

- CUNHA JÚNIOR, L. C.; DURIGAN, M. F. B.; MATTIUZ, B.; MARTINS, R. N.; DURIGAN, J. F. Caracterização da curva de maturação de pêssegos 'Aurora-1', na região de Jaboticabal-SP. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 29, n. 3, 2007.
- DECHEN, A. R.; HAAG, H. P.; CARMELLO, Q. A. de C. **Funções dos micronutrientes nas plantas**. In: FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. de. Micronutrientes na agricultura. Piracicaba: POTAFOS/CNPq, 1991.
- DIAS, T. J.; CAVALCANTE, L. F.; FREIRE, J. L. de O.; NASCIMENTO, J. A. M. do; BECKMANN-CAVALCANTE, M. Z.; SANTOS, G. P. dos. Qualidade química de frutos do maracujazeiro-amarelo em solo com biofertilizante irrigado com águas salinas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 3, p. 229–236, 2011.
- DINIZ, E.; FIGUEIRÊDO, R. M. F. de; QUEIROZ, A. J. de M. Atividade de água e condutividade elétrica de polpas de acerola concentradas. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, n. 1, p. 9-17, 2003.
- DUCKE, A. As espécies brasileiras do gênero *Theobroma*. **Boletim Técnico do Instituto Agrônomo do Norte**, n. 28, p. 1-19, 1953.
- DURU, M.; THEROND, O.; FARES, M. Designing agroecological transitions; a review. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 35, p. 1237–1257, 2015.
- FALCÃO, M. de A.; LLERAS, E. Aspectos fenológicos, ecológicos e de produtividade do cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* [Willd. Ex Spreng.] Schum.). **Acta Amazonica**, v. 13, n. 6, p. 725-735, 1983.
- FALCÃO, M. de A.; MORAIS, R. R. de; CLEMENT, C. R. Influência da vassoura de bruxa na fenologia do cupuaçuzeiro. **Acta Amazonica**, v. 29, n. 1, p. 13-19, 1999.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n.6, p. 1039-1042, 2011.
- FERREIRA, L. M. M.; TONINI, H. Comportamento da castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa*) e da cupiúba (*Goupia glabra*) em sistema agrosilvicultural na região da Confiança, Cantá – Roraima. **Acta Amazonica**, v. 39, n. 4, p. 835-842, 2009.
- FRAIFE FILHO, G. de A. de F.; PINTO, W. da S.; DANTAS, J. L. L. **Cupuaçu**. In: SANTOS-SEREJO, J. A. dos S.; DANTAS, J. L. L.; SAMPAIO, C. V.; COELHO, Y. da S. Fruticultura tropical: espécies regionais e exóticas. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 172-183p.
- FRAZÃO, D. A. C.; VIÉGAS, I. de J. M. **Cupuaçuzeiro: Nutrição, Calagem e Adubação**. Circular Técnica nº 43, 6 p. Belém, Pará, 2006.
- FREIRE, J. da L.; SANTOS, M. M. de L. S.; OLIVEIRA, F. de A. Fenologia reprodutiva de espécies potenciais para arranjo em sistemas agroflorestais, na Ilha de Santana, Amapá. **Revista Ciências Agrárias**, v. 53, n. 1, p. 78-86, 2010.

FREIRE, M. T. de A.; PETRUS, R. R.; FREIRE, C. M. de A.; OLIVEIRA, C. A. F. da; FELIPE, A. M. P. F. Caracterização físico-química, microbiológica e sensorial de polpa de cupuaçu congelada (*Theobroma grandiflorum* Schum). **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 12, n. 1, p. 09-16, 2009.

GAVIOLI, F. R. Meio ambiente e sociedade: reflexões à luz da Agroecologia. **Espaço de Diálogo e Desconexão, Araraquara**, v. 1, n. 2, 2009.

GONÇALVES, M. V. V. A.; SILVA, J. P. L. da; MATHIAS, S. P.; ROSENTHAL, A. CALADO, V. M. de A. Caracterização físico-química e reológicas da polpa de cupuaçu congelada (*Theobroma grandiflorum* Schum). **Perspectivas online: ciências exatas e engenharia**, v. 3, n. 7, p. 46-53, 2013.

GONDIM, T. M. de S.; THOMAZINI, M. J.; CAVALCANTE, M. de J. B.; SOUZA, J. M. L. de. **Aspectos da produção de cupuaçu**. Rio Branco: Embrapa Acre, 2001. 43p.

GUERRERO, D. C.; BARRERA, J. A.; HERNANDÉZ, M. S.; VARGAS, G. Growth analysis during the vegetative phase of five phenotypes of copoazú *Theobroma grandiflorum* (Willd ex Spreng) Schum. in the Colombian western amazonia. **Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas**, v. 1, n. 1, p. 52-66, 2007.

GUIMARÃES, P. V. P.; DURIGAN, M. F. B.; FONSECA, F. da S.; OLIVEIRA, R. L. C. de. Maturação de frutos de cupuaçu [*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) Schum.] em sistema agroflorestal em Roraima. **Anais do 2º Seminário de Agroecologia da América do Sul**, Dourados-MS, 2016.

HANDA, A. V.; TIZNADO-HERNÁNDEZ, M. E.; MATTOO, A. K. **Fruit development and ripening: a molecular perspective**. In: SMITH, A. A. R. H.; MOSER, P. M. H. B. C. *Plant Biotechnology and Agriculture*, p. 405-418, 2012.

HAVLIN, J. L.; TISDALE, S. L.; NELSON, W. L.; BEATON, J. D. **Soil fertility and fertilizers: an introduction to nutrient management**. New Jersey: Pearson, 8ª ed., 2014. 516p.

HERNÁNDEZ, M. S.; BARRERA, J. A.; CARRILLO, M.; MARTÍNEZ, O.; MELGAREJO, L. M.; GALVIS, J. A.; CASAS, A. E.; BOLAÑOS, C. **Crecimiento y desarrollo de los frutos de especies promisorias del genero *Theobroma*, bajo condiciones de la Amazonia norte colombiana**. In: Oferta y potencialidades de un banco de germoplasma del género *Theobroma* en el enriquecimiento de los sistemas productivos de la región Amazónica. MELGAREJO, L. M.; HERNANDÉZ, M. S.; J. A.; CARRILLO, M. Bogotá, Colombia: Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas-Sinchi, Universidad Nacional de Colombia, 2006.

HERNANDEZ, C.; CARRILLO, M. P.; BARRERA, J.; HERNÁNDEZ, M. S.; MARTÍNEZ, O.; FERNÁNDEZ-TRUJILLO, J. P. Physiological behavior and quality during growth of copoazú fruit. Proc. 6th International Postharvest Symposium. **ISHS Acta Horticulturae**, p.877, 2010.

HERNÁNDEZ, C. L.; HERNÁNDEZ, M. S. G. Growth and development of the cupuaçu fruit [*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) Schum.] in the western colombian Amazon. **Agronomía Colombiana**, v. 30, n. 1, p. 95-102, 2012.

HULME, A.C. **The Biochemistry of fruits and their products**. London: Academic Press, 1970. 618p.

Instituto Adolfo Lutz (IAL). **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. 1020 p.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário de 2006**. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br>. Acesso em: março de 2017.

LAWLESS, H. T.; HEYMANN, H. **Sensory evaluation of food**. New York: Chapman & Hall, 1998. 819 p.

LIMA, R. M. T.; FIGUEIREDO, R. W. de; MAIA, G. A.; SOUSA, P. H. M. de; FIGUEIREDO, A. T. de; RODRIGUES, C. S. Estabilidade química, físico-química e microbiológica de polpas de acerola pasteurizadas e não-pasteurizadas de cultivo orgânico. **Ciência Rural**, v. 42, n. 2, 2012.

LIMA, H. E.; ALBUQUERQUE, T. C. S. de; SANTOS, V. A. dos; LINS, D. C. M.; CARMO, I. L. G. S. Severidade da vassoura-de-bruxa em plantas de cupuaçuzeiro após a realização de poda drástica. In: **Anais do Congresso Brasileiro de Fruticultura**, 23, 2014, Cuiabá. Fruticultura: oportunidades e desafios para o Brasil. [S.l.]: SBF, 2014.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras: Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 3. Ed. Nova Odessa: São Paulo, 2000. 368 p.

LORENZI, H.; BACHER, L.; LACERDA, M.; SARTORI, S. **Frutas brasileiras e exóticas cultivadas: de consumo in natura**. São Paulo: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2006. 640 p.

MACIEL, H. L.; ASSIS, D. S. de; YOKOMIZO, G. K. Arranjos agroflorestais no contexto da agroecologia: O caso dos agricultores da região do Médio Maracá no município do Mazagão, Amapá. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 10, n. 2, p. 271-277, 2015.

MAIA, M. C. C.; RESENDE, M. D. V. de; OLIVEIRA, L. C. de; ÁLVARES, V. de S.; MACIEL, V. T.; LIMA, A. C. de. Seleção de clones experimentais de cupuaçu para características agroindustriais via modelos mistos. **Agro@mbiente On-line**, v. 5, n. 1, p. 35-43, 2011.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2<sup>a</sup> ed. London: Academic Press, 2008. 889p.

MARRONATO, A.; ALMEIDA, T. S. de; MOTA, J. P.; OLIVEIRA, C. A. de; ROSADO, C.; VELASCO, M. V. R.; BABY, A. R. Comparison of sunscreens containing titanium dioxide

alone or in association with cocoa, murumuru or cupuaçu butters. **Biomed Biopharm Research**, v. 13, n. 2, p. 229-244, 2016.

MOURA, F. T. de; SILVA, S. de M.; MARTINS, L. P.; MENDONÇA, R. M. N. Evolução do crescimento e da maturação de frutos de cajazeira (*Spondias mombin* L.). **Proc. Interamer. Soc. Trop. Hort**, n. 47, p. 231-233, 2003.

MOURÃO JUNIOR, M.; XAUD, M. R.; XAUD, H. A. M.; MOURA NETO, M. A. de; ARCO-VERDE, M.F.; PEREIRA, P. R. V. S.; TONINI, H. **Precipitação pluviométrica em áreas de transição savana-mata de Roraima: campos experimentais Serra da Prata e Confiança**. Comunicado Técnico n. 17. Embrapa Roraima. Boa Vista, Roraima. 2003. 7p.

MUKAKA, M. M. A guide to appropriate use of correlation coefficient in medical research. **Malawi Medical Journal**, v. 24, n. 3, p. 69–71, 2012.

MUNIZ, J. A.; NASCIMENTO, M. da S.; FERNANDES, T. J. Nonlinear models for description of cacao fruit growth with assumption violations. **Caatinga**, v. 30, n. 1, p. 250-257, 2017.

NASCIMENTO, C. J.; NEVES, L. C.; GRÍGIO, M. L.; CAMPOS, A. J. de; CHAGAS, E. A.; SOUZA, A. de A. Avaliação da qualidade de polpas de frutos industrializadas e comercializadas no município de Boa Vista – RR. **Agro@mbiente On-line**, v. 6, n. 3, p. 263-267, dez, 2012.

NEVES, M. do P. H. das; OLIVEIRA, R. P. de; MOTA, M. G. da C.; SILVA, R. M. da. Sistema reprodutivo do cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*) - época de floração, frutificação e mudança foliar. In: **Anais** do Congresso Nacional de Botânica, 44, 1993, São Luís. Resumo. São Luís: UFMA: SBB, 1993.

NUNES, A. M. L.; BERGAMIN FILHO, A.; AMORIM, L.; NUNES, M. A. L.; DIAS, C. T. S. Análise da curva de progresso temporal da vassoura-de-bruxa do cupuaçuzeiro. **Fitopatologia Brasileira**, v. 27, n. 4, p. 344-348, 2002.

OLIVEIRA, T. B. de; GENOVESE, M. I. Chemical composition of cupuassu (*Theobroma grandiflorum*) and cocoa (*Theobroma cacao*) liquors and their effects on streptozotocin-induced diabetic rats. **Food Research International**, v. 51, n. 1, p. 929-935, 2013.

PAGLARINI, C. de S.; SILVA, F. S. da; PORTO, A. G.; SANTOS, P. dos; LEITE, A. L. M. P. Avaliação físico-química de polpas de frutas congeladas comercializadas na região do médio norte mato-grossense. **Enciclopédia Biosfera**, v. 7, n. 13, 2011.

PRAZERES, I. C. dos; DOMINGUES, A. F. N.; CAMPOS, A. P. R.; CARVALHO, A. V. Elaboration and characterization of snack bars made with ingredients from the Amazon. **Acta Amazonica**, v. 47, n. 2, p. 103–110, 2017.

RAMOS, A. R.; VENTURIERI, G. A.; CUCO, S. M.; CASTRO, N. M. The site of self-incompatibility action in cupuassu (*Theobroma grandiflorum*). **Revista Brasileira de Botânica**, v. 28, n. 3, 2005.



- RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Biologia vegetal**. 8. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2014. 850p.
- RIBEIRO, N. C. A.; SACRAMENTO, C. K.; BARRETTO, W. S.; SANTOS FILHO, L. P. Características físicas e químicas de frutos de cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*) do sudeste da Bahia. **Agrotropica**, v. 4, n. 2, p. 33-37, 1992.
- RIBEIRO, G. de O.; MORAIS, R. R. de; GONÇALVES, J. F. de C.; OLIVEIRA, E. R. N.; CAMPOS, F. C.; SANTOS, A. L. W. dos. Aspectos Fenológicos de Espécies Constituintes de um Sistema Agroflorestal na Amazônia Central. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, supl. 2, p. 282-284, 2007.
- ROJAS, S.; ZAPATA, J.; PEREIRA, A.; VARÓN, E.; CARDENAS, C.; CADENA, F. **El cultivo de Copoazú (*Theobroma grandiflorum*) en el piedemonte amazónico colombiano**. 2 ed. Corpoica; Fondo. Amazónico, Florencia, Colombia, 1998.
- RONDÓN, J. B.; CUMANA, L. J. C. Revisión Taxonómica del género *Theobroma* (Sterculiaceae) en Venezuela. **Acta Botanica Venezuelica**, v. 28, n. 1, p. 113-134, 2005.
- SALISBURY, F. B.; ROSS, C. W. **Fisiologia das plantas**. 4. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2012. 775 p.
- SANTOS, G. R.; MAIA, G. A.; SOUSA, P. H. M.; FIGUEIREDO, R. W.; COSTA, J. M. C.; FONSECA, A. V. V. Atividade antioxidante e correlações com componentes bioativos de produtos comerciais de cupuaçu. **Ciência Rural**, v. 40, n. 7, p. 1636-1642, 2010.
- SCUDELLER, V. V.; SANTOS-SILVA, E. N. do. **Beneficiamento local e cooperativo da polpa de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* Schum.) em uma comunidade da RDS TUPÉ, Manaus-AM**. Biotupé: Meio Físico, Diversidade Biológica e Sociocultural do Baixo Rio Negro, Amazônia Central, v. 2. UEA Edições, Manaus, 2009.
- SERRANO, L. A. L.; MARINHO, C. S.; LIMA, I. de M. L.; MARTINS, M. V. V.; RONCHI, C. P.; TARDIN, F. D. Fenologia da goiabeira 'Paluma' sob diferentes sistemas de cultivos, épocas e intensidades de poda de frutificação. **Bragantia**, v. 67, n. 3, p.701-712, 2008.
- SILVA, M. F. da. Insetos que visitam o "Cupuaçu", *Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) Schum. (Sterculiaceae) e índice de ataque nas folhas. **Acta Amazonica**, v. 6, n. 1, p. 49-54, 1976.
- SILVA, D. L. V.; ALVES, R. E.; FIGUEIREDO, R. W de; MACIEL, V. T.; FARIAS, J. M. de; AQUINO, A. R. L. de Características físicas, físico-químicas e sensoriais da água de frutos de coqueiro anão verde oriundo de produção convencional e orgânica. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, n. 4, p. 1079-1084, 2009.
- SILVA, A. S. da; SOUZA, E. C. de; VIEIRA, L. C. P.; MORAES JUNIOR, E. F. de; MULLER, R. C. S. Avaliação de parâmetros físico-químicos de polpas de cupuaçu comercializadas em Belém-PA e sua discriminação conforme sua origem empregando análise multivariada. **Anais do 54º Congresso Brasileiro de Química**, Natal-RN, 2014.

SILVA, A. R. V. da; DURIGAN, M. F. B.; BEZERRA, A. Produção e comercialização de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) em Boa vista, Roraima. **Anais** de Congresso Brasileiro de Fruticultura, 24., 2016, São Luis. Fruticultura: fruteiras nativas e sustentabilidade. São Luis, MA: SBF, 2016.

SYSTAT SOFTWARE Inc. - SSI. **SigmaPlot for Windows, version 12**. 2012. Disponível em: <http://www.sigmaplot.co.uk/products/sigmaplot/sigmaplot-details.php>. Acesso em: dezembro de 2017.

SOUZA, A. das G. de; SILVA, S. E. L. da; TAVARES, A. M.; RODRIGUES, M. do R. L. **A cultura do cupuaçu** [*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) Schum.]. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 1999. 39p.

SOUZA; A. das G. C. de; SOUSA, N. R. **Cupuaçuzeiro**. In: BRUKNER, C. H. Melhoramento de fruteiras tropicais. Viçosa: UFV, 2002. 251-266p.

SOUZA, M. G.; SOUZA, A. G. C. S.; ARAÚJO, J. C. A.; SOUSA, N. R.; LIMA, R. M. B. **Método para avaliação da severidade da vassoura-de-bruxa em cupuaçuzeiro em condições de campo**. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2009. 11p. (Embrapa Amazônia Ocidental. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 10).

SOUZA, A. das G. C. de; SOUZA, M. G.; PAMPLONA, A. M. S. R.; WOLFF, A. C. da S. **Boas práticas na colheita e Pós-colheita do cupuaçu**. Circular técnica nº 36, 8 p. Manaus-AM, 2011.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918 p.

TECCHIO, M. A.; TERRA, M. M.; CIA, P.; PAIOLI-PIRES, E.J.; MOURA, M. F.; SANCHES, J.; BENATO, E. A.; HERNANDES, J. L.; VALENTINI, S. R. T.; SIGRIST, J. M. M. Efeito do ácido naftalenoacético e do cloreto de cálcio na redução das perdas pós-colheita em uva 'Niágara Rosada'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, n.1, p. 53-61, 2009.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 147p.

UNICAMP. **Tabela brasileira de composição de alimentos**. NEPA–UNICAMP. - 4. ed. rev. e ampl. Campinas: NEPA - UNICAMP, 2011. 161 p.

VALE JÚNIOR, J. F. de; SCHAEFER, C. E. G. R. **Gênese e Geografia dos Solos sob Savana**. In: VALE JÚNIOR, J. F. de; SCHAEFER, C. E. G. R. Solos sob Savanas de Roraima: Gênese, classificação e relações ambientais. Boa Vista: Gráfica Ioris, 2010. 219p.

VENTURIERI, G. A. **Cupuassu: the species, its cultivation, uses and processing**. Belém: Clube do Cupu, 108 p.1993.

VENTURIERI, G. A.; RIBEIRO FILHO, A. A. A polinização manual do cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*). **Acta Amazonica**, v. 25, n. 4, p. 181-192, 1995.

VENTURIERI, G. A. Flowering levels, harvest season and yields of cupuassu (*Theobroma grandiflorum*). **Acta Amazonica**, v. 41, n. 1, p. 143–152, 2011.

VÉRAS, S. M.; LIMA, M. I. P. M.; GASPAROTTO, L. **Doenças de fruteiras da Amazônia.** In: KIMATI, H.; AMORIN, A.; BERGAMIN FILHO, L. E. A.; REZENDE, J. A. M. Manual de fitopatologia. 3. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1997. 774p.

VIEIRA, L. C. P.; TORTOLA, D. de A.; SOUZA, E. de C.; MULLER, R. C. S.; SILVA, A. dos S. Análise de parâmetros físico-químicos de iogurtes de cupuaçu. **Anais do 54º Congresso Brasileiro de Química**, Natal-RN, 2014.

**ANEXOS**

**Anexo I.** Composição química da polpa de cupuaçu [*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) K.Schum.] *in natura* e congelada. (UNICAMP, 2011).

Constituintes	Valores	
	<i>In natura</i>	Polpa congelada
Umidade (%)	86,2	86,6
Energia (kcal)	49	49
Energia (kJ)	207	204
Proteína (g)	1,2	0,8
Lipídeos (g)	1,0	0,6
Carboidratos (mg)	10,4	11,4
Fibra alimentar (g)	3,1	1,6
Cinzas (g)	1,2	0,6
Cálcio (mg)	13	5
Magnésio (mg)	18	14
Manganês (mg)	0,07	0,17
Fósforo (mg)	21	14
Ferro (mg)	0,5	0,3
Sódio (mg)	3	1
Potássio (mg)	331	291
Cobre (mg)	0,07	0,14
Zinco (mg)	0,3	0,2
Vitamina C (mg)	24,5	10,5
Tiamina (mg)	0,37	0,07
Niacina (mg)	4,34	-
Riboflavina (mg)	0,04	0,07

Fonte: UNICAMP, 2010.

**Anexo II.** Padrões de Identidade e Qualidade fixados para polpa de cupuaçu. (BRASIL, 2000).

<b>Especificações</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>
Sólidos em Brix, a 20 °C	9,00	-
pH	2,60	-
Acidez total expressa em ácido cítrico (g/100 g)	1,50	-
Ácido ascórbico (mg/100 g)	18,00	-
Açúcares totais naturais do cupuaçu (mg/100 g)	12,00	-
Sólidos totais (mg/100 g)	12,00	-

Fonte: BRASIL, 2009.