

**INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA – INPA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA NO**  
**TROPICO ÚMIDO – PPG-ATU**

**DESEMPENHO AGRONÔMICO DE PROGÊNIES DE CUBIU M<sub>2:3</sub> E**  
**M<sub>3:4</sub>**

**THIAGO MORAES PANTOJA E SILVA**

Manaus, Amazonas

Março de 2021

THIAGO MORAES PANTOJA E SILVA

**DESEMPENHO AGRONÔMICO DE PROGÊNIES DE CUBIU M<sub>2:3</sub> E  
M<sub>3:4</sub>**

**Orientador:** César Augusto Ticona Benavente, Dr.

**Coorientador:** Danilo Fernandes da Silva Filho, Dr.

Dissertação apresentada ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA, como requisito para obtenção do Título de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Agricultura no Tropicó Úmido – PPG-ATU.

Manaus, Amazonas

Março de 2021

### Folha de Aprovação

Banca Julgadora, abaixo assinada,  
aprova a Dissertação de Mestrado

**TÍTULO: "DESEMPENHO AGRONÔMICO DE PROGÊNIES  
DE CUBIU M<sub>2:3</sub> E M<sub>3:4</sub>"**

**AUTOR:**

**THIAGO MORAES PANTOJA E SILVA**

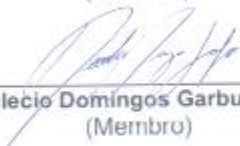
**BANCA JULGADORA:**



Dr. Aildo da Silva Gama (IFAM)  
(Membro)



Dr. Fernando Lisboa Guedes (EMBRAPA)  
(Membro)



Dr. Deoclecio Domingos Garbuglio (IAPAR)  
(Membro)

Manaus, 23 de março de 2021

S586d Silva, Thiago Moraes Pantoja e  
DESEMPENHO AGRONÔMICO DE PROGÊNIES DE CUBIU M2:3  
E M3:4 / Thiago Moraes Pantoja e Silva; orientador  
César Augusto Ticona Benavente; coorientador  
Danilo Fernandes da Silva Filho. -- Manaus: [s.l],  
2021.  
62 f.

Dissertação (Mestrado - Programa de Pós Graduação  
em Agricultura do Trópico Úmido) -- Coordenação do  
Programa de Pós-Graduação, INPA, 2021.

1. Melhoramento Genético . 2. Mutação. 3. Solanum  
sessiliflorum Dunal. I. Ticona Benavente, César  
Augusto , orient. II. Silva Filho, Danilo Fernandes  
da , coorient. III. Título.

CDD: 630

**Sinopse:**

Estudou-se o desempenho agronômico de nove progênies M<sub>2:3</sub> selecionado as plantas mais produtivas, e avaliar o desempenho agronômico de doze progênies M<sub>3:4</sub>.

**Palavras-chaves:**

Variabilidade, seleção, radiação gama, produção de cubiu, pilosidade de cubiu.

*"Quando tudo parecer dar errado em sua vida, lembre-se  
que o avião decola contra o vento, e não a favor dele. "*

*Henry Ford*

*À minha família, em especial a minha bisavó  
Maria Coelho (in memoriam) e a Deus por ter-me  
dado oportunidade de crescer em conhecimento e sabedoria.*

*Dedico*

## **Agradecimentos**

Primeiramente agradeço a Deus por estar sempre comigo nos desígnios dessa vida, mostrando-me o melhor caminho a ser seguido.

Um agradecimento todo especial ao meu Orientador Dr. César Augusto Ticona Benavente, por estar sempre pronto em ajudar com seus valiosos conhecimentos e suas incisivas opiniões de muita experiência e exatidão, além esforço e dedicação de proporcionar não somente conhecimentos científicos, mas também de caráter humano. Muito obrigado pela confiança, amizade e dedicação.

Ao meu Coorientador Dr. Danilo Fernandes da Silva Filho pelas orientações.

Ao técnico, Aristides por sua ajuda, somando seu conhecimento e palavra Amiga.

Ao Prof. Dr. Rogério Eiji Hanada, Coordenador do programa de pós-graduação, pelo esforço e dedicação de proporcionar não somente conhecimentos científicos, mas também de caráter humano.

Aos meus amigos e colega de turma, em especial a Luiz Dias, Álvaro Brasil, Rândrea Guimarães. Muito obrigado pelo companheirismo e amizade.

Ao Laboratório de Melhoramento Genético do Inpa pelo suporte e infraestrutura

Ao Laboratório Técnico de Alimentos do Ifam Centro pelo suporte e Infraestrutura (Dr. Lucia Boeira) e Ifam Zona Leste Pelo suporte e infraestrutura.

A FAPEAM pela concessão da bolsa de mestrado.

A todos os alunos de PIBIC que me acompanharam nessa jornada, em especial Leandro Silva e Natalia Mendonça e Vanessa Silva.

A todos que de alguma forma contribuíram direta e indiretamente na realização deste trabalho.

## Resumo

No cubiu foram induzidas mutações com radiação gama do genótipo CUB-08 para aumentar a variabilidade genética. Mas ainda não foi avaliada a eficiência deste método no melhoramento dessa espécie. Este trabalho objetivou avaliar o desempenho agronômico de 9 progênies  $M_{2:3}$  e 12 progênies  $M_{3:4}$  e selecionar plantas em cada uma dessas gerações. As características avaliadas na geração  $M_{2:3}$  foram: estande, número de frutos, massa média de frutos, produtividade por planta (g), produtividade por hectare, comprimento do fruto - C, diâmetro do fruto - D, relação C/D e espessura da polpa. A seleção de plantas individuais em ambas gerações foi realizada com base na seleção visual e posterior medição de características morfoagronômicas e físico-químicas dos frutos. Para detectar diferenças significativas entre progênies foi realizada a análise da variância em ambas gerações. Os resultados mostraram que na geração  $M_{2:3}$  o efeito de progênies foi significativo para massa média de frutos (g), produtividade por hectare, comprimento do fruto (cm) e relação C/D e que a progênie P12 teve a maior produtividade de frutos  $12,44 \text{ t ha}^{-1}$ , com massa média de fruto de 146,41 (g), formato de fruto oblongo e espessura de polpa de 8,24 (mm). Visualmente foram selecionadas 37 progênies cuja produtividade média era  $8,79 \text{ t ha}^{-1}$ . Na geração  $M_{3:4}$  houve também efeito significativo das progênies para estande, número total de frutos e espessura de polpa. Destacou-se a progênie P12-3 a qual produziu  $18,20 \text{ t ha}^{-1}$ , massa média do fruto 122,04 g, formato de fruto oblongo, espessura de polpa 8,64 mm, °Brix= 5,49 e pilosidade= 2,05. Foram selecionadas visualmente 33 progênies cuja média de produção foi de  $12,49 \text{ t ha}^{-1}$ . Por tanto, a radiação gama é capaz de produzir variabilidade genética entre progênies até a geração  $M_{3:4}$  para estande, número total de frutos e espessura de polpa. O que permite fazer a seleção genealógica para esses caracteres. Na próxima geração ainda deveria se realizar mais um teste de progênies e selecionar plantas.

**Palavras-chave:** Variabilidade, seleção genealógica, radiação gama, pilosidade.



## Abstract

To increase genetic variability, mutations were induced with gamma irradiation over cocona seeds, CUB-08 genotype. Meanwhile the efficiency of this method in cocona breeding has not yet been evaluated. This work aimed to evaluate the agronomic performance of nine M<sub>2:3</sub> progenies and twelve M<sub>3:4</sub> progenies and select plants in each of these generations. The characteristics evaluated in the M<sub>2:3</sub> generation were: stand, number of fruits, average fruit mass, yield per plant (g), yield per hectare, fruit length - L, fruit diameter - D, L/D ratio and pulp thickness of pulp. The selection of individual plants in both generations was carried out based on the visual selection and subsequent morpho-agronomic and physico-chemical characteristics of the fruits. To detect differences between progenies, analysis of variance was performed in both generations. The results showed significant progenies effect in M<sub>2:3</sub> for fruit mean mass, yield, length and length/diameter ratio. The P12 progeny had the highest fruit yield=12.44 t ha<sup>-1</sup>, average fruit mass =146.41 g, oblong fruit shape and pulp thickness =8.24 mm. Thirty-three progenies were selected whose average yield was 8.79 t ha<sup>-1</sup> and with resistance to *Sclerotium rolfsii*. In the M<sub>3:4</sub> generation there was also a significant progenies effect for stand, fruit number per plant, and pulp thickness. The P12-3 progeny stood out with fruit yield= 18.20 t ha<sup>-1</sup>, average fruit mass= 122.04 g, oblong fruit shape, pulp thickness=8.64 mm, ° Brix = 5.49 and hairiness = 2.05. Thirty-three progenies were selected with average fruit yield = 12.49 t ha<sup>-1</sup>. Therefore, gamma radiation is capable of producing genetic variability between progenies up to the M<sub>3:4</sub> generation for stand, fruit number per plant, and pulp thickness. Therefore, it should be perform a genealogical selection for these characters in the next generation.

**Keywords:** Variability, genealogical selection, gamma radiation, hairyness.

## Sumário

Lista de tabelas .....	xiii
Lista de figuras .....	14
<b>1. Introdução</b> .....	16
<b>2. Revisão</b> .....	18
2.1. Botânica do cubiu .....	18
2.2. Origem e distribuição geográfica .....	18
2.3. Características morfológicas .....	19
2.4. O fruto .....	20
2.5. Sistemas de cultivo .....	21
2.6. Clima .....	22
2.7. Importância econômica .....	22
2.8. Histórico de domesticação e melhoramento .....	23
2.9. Variedades de cubiu .....	24
2.10. Mutação em espécies vegetais .....	25
2.11. Mutantes de cubiu .....	27
2.12. Plantas autógamas .....	28
2.13. Método genealógico (Pedigree) .....	28
<b>3. Objetivo</b> .....	29
3.1. Objetivo Geral .....	29
3.2. Objetivos específicos .....	29
<b>4. Material e métodos</b> .....	30
4.1. Experimento I: Teste de Progênes $M_{2,3}$ .....	30
4.1.1. Local .....	30
4.1.2. Formação de mudas .....	30
4.1.3. Preparo da área e plantio definitivo .....	30
4.1.4. Tratos culturais .....	31
4.1.5. Colheita .....	31
4.1.6. Teste de progênes .....	31
4.1.7. Seleção de plantas .....	32
4.1.8. Delineamento experimental .....	32
4.1.9. Análise de dados .....	33
1.1. Experimento II: Teste de Progênes $M_{3,4}$ .....	33
1.1.1. Local .....	33
1.1.2. Formação de mudas .....	33
1.1.3. Preparo da área e plantio definitivo .....	33

<b>1.1.4.</b>	<b>Tratos culturais .....</b>	<b>33</b>
<b>1.1.5.</b>	<b>Teste de progênies .....</b>	<b>34</b>
<b>1.1.1.</b>	<b>Seleção de plantas.....</b>	<b>36</b>
<b>1.1.1.</b>	<b>Delineamento experimental.....</b>	<b>36</b>
<b>1.1.2.</b>	<b>Análises dos dados.....</b>	<b>36</b>
<b>2.</b>	<b>Resultados e discussão .....</b>	<b>37</b>
<b>2.1.</b>	<b>Experimento I: Teste de Progênies <math>M_{2:3}</math>.....</b>	<b>37</b>
<b>2.2.</b>	<b>Experimento II: Teste de Progênies <math>M_{3:4}</math> .....</b>	<b>43</b>
<b>3.</b>	<b>Conclusão .....</b>	<b>57</b>
<b>4.</b>	<b>Referências Bibliográficas .....</b>	<b>58</b>

## Lista de tabelas

<b>Tabela 1.</b> Análise de variância de características morfoagronômicas das progênies M <sub>2:3</sub> de cubiu ( <i>Solanum sessiliflorum</i> Dunal). Manaus- AM 2019.	37
<b>Tabela 2.</b> Teste de médias de características morfoagronômicas das progênies M <sub>2:3</sub> de cubiu ( <i>Solanum sessiliflorum</i> Dunal). Manaus- AM 2019.	38
<b>Tabela 3.</b> Avaliação de frutos para seleção das 34 progênies M <sub>2:3</sub> de cubiu ( <i>Solanum sessiliflorum</i> Dunal), para a formação da M <sub>3:4</sub> . Manaus- AM 2020.	42
<b>Tabela 4.</b> Análise de variância de características morfoagronômicas das progênies M <sub>3:4</sub> de cubiu ( <i>Solanum sessiliflorum</i> Dunal). Manaus- AM 2020.	44
<b>Tabela 5.</b> Teste de médias de características morfoagronômicas das progênies M <sub>3:4</sub> de Cubiu ( <i>Solanum sessiliflorum</i> Dunal). Manaus- AM 2020.	45
<b>Tabela 6.</b> Análise de variância para características químicas de fruto das progênies M <sub>3:4</sub> de cubiu ( <i>Solanum sessiliflorum</i> Dunal). Manaus- AM 2020.	51
<b>Tabela 7.</b> Teste de médias de características físico-químicas do fruto de progênies M <sub>3:4</sub> de Cubiu ( <i>Solanum sessiliflorum</i> Dunal), n=3. Manaus - AM 2020.	52
<b>Tabela 8.</b> Avaliação de frutos para seleção das 33 progênies M <sub>3:4</sub> de cubiu ( <i>Solanum sessiliflorum</i> Dunal), para a formação da M <sub>4:5</sub> . Manaus- AM 2020.	55

## Lista de figuras

- Figura 1:** Vista geral de uma planta de Cubiu (*Solanum sessiliflorum* Dunal) (a) detalhe da flor do cubiu (b). 19
- Figura 2:** nome e características das cultivares desenvolvidas para o cultivo. Silva-Filho (2009). 23
- Figura 3:** Variação morfológica de frutos de cubiu (*Solanum sessiliflorum* Dunal) obtidas de coletas de etnovariedades no Alto Solimões. Silva-Filho (2005). 25
- Figura 4.** Manutenção da variabilidade genética na seleção recorrente, ciclos 0, 1 e 2. 26
- Figura 5.** Ganho por seleção em 100 gerações tanto para aumentar como para diminuir o teor de óleo em milho. 26
- Figura 6.** Método de condução de populações no método genealógico (Pedigree) 29
- Figura 7:** Croqui da área experimental do plantio de cubiu (*Solanum sessiliflorum*) M<sub>2:3</sub>. 32
- Figura 8:** L\* a\* b\* cromaticidade do espaço de cor, diagrama (tonalidade e saturação) com exemplo das medidas de cor de uma maçã. 35
- Figura 9:** Croqui da área experimental do plantio de cubiu (*Solanum sessiliflorum*) M<sub>3:4</sub>. 36
- Figura 10:** Imagem do percevejo rendado no fruto de cubiu (a), sintoma do ataque do percevejo rendado na folha de cubiu (b). 39
- Figura 11:** Caule de cubiu atacado com *Sclerotium rolfsii* apresentando micélios e os escleródios (a), planta atacada, começa a murchar as folhas mais velhas (b), morte das plantas atacadas (c). 39
- Figura 12:** Croqui com as 37 plantas selecionadas, com pressão de seleção de aproximadamente 10%. Planta selecionada apresenta um círculo vermelho. 41
- Figura 13:** Frutos da progênie P12-3, a qual foi a mais produtiva da geração M<sub>3:4</sub>, (a), frutos da testemunha CUB-08 (b). 46
- Figura 14:** Caule de cubiu com presença de micélios e esclerócios do fungo *S. rolfsii* (a), visão geral do experimento com alta taxa de mortalidade de plantas pelo ataque de (*S. rolfsii*) (b). 48

- Figura 15:** Croqui representando o estande final do cubiu M<sub>3:4</sub>. Plantas circuladas com vermelho estavam mortas ao final da terceira colheita. 48
- Figura 16:** Aplicação de Cabrio®Top com pulverizador costal. 49
- Figura 17:** Corte transversal de cubiu evidenciando a circunferência, diâmetro, espessura de polpa e número de locos (a), bem como a mensuração da espessura de polpa (b). 50
- Figura 18** Espaço de cor MINOLTA L\* a\* b\* (a), espaço de cor L\*C\*h° (b). 54
- Figura 19:** Croqui com as 37 plantas selecionadas, com pressão de seleção de aproximadamente 10%. Plantas selecionadas são indicadas com círculos vermelhos. 54

## 1. Introdução

*Solanum sessiliflorum* Dunal é uma hortaliça amazônica da família Solanaceae (Salick 1992, Yuyama *et al.* 2008, Lima 2015). Sua distribuição abrange a região amazônica brasileira, peruana, colombiana e venezuelana (Cardoso 2016). Seus frutos são semelhantes a um tomate de 50 a 350 g, com coloração amarelada a roxeada ou com ambas cores. O pericarpo é amarelado levemente ácido, e sua placenta também é amarela, mas muito ácida. Por isto, podem ser consumidos como salada ou na forma de sucos. Também, pode se processar em compotas, sorvetes, molhos, e temperos para pratos com carne (Yuyama *et al.* 2008, Lima 2015). Sua produtividade pode chegar de 40 a 100 toneladas por hectare (Silva Filho *et al.* 2005).

Segundo o Food Trends Brasil (2018) novos sabores e aromas o mercado requererá futuramente. O cubiu com seu sabor inédito certamente será requerido e seu cultivo incentivado. Mas se observa alguns entraves nesta cultura: i) a pilosidade urticante e alergênica dos frutos, e a ii) a susceptibilidade a *Sclerotium rolfsii*.

Para resolver estes problemas se requiere variabilidade genética, porém não se tem observado está para estas características. Isto obriga a fazer novas coletas ou a gerar essa variabilidade de forma artificial.

As coletas de material são onerosas e requerem uma série de autorizações legais (Araújo 2015) para beneficiar aos detentores deste germoplasma. Também é verdade que não há bancos de germoplasma brasileiros que possam fornecer material. Talvez, o INPA seja a única instituição com maior número de variedades. Mas nenhuma delas têm variabilidade genética para os dois problemas citados anteriormente.

Por outro lado, o uso da radiação ionizante tem sido utilizado com sucesso, principalmente nos cereais como o trigo (Piovesan *et al.* 2020), a cevada (Conger e Carabia 1972), algodão, milho e soja (Araújo 2015) e arroz (Iqbal e Zuhur 1975). Mas também nas solanáceas como a berinjela (Rolim 2018) e tomate (Vargas *et al.* 2008). Esta radiação pode ser realizada com raios X, alfa, beta e gama. Cada um deles tem seu comprimento de onda e efeitos diferenciados. Conforme Trevisani *et al.* (2017) o crescente número de variedades registradas obtidas por indução de mutações demonstra que essa estratégia é muito promissora para o melhoramento de várias espécies. A radiação gama tem maior poder de penetração sobre a matéria que a radiação alfa e beta

(Nouailhetas *et al.* 2003). Por esta razão pode causar mutações pontuais com maior eficiência.

Desde 2015 o programa de melhoramento genético do cubiu do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) tem buscado criar mutantes de cubiu utilizando radiação gama, na expectativa de aumentar a variabilidade genética desta espécie (Ticona-Benavente *et al.* 2019). Esses autores demonstraram que 150 Gy de radiação gama sobre as sementes produz variabilidade genética. Desta maneira esses autores obtiveram a população  $M_1$  e  $M_2$ . Sendo feita seleção de plantas na  $M_2$ . Assim sendo, este trabalho objetivou avaliar o desempenho agrônomico das progênies  $M_{2:3}$  e  $M_{3:4}$  bem como fazer seleção de plantas em ambas gerações.



## 2. Revisão

### 2.1. Botânica do cubiu

O cubiu pertence à família Solanaceae, abrange mais de 90 gêneros, e possui cerca de 4.000 espécies divididas em cinco tribos: Nicandreae, Solaneae, Datureae, Cestareae e Salpiglossideae. As tribos Nicandreae, Solaneae e Datureae apresentam embriões curvos e, as duas restantes possuem embriões retos ou ligeiramente curvados.

O cubiu é do gênero *Solanum* e da espécie *S. sessiliflorum* Dunal. Esta espécie é proveniente da seção Lasiocarpa, sendo filogeneticamente relacionada com o *S. quitoense* Lam., conhecido como naranjilla ou lulo, que é cultivada nas regiões altas e frias da América do Sul e Central, diferentemente do cubiu (Cardoso 2016) que é adaptada ao clima tropical.

O cubiu é classificado botanicamente como: Reino: Plantae, Sub-Reino: Tracheobionta, Subdivisão: Spermatophyta, Divisão: Magnoliophyta, Classe: Magnoliopsida, Subclasse: Asteridae, Ordem: Solanales, Família: Solanaceae, Gênero: *Solanum* L., Espécie: *Solanum sessiliflorum* Dunal (USDA 2020).

### 2.2. Origem e distribuição geográfica

O centro de origem da espécie corresponde à região do Alto Orinoco, na Venezuela (Brücher 1968). Porém, é plantado em toda a Amazônia, no Brasil, Peru, Colômbia e Venezuela. É comumente encontrado nos Estados do Amazonas e Pará, cultivado ou de ocorrência subespontânea em quintais e jardins. É comercializado em mercados de cidades da fronteira do oeste do Amazonas (Brasil), Colômbia e Peru (Pahlen 1977, Silva-Filho 1998, Silva 2007).

O cubiu tem boa adaptabilidade a regiões de clima úmido e quente, onde a umidade relativa do ar pode ficar acima de 85% e temperaturas médias variando de 18 a 30 °C e com precipitação pluviométrica de 1.500 a 4.500 mm ao ano. É uma planta cultivada a pleno sol, porém é possível o plantio em áreas sombreadas, mas a produção de frutos é baixa (Salick 1992). Prospera em solos aluviais, sendo comumente cultivado em solos tropicais ácidos e inférteis onde apenas um número limitado de outras culturas produzem, embora não desenvolva bem em solos encharcados; pode ser cultivado desde o nível do mar até 1.500 metros de altitude (Salick 1992, Silva-Filho 1998, Silva-Filho *et al.* 1999, Silva 2007).

Conforme Silva Filho (2002), o cubiu é adaptado ao clima da Amazônia Ocidental. Contudo, por ser domesticado e distribuído por povos indígenas do noroeste da América do Sul, há registro de sua introdução no Estado de São Paulo (Rodrigues *et al.* 2013), Minas Gerais (Pires *et al.* 2015) e no Paraná (Serenó *et al.* 2017), tendo a capacidade de se adequar a outros climas.

### 2.3. Características morfológicas

A planta possui hábito de crescimento arbustivo, com altura variando de 1 a 2 m, porte ereto e ramificado, as folhas são simples, alternas em arranjos espirais, longopeciouladas, com pecíolo de até 14 cm e comprimento da lâmina foliar de até 58 cm, a inflorescência possui de cinco a oito flores e ploidia  $2n = 24$  cromossomas (figura 1a) (Brücher 1968, Pahlen 1977, Silva-Filho *et al.* 2003, Silva 2007).

A inflorescência é uma cima formada por um ramo de pouco mais de 1 cm de comprimento, seus pedúnculos florais possuem tamanho de 2 a 5 mm de comprimento e disposição em espiral, as sépalas são de coloração verde e as pétalas com tons verde-clara, as anteras possuem cor amarela com tamanho de 8 mm de comprimento e 1 mm de largura, em número de cinco (figura 1b) (Pahlen 1977).

As flores estão classificadas como hermafroditas ou estaminadas, as flores hermafroditas são formadas por um estigma úmido e estilete glabro que possuem dimensões de 7 mm a 10 mm, o ovário tem formato globoso e é piloso, as flores estaminadas são formadas por um estilete reduzido com ovário rudimentar (Silva Filho 1998).



**Figura 1:** Vista geral de uma planta de Cubiu (*Solanum sessiliflorum* Dunal) (a) detalhe da flor do cubiu (b).

## 2.4. O fruto

A colheita do cubiu se inicia aproximadamente no sexto ou sétimo mês após o plantio definitivo, dependendo do material genético cultivado, e sua produção varia de 40 a 100 toneladas por hectare, oferecendo a possibilidade de se programar os plantios para obter colheita o ano inteiro, permitindo o fornecimento de matéria-prima constante para a agroindústria (Silva-Filho *et al.* 1999).

Os frutos têm formas que variam de acordo com o genótipo, podendo ser redonda, achatada, quinada, cordiforme, oblongos e cilíndrica. Apresentam coloração verde quando imaturo e amarelo quando maduro chegando até a marrom-avermelhado. Possui polpa com espessura que varia de acordo com o tamanho do fruto. O peso do fruto varia de 30 a 450 g de acordo com o genótipo. Podem possuir de quatro lóculos (oblongos) a seis lóculos (redondos), sendo que frutos com maior número de lóculos são maiores em diâmetro e frequentemente apresentam formas irregulares (Pahlen 1977, Noda *et al.* 1997, Silva-Filho 2002). Os frutos com quatro lóculos apresentam padrão mais uniforme, com superfície mais lisa e mais resistente ao transporte. A variação do número de lóculos (quatro a seis) nos frutos redondos pode ocorrer na mesma planta. Cada fruto pode conter de 500 a 2000 sementes glabras ovaladas e achatadas. O peso de mil sementes é de 1,2 g, dependendo do genótipo (Pahlen 1977, Noda *et al.* 1997).

O fruto é muito nutritivo, possui sabor azedo com aroma agradável. É um fruto abundante em ferro, niacina, ácido cítrico e pectina é usado pelas populações tradicionais da Amazônia para vários fins como, por exemplo, as folhas e raízes são utilizadas como medicamentos, os frutos como alimento, e o suco do fruto como cosmético (Augusto 2002).

Uma parte comestível do cubiu é a polpa do fruto e sua composição química apresenta um bom teor de fibra, assim como proteínas, sais minerais e vitaminas. É consumido "*in natura*" ou como tira gosto de bebidas alcoólicas, sucos, geleias, doces, compotas, molhos e temperos de carne (Silva-Filho *et al.* 1999, Pires *et al.* 2015). A outra parte é a placenta, a qual é muito ácida e que pode ser aproveitada para fazer sucos. Esta placenta é mais aromática que a polpa, por isto estudos dos compostos aromáticos da placenta devem ser realizados.

O estudo realizado por Yuyama *et al.* (2007) com oito etnovarietades de cubiu, constatou elevados teores de umidade, na ordem de 90% com variação de 88,4% a 92,1%,

baixa concentração de proteínas (0,4 a 0,7%) e lipídios (0,3 a 1,8%). A fibra alimentar total apresentou maior proporção, com valores médios de 1,6%, se aproximando aos de espécies do mesmo gênero como *S. melongena* com 1,2% e *S. gilo* com 1,2%, podendo ser uma potencial fonte de fibra (Yuyama *et al.* 2007).

O potássio teve variação de 229,0 a 513,5 mg ( $p < 0,05$ ); o sódio foi o que apresentou a menor concentração, variando de 53,7 a 336,4  $\mu\text{g}$ ; o ferro teve variação de 218,5 a 530,1  $\mu\text{g}$ ; zinco 89,3 a 144,9  $\mu\text{g}$ ; cobalto 427,5 a 867,0  $\mu\text{g}$ ; e cromo 18,0 a 99,6  $\mu\text{g}$  (Yuyama *et al.* 2007).

Yuyama *et al.* (2007) concluíram em sua pesquisa que o cubiu é um recurso genético para a agroindústria e para programas que visem a curto prazo, a melhoria da alimentação da população da região Amazônica, em particular os grupos carentes de minerais encontrado nos frutos e que a quantidade de fibra alimentar presente, juntamente com a baixa propriedade energética, pode ser utilizada em dietas hipocalóricas.

## **2.5. Sistemas de cultivo**

O cubiu é propagado por sementes em canteiro de semeadura da mesma maneira que o tomateiro, pimentão ou berinjela, todavia tem um desenvolvimento mais lento e é mais sensível ao transplante (Pahlen 1977). Por essa razão, foi mais conveniente repicá-lo para saco de plástico três a quatro semanas depois da semeadura e transplantá-lo para o lugar definitivo, um mês e meio ou dois, mais tarde. Também é recomendado que esta prática seja feita no início da época de chuvas, em dia nublado, caso não se faça irrigação (Pahlen 1977, Silva-Filho *et al.* 2005, Silva 2007).

Nos plantios são usados os espaçamentos de 1,0 x 1,0 m; 1,3 x 1,3 m; 1,0 x 1,5 m e 1,5 x 2,0 m, podendo chegar até a 2,0 x 2,0 m, usando covas 0,2 x 0,3 x 0,2 m. O cubiu pode crescer sem nenhum adubo, porém a produção é baixa sendo possível chegar a 2,9 kg por planta (20-30 frutos), o que representa um rendimento de 29 t ha<sup>-1</sup>. (Pahlen 1977, Cardoso 2016).

Para aumentar a produção se recomenda 80 g de superfosfato triplo, 40 g de cloreto de potássio e 5 g de uréia (Silva-Filho 1998, Cardoso 2016) por ocasião do plantio, e coberturas a cada 15 dias após o início da floração com 5 g de ureia por planta. Os tratamentos culturais como as limpezas, irrigações, controles fitossanitários, adubações foliar e adubação de cobertura serão realizados se houver necessidade (Silva-Filho 1998, Cardoso 2016).

## 2.6. Clima

A Amazônia ocidental no esquema Köppen é classificado como Clima Tropical Chuvoso “A”. Sendo que, dentro de categoria de clima a dois subclimas que são do tipo climáticos, chuvas do tipo amazônico “Am” e o Constantemente úmido “Af” (Alvares *et al.* 2013, Antonio 2017).

No clima “Af” a uma variação mínima anual, tanto da temperatura como da chuva e se mantém sempre em um nível elevado ocorrendo no noroeste do Amazonas (Antonio 2017). A pluviosidade anual varia de 2.750 e 3.500 mm, sem grandes intervalos de chuvas regulares. Com isso a temperatura média anual acaba se tornando mais baixa variando em torno de 26 e 30°C. Esse categoria de clima abrange um total de 83,3% do território do Amazonas com área de 1.570.746,00 Km<sup>2</sup> (Alvares *et al.* 2013). O restante do estado é do tipo climático Am representando 17,6% (Alvares *et al.* 2013).

## 2.7. Importância econômica

Conforme Ribeiro e Durigan (2018) o cubiu tem a possibilidade de criação de novos cardápios, agregação de renda e valor, valorização da espécie atrás de produtos artesanais e a possibilidade de processamento industrial. Segundo Silva-Filho *et al.* (2005), o cubiu é uma importante fonte de matéria-prima para a agroindústria alimentícia. O cubiu também é utilizado como medicamento para controlar diabetes, ácido úrico, colesterol, queimaduras e micose na pele (Silva-Filho *et al.* 2003). Apesar disto, o fruto e seus subprodutos têm escassa importância econômica, não sendo fácil encontrá-los em Manaus.

Os produtos feitos a partir do cubiu são néctares (Pires *et al.* 2015), geleias (Yuyama *et al.* 2008), picles (Cruz 2016), mix de suco (Ticona-Benavente *et al.* 2020) e medicamentos à base de cubiu (ClinicMais 2020, ErosPlus 2020, Unilife 2020).

O Peru tem exportado néctares a Espanha (92,36%), Itália (2,30%), França (2,28%), Hong Kong (1,20%), Aruba (1,01%) e Suíça (0,85%). Somando 8.511,03 US\$ somente em 2017 (PROMPERU 2020).

Em relação ao valor comercial a Colômbia se observa o seu consumo e comercialização elevado na cidade de Letícia. Com isso, o programa de melhoramento genético do cubiu vem buscando uma variedade, com elevada produtividade, frutos sem pilosidade urticante, resistente ao fungo *sclerotium rolfsii* e qualidade nutricional, para se inserir nos mercados de polpas e sucos nacional e internacional.

## 2.8. Histórico de domesticação e melhoramento

Sabemos que o homem quando identifica uma planta e coloca sobre seus cuidados o mesmo se torna o principal agente de seleção, mesmo que os processos naturais de evolução continuem acontecendo. Conforme (Silva-Filho 2009) o cubiu foi domesticado pelos ameríndios antes da chegada dos europeus, como relato o autor afirma que o cubiu nasce espontaneamente em áreas perturbadas ao redor das casas dos caboclos e comunidades indígenas, sendo também plantada em jardins.

Com base em Anderson (2005) e Silva-Filho (2009) sugere que o cubiu pode ser uma espécie voluntaria nos assentamentos humanos, se beneficiando das lixeiras e outros ambientes onde tem solos melhores e com isso reduzindo a competição natural.

Em 1975 foi criado a Coordenação de Pesquisas em Ciências Agrônômicas (CPCA) e segundo Silva-Filho (2009) entre as espécies estudadas se encontra o cubiu, onde se destaca pela sua utilização em populações humanas como alimento, medicamento e cosmético (Silva-Filho 1998, Silva-Filho *et al.* 2003, Yuyama *et al.* 2005).

Em 1976 iniciou-se o programa de melhoramento, coordenado pelos Dr. Alejo von der Pahlen com 20 acessos. Com base nos dados dos primeiros anos de pesquisa o cubiu foi considerando como produto agrícola com potencial para a agroindústria (Pahlen 1977). Conforme (Silva-Filho 2009) o Inpa possui mais de 162 acessos avaliados e caracterizados, além do grupo de melhorista terem lançado em meados dos anos 2000 nove cultivares (figura 2).

Tabela 22.1. Nomes e características dos cultivares de cubiu desenvolvidos para cultivo na Amazônia. Manaus, INPA, 2003

Cultivar	Forma do fruto	Largura do fruto (cm)	Comprimento do fruto (cm)	Espessura da polpa (mm)	Peso do fruto (g)	Rendimento t ha <sup>-1</sup>
Warker 6	Cilíndrico angular	5,4	8,1	3,7	149,0	60,00
Hironoda 8	Achatado irregular	6,3	5,8	7,1	150,0	55,00
Manuca 9	Redondo pequeno	5,0	5,2	5,7	55,0	105,00
Marlene 12	Cordiforme	8,7	8,4	14,1	300,0	70,00
Alejo 13	Cordiforme angular	5,5	8,2	11,7	150,0	80,00
Moacir 19	Ovalado	7,7	9,2	1,5	251,7	75,00
Lucas 20	Cilíndrico	3,4	3,1	1,8	18,5	90,00
Luyama 24	Redondo angular	7,7	6,7	16,5	94,5	80,00
Fátima 23	Redondo médio	5,7	5,9	5,8	97,7	70,00

**Figura 2:** Nome e características das cultivares desenvolvidas para o cultivo. Silva-Filho (2009).

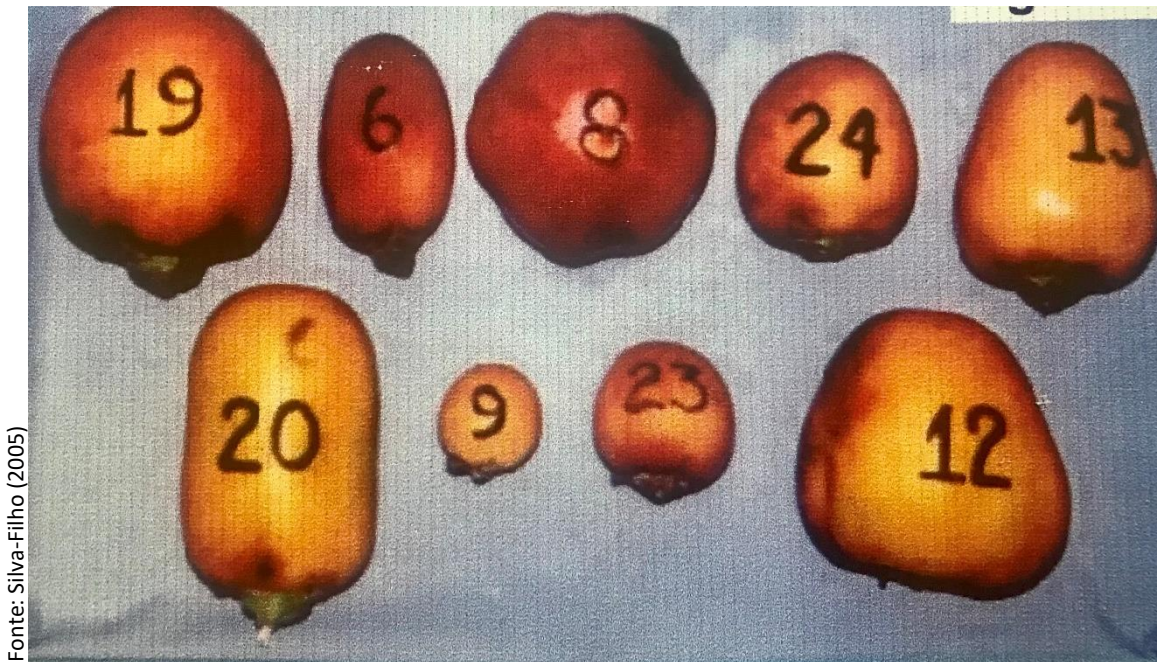
## 2.9. Variedades de cubiu

As variedades ajudam a padronizar a produtividade e o manejo. Elas são obtidas após cuidadoso estudo de desempenho agrônomico por vários locais e anos. O principal método para obter variedades tem iniciado fazendo expedições para coletar germoplasma.

No Peru, O Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP) possui um banco de germoplasma ativo com 101 acessos com o intuito de conservar e regenerar o material para o fornecimento de genótipos em trabalho de melhoramento genético (Balcazar-Terrones *et al.* 2011).

No Brasil o Inpa tem realizado coletas no Alto Solimões e Alto Rio Negro, inclusive de áreas peruanas e colombianas. Nas regiões do Alto Solimões e Alto Rio Negro é possível encontrar as variedades, desde o estágio silvestre até o mais avançado processo de domesticação, que é especialmente visível na forma e no tamanho dos frutos (Lima 2015). Conforme Pahlen (1977) os frutos quase não sofrem variação nos caracteres de forma e tamanho em sucessivas gerações, nem em diversas condições, sendo caracteres altamente herdáveis.

Em 2005 Silva-Filho e colaboradores testaram a competitividade agrônomico entre 28 genótipos de diferentes lugares do Amazonas, Peru e Colômbia, selecionando nove genótipos com variação morfológicas distintas e recomendou alguns deles para os agricultores da região amazônica (comunicação pessoal D.F. Silva Filho) (figura 2). Estes genótipos apresentam pilosidade nos frutos, não podendo ser realizada seleção para este caráter (Silva-Filho *et al.* 2005). Dentre os nove genótipos, o CUB-08 apresenta maior resistência ao ataque de patógenos.



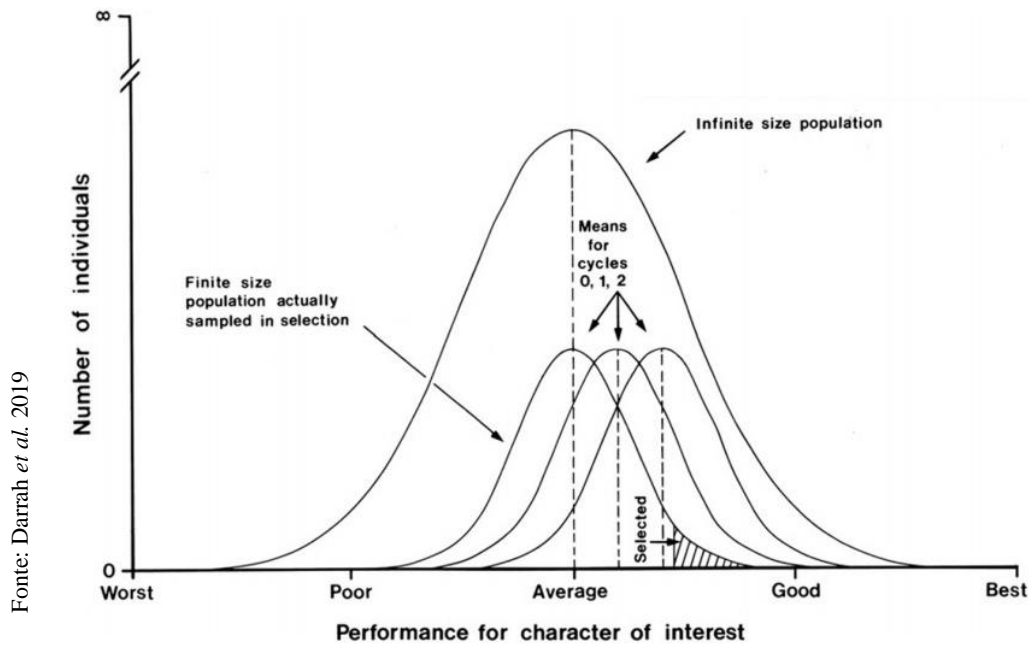
**Figura 3:** Variação morfológica de frutos de cubiu (*Solanum sessiliflorum* Dunal) obtidas de coletas de etnovarietades no Alto Solimões. Silva-Filho (2005).

#### 2.10. Mutação em espécies vegetais

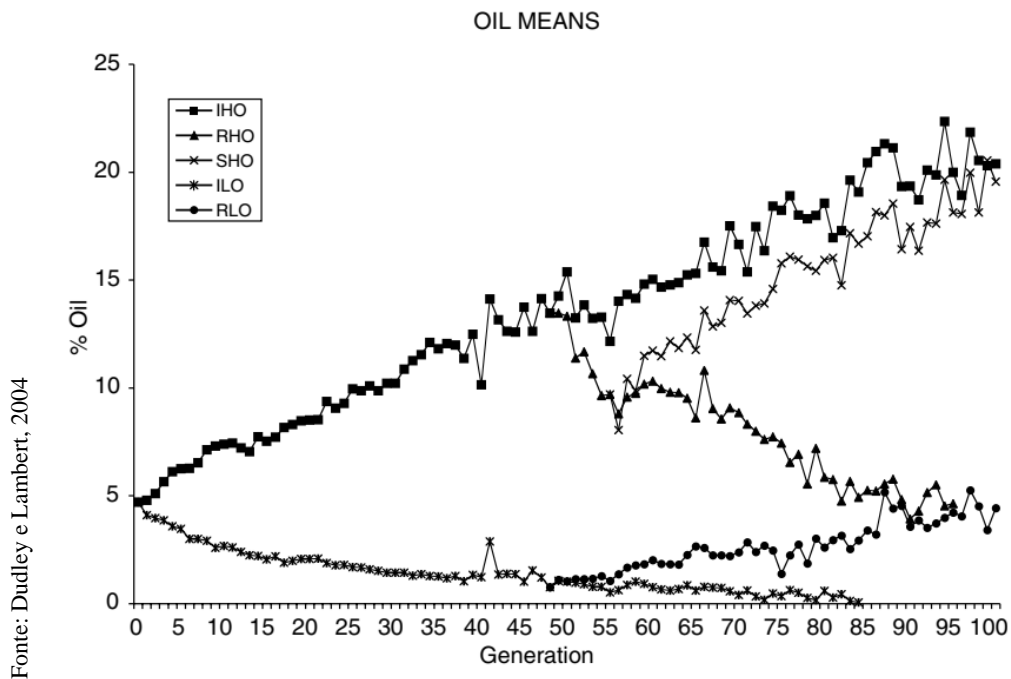
O processo de melhoramento genético de plantas só é possível se há variabilidade genética. Ela é de essencial interesse para o melhorista, pois sem ela não seria possível ter ganhos por seleção. A variabilidade genética proporcionou o emprego de várias técnicas que ajudam na identificação de genótipos superiores. A base genética restrita determina dois aspectos fundamentais no melhoramento de plantas: primeiro, restringe e até mesmo inviabiliza a criação de novas cultivares; e segundo, acelera a erosão genética em virtude do uso de um pequeno número de genótipos distintos utilizados para hibridações artificiais (Coimbra *et al.* 2004).

A baixa variabilidade genética e herdabilidade dificulta o trabalho do melhorista. As hibridações são uma forma de aumentar a variabilidade genética. Por exemplo, a seleção recorrente se baseia neste princípio (figura 3). Em cada ciclo seletivo há hibridação, com isto se evita que a variabilidade genética desapareça. Usando cruzamentos em certas gerações se tem conseguido manter a variabilidade genética por 100 gerações de milho (Darrah *et al.* 2019). O teor de óleo saiu de 5% em 1896 para 22% no ano 2004 (Figura 4) (Dudley e Lambert 2004).





**Figura 4.** Manutenção da variabilidade genética na seleção recorrente, ciclos 0, 1 e 2.



**Figura 5.** Ganho por seleção em 100 gerações tanto para aumentar como para diminuir o teor de óleo em milho.

A radiação ionizante é capaz de arrancar um elétron do átomo. O primeiro é o elétron ejetado e o íon positivo é o átomo que perdeu um elétron. Os elétrons estão ligados a átomos por forças elétricas de diferentes valores, dependendo da sua localização.

Quanto mais próximo do núcleo, maior é a força de atração entre o elétron e o núcleo, positivamente carregado (Okuno 2013). A radiação gama sendo uma radiação ionizante é produzida por elementos químicos radiativos, como o urânio, cobalto 60 ou polônio. Suas ondas curtas com comprimento de picômetros facilita sua penetração no genoma, assim, devido a sua alta taxa de energia, apresenta um efeito ionizante, podendo causar danos irreparáveis ao núcleo celular (Silva 2010, Porto 2013).

Segundo Bado *et al.*(2015) a radiação gama é considerado um dos principais indutores de mutações e aberrações cromossômicas, contudo seu efeito varia de acordo a dosagem de radiação (Santos 1993), modo de exposição (Iqbal e Zuhur 1975), grau de ploidia dos cromossomos (Brock 1980), conteúdo do DNA por genoma haploide (Plewa *et al.* 1980), nível de oxigênio (Brump *et al.* 1982) e armazenamento após a irradiação (Conger e Carabia 1972).

Conforme Kikuchi (1987) a radiação por raios gama é comumente usada para a obtenção de sementes mutantes. Forster e Shu (2012) explica que, dentre os milhares de mutantes produzidos, foi possível identificar genes desejáveis que dão origem a variedades aprovadas e comercializadas globalmente, citando entre elas, 1468 de cereais, 370 de legumes, 77 de oleaginosas comestíveis. Porém, para cada espécie é preciso determinar a dose mais adequada. No caso do cubiu, Ticona-Benavente *et al.* (2019) após testar as doses de 0, 100, 150, 200, 250, 300 e 400 Gy sobre sementes do genótipo CUB-08 determinaram que 150 Gy cria variabilidade genética.

### **2.11. Mutantes de cubiu**

Uma vez determinada a dose de radiação gama em sementes de cubiu, sementes do genótipo CUB-08 do banco de germoplasma ativo do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia INPA foi encaminhado para CENA/USP para a aplicação com radiação gama: 150 Gy, sendo a fonte Cobalto 60, o qual irradia 5010 Gy/h.

Foram plantadas 1000 plantas M<sub>1</sub> (Silva e Ticona-Benavente 2017) e das 1000 plantas M<sub>1</sub> somente 600 plantas sobreviveram.

Na geração seguinte, 600 plantas M<sub>2</sub> foram plantadas para fazer seleção por suas características agronômicas desejáveis. Assim 43 plantas foram selecionadas por sua elevada produtividade e baixa pilosidade (Silva *et al.* 2019).

## **2.12. Plantas autógamas**

Segundo (Ramalho *et al.* 2001), plantas autógamas são plantas que se reproduzem predominantemente por meio da autopolinização, isso ocorre principalmente devido à morfologia da flor ou amadurecimento e liberação do pólen antes da abertura da flor cleistogâmica (Borém e Miranda 2009).

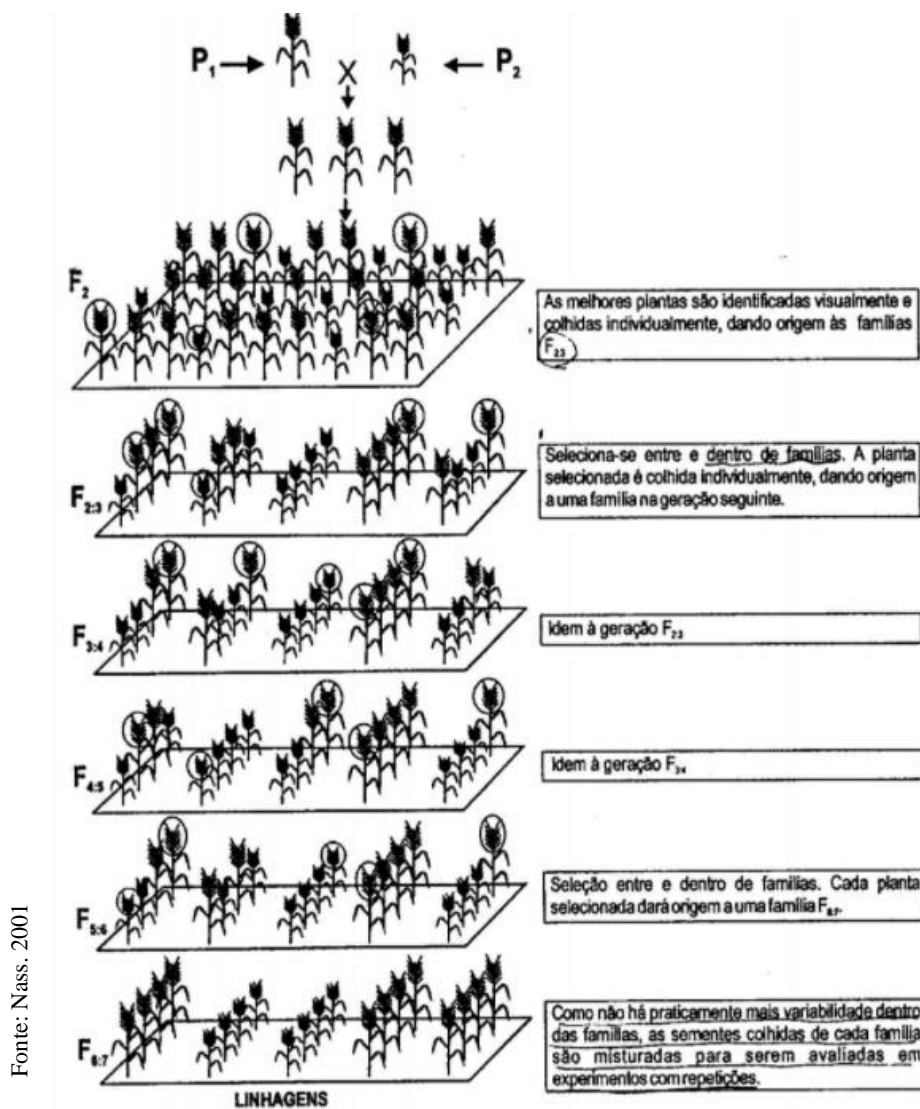
Uma pequena taxa de alogamia pode ocorrer em espécies autógamas, decorrente de atividades de insetos (Borém e Miranda 2009). O cubiu é catalogado como uma espécie autógama, mas tem se estimado taxas de cruzamento de 6% (Salick 1992) e 31% (Paiva 1999).

Devida a esta característica um dos métodos mais adequados para condução de populações é o método genealógico.

## **2.13. Método genealógico (Pedigree)**

É o método mais empregado no melhoramento de plantas autógamas (Ramalho *et al.* 2001, Acquaah 2007). A seleção de pedigree é um método em que se mantém registros da ancestralidade do genótipo (Acquaah 2007). A documentação do pedigree permite aos criadores rastrear a progênie até a planta que a deu origem. O método consiste em distinguir entre plantas desejáveis e indesejáveis com base no teste de progênie desde a F<sub>2</sub> até a F<sub>6</sub> (esquema geral mostrado na figura 5).

Conforme Ramalho *et al.* (2001), Acquaah (2007) e Borém e Miranda (2009) o método é barato e de fácil conduzir. No entanto, é preciso ter mão de obra qualificada, requiere de uma equipe e é mais oneroso que a seleção massal. Este método melhora características de baixa herdabilidade, porque a seleção é baseada no genótipo e não no fenótipo como na seleção massal.



**Figura 6.** Método de condução de populações no método genealógico (Pedigree).

### 3. Objetivo

#### 3.1. Objetivo Geral

Avaliar o desempenho agrônômico de nove progênies de uma população  $M_{2:3}$  e doze progênies  $M_{3:4}$  de cubiu (*Solanum sessiliflorum*).

#### 3.2. Objetivos específicos

Verificar a utilidade da radiação gama no melhoramento do cubiu.

Avaliar a diversidade genotípica das progênies de uma população  $M_{2:3}$  e  $M_{3:4}$  de cubiu.

Selecionar plantas em ambas gerações utilizando a seleção genealógica na M<sub>2:3</sub> e na M<sub>3:4</sub>.

## **4. Material e métodos**

### **4.1. Experimento I: Teste de Progênes M<sub>2:3</sub>**

#### **4.1.1. Local**

O experimento foi realizado no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas (IFAM), Campus Manaus Zona Leste, com localização geográfica 3°04'44,0"S e 59°56'05,6"W. A área possui solo classificado como Latossolo Amarelo, de textura muito argilosa e relevo variando de plano a suavemente ondulado (Chaves *et al.* 2011). O clima é do tipo "Af", seguindo o esquema Köppen, sendo registrada média de 2.450 mm de chuva por ano (Antonio 2017).

#### **4.1.2. Formação de mudas**

Foram semeadas 9 progênes de cubiu M<sub>2:3</sub> mais a testemunha CUB-08, advindas da seleção de plantas M<sub>2</sub> (Silva *et al.* 2019), utilizando bandejas de poliestireno com 128 células e substrato comercial organo-mineral Plantmax®, no mês de setembro de 2018. Em cada célula foi plantada três sementes, totalizando 40 células e 120 sementes por progênes. As bandejas ficaram em casa de vegetação com irrigação por nebulização automatizada. No mês de novembro/2018, as plantas que apresentavam de 4 a 6 folhas totalmente distendidas e tamanho aproximado de 10 cm foi realizado repicagem para copos de plásticos de 250 mL, com Latossolo peneirado em malha 0,5 cm e esterco de galinha curtido na proporção 1:1. Após 30 dias, oito plantas por progênes foram levadas a campo para o plantio definitivo.

#### **4.1.3. Preparo da área e plantio definitivo**

Foi realizada coleta de amostras do solo, sendo retiradas 15 amostras simples, misturadas e formando uma amostra composta, seguindo as diretrizes para análises física e química nas profundidades de 0 a 20 cm, a amostra foi enviada ao Laboratório de Solos e Nutrição de Plantas do INPA.

No final de outubro/2018 foi realizada a limpeza da área, em novembro/2018 ocorreu a aração e gradagem com trator TL 5.80 Newholland, em dezembro foi realizado mais uma aração usando um microtrator com enxadas rotativas modelo Yanmar TC14, as

leiras foram levantadas no espaçamento de 1,20 m e altura de 30 cm utilizando o microtrator e enxadas para alcançar a altura desejada.

A adubação inicial foi realizada no dia do plantio usando um litro de esterco de galinha curtido, 30 g de superfosfato triplo e 20 g de cloreto de potássio por cova, o plantio foi feito no espaçamento 1,2 x 1,0 m no mês de dezembro/2018.

#### **4.1.4. Tratos culturais**

Foi realizada a capina quando houve necessidade, o controle fitossanitário do percevejo rendado (*Corythaica cyathicollis*) foi realizado utilizando o Evidence®700 WG, 300 g ha<sup>-1</sup>. A adubação de cobertura foi realizada em dois momentos, a primeira após dois meses do plantio definitivo, usando 10 g de ureia a cada 15 dias com duas aplicações e a segunda adubação de cobertura após a terceira colheita usando 100 kg de ureia ha<sup>-1</sup> e 100 kg de cloreto de potássio dividido 4 vezes a cada 15 dias, totalizando 6 adubações de cobertura.

#### **4.1.5. Colheita**

A colheita iniciou após 5 meses, os frutos foram colhidos quando considerados maduros (coloração amarela) (Lima 2015, Cardoso 2016). Os frutos foram retirados dos ramos com auxílio de tesoura de poda, cortando o pedúnculo após esse procedimento os foram devidamente ensacados, identificados e transportados para o laboratório.

#### **4.1.6. Teste de progênies**

Foram avaliadas nove progênies M<sub>2,3</sub> mais a testemunha CUB-08. Sendo realizado 4 colheitas, em cada uma delas foram avaliadas as seguintes características na parcela: estande, número de frutos, massa (g), comprimento do fruto (cm), diâmetro do fruto (cm), relação comprimento e diâmetro, altura de planta (cm), diâmetro do coleto (mm) espessura de polpa (mm), pilosidade dos frutos (1=liso, 3=piloso), produtividade por planta (kg) e produtividade por hectare. Também foram estimados os parâmetros genéticos variância genética e herdabilidade e seu intervalo de confiança.

O comprimento, o diâmetro e a relação comprimento e diâmetro (C/D) foi obtido utilizando cinco frutos por parcela a cada colheita utilizando a régua milimétrica, sendo feita uma média no final do experimento. A espessura de polpa foi obtida medindo a polpa de três frutos por parcela até a terceira colheita utilizando paquímetro digital. A pilosidade foi avaliada por uma escala de notas variando de 1= frutos lisos a 3= frutos pilosos. Para

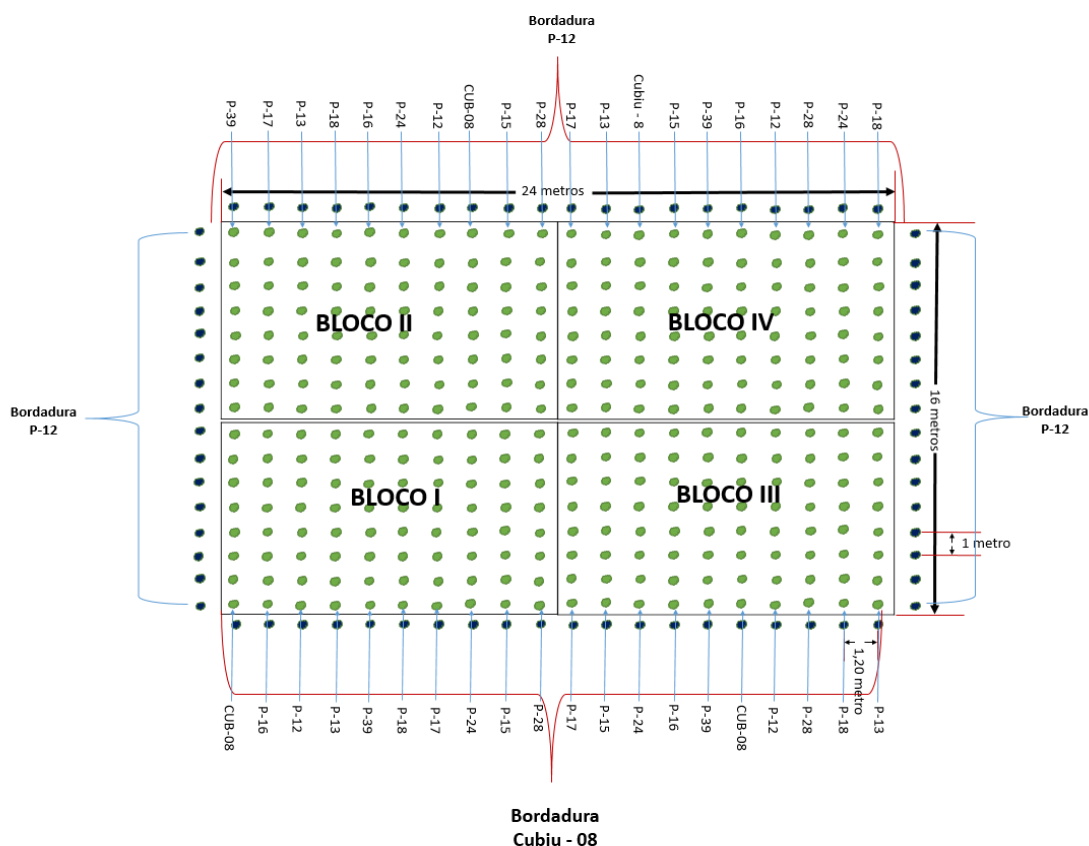
quantificar os sólidos solúveis (°Brix) foi utilizado o refratômetro analógico (0-90 graus Brix), marca: AKROM, modelo: REF90, nele foram colocadas duas gotas da amostra desgaseificada e homogeneizada (MAPA 1986a). O pH foi determinado pelo método pHmetro potenciométrico (MAPA 1986b).

#### 4.1.7. Seleção de plantas

As melhores plantas foram selecionadas visualmente pela produtividade aparente, sendo selecionadas 37 plantas. Posterior foi realizada análise estatística (teste de médias) sendo avaliadas: número de frutos, massa (g), produtividade ( $t\ ha^{-1}$ ), comprimento e diâmetro (cm) com base nestes resultados as plantas foram classificadas, e selecionando as melhores progênies para serem testadas na  $M_{3:4}$ .

#### 4.1.8. Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi o delineamento de blocos casualizados com nove tratamentos e uma testemunha, 4 repetições, formando 40 unidades experimentais, cada unidade com 8 plantas, totalizando 320 plantas uteis, mais 72 plantas como bordadura (figura 6).



Fonte: silva, 2018

**Figura 7:** Croqui da área experimental do plantio de cubiu (*Solanum sessiliflorum*)  $M_{2:3}$ .

#### **4.1.9. Análise de dados**

Foi realizada a análise variância das progênes, e quando encontrado significância em pelo menos uma média entre as progênes geração  $M_{3:4}$  foi aplicado o teste de comparação múltipla de médias de Duncan ( $P < 0,05$  e  $P < 0,01$ ), utilizando o software estatístico SAS 9.3 (SAS Institute Inc., Cary, NC).

### **1.1. Experimento II: Teste de Progênes $M_{3:4}$**

#### **1.1.1. Local**

O experimento foi realizado na Estação Experimental de Hortaliças Alejo Von Der Pahlen (EEH) do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, localizada em Manaus no km 14 da Rodovia AM-010, coordenadas  $2^{\circ}59'48,26''S$  e  $60^{\circ}01'19,69''O$ .

O solo é classificado como Podzólico Vermelho-Amarelo álico, textura arenosa, de baixa fertilidade (Silva-Filho *et al.* 2005, Yuyama *et al.* 2007). O clima é do tipo “Af”, seguindo o esquema Köppen, sendo registrada média de 2.450 mm de chuva por ano (Antonio 2017).

#### **1.1.2. Formação de mudas**

Foram semeadas 12 progênes de cubiu  $M_{3:4}$  mais a testemunha CUB-08, utilizando bandejas de poliestireno com 128 células e material orgânico decomposto em liteira, peneirado e esterco de galinha curtido na proporção 3:1, no final do mês de novembro/2019. Em cada célula foram plantadas três sementes, totalizando 48 células e 144 sementes por progênie. As bandejas ficaram em casa de vegetação com irrigação por microaspersão automatizada. No mês de janeiro/2018, foi realizada repicagem para copos plásticos de 250 mL, com liteira peneirada e esterco de galinha curtido na proporção 1:1 e em março/2020 foi realizado o plantio definitivo.

#### **1.1.3. Preparo da área e plantio definitivo**

No final de fevereiro/2020 foi realizada a limpeza da área, aração e gradagem com trator pesado Massey e Fergusson 250X e aração usando um microtrator com enxadas rotativas, modelo Yanmar TC14, a adubação foi realizada no dia do plantio usando um litro de esterco de galinha curtido, 30 g de superfosfato triplo e 20 g de cloreto de potássio por cova, o plantio foi feito no espaçamento 1,2 x 1,0 metros e covas com dimensões de 20 x 20 x 20 cm.

#### **1.1.4. Tratos culturais**



Foi realizada a capina quando houve necessidade, utilizando roçadeira a gasolina e enxadas. A adubação de cobertura foi realizada em dois momentos, a primeira após dois meses do plantio definitivo, usando 10 gramas de ureia a cada 15 dias com 2 aplicações e a segunda adubação de cobertura após a terceira colheita usando 100 kg ureia ha<sup>-1</sup> e 100 kg de cloreto de potássio ha<sup>-1</sup> dividido 4 vezes a cada 15 dias, totalizando 6 adubações de cobertura. A colheita foi realizada utilizando o mesmo procedimento usado na M<sub>2:3</sub>, quando o fruto considerado maduro e com auxílio da tesoura de poda.

#### **1.1.5. Teste de progênies**

Foram avaliadas 12 progênies mais a testemunha CUB-08. As progênies foram selecionadas de progênies com maior produtividade de uma população M<sub>2:3</sub>.

Foram avaliadas as seguintes variáveis na parcela: estande, número total frutos, número de frutos por planta, massa média do fruto (g), produtividade por planta (g), produtividade (t ha<sup>-1</sup>), comprimento do fruto - C (cm), diâmetro do fruto - D (cm), relação C/D, espessura da polpa (mm), sólidos solúveis (°Brix), densidade, altura da planta (cm), diâmetro do coleto (mm), pilosidade (1=liso a 3=piloso), pH da polpa, pH da placenta, acidez titulável da polpa e placenta, coloração da polpa e placenta pelo método L a\* b\*, variância genética e fenotípica e herdabilidade.

Para os caracteres estande, número, massa e produtividade de frutos, diâmetro, comprimento e relação C/D (comprimento e diâmetro), espessura de polpa, pilosidade, sólidos solúveis (° Brix), pH da polpa foi usada a mesma metodologia do M<sub>2:3</sub>.

Altura de planta e diâmetro do coleto foi utilizando trena métrica e diâmetro do coleto utilizando paquímetro digital sendo medidas 10 plantas por parcela.

Para quantificar a densidade foi utilizado o método refratométrico, onde foi utilizado o refratômetro analógico (0 a 90 graus Brix), marca: AKROM, modelo: REF90, nele foram colocadas duas gotas da amostra degaseificada e homogeneizada (MAPA 1986a)

A acidez titulável foi mensurada pelo método titulométrico, usando três frutos por progênie, sendo triturados e transferidos 10 mL ou 10 g da amostra para um béquer. Depois foi completado até 100 mL com água destilada, livre de dióxido de carbono, previamente neutralizada, na solução foi colocado duas gotas de fenolftaleína e em seguida titulada com solução de hidróxido de sódio 0,1 N até que a coloração incolor da

solução se torne-se rosa. Registrou-se a quantidade de hidróxido de Na gasta e com ela se estimou a acidez titulável.

Acidez Titulável Total (ATT) é expressa pela equação:

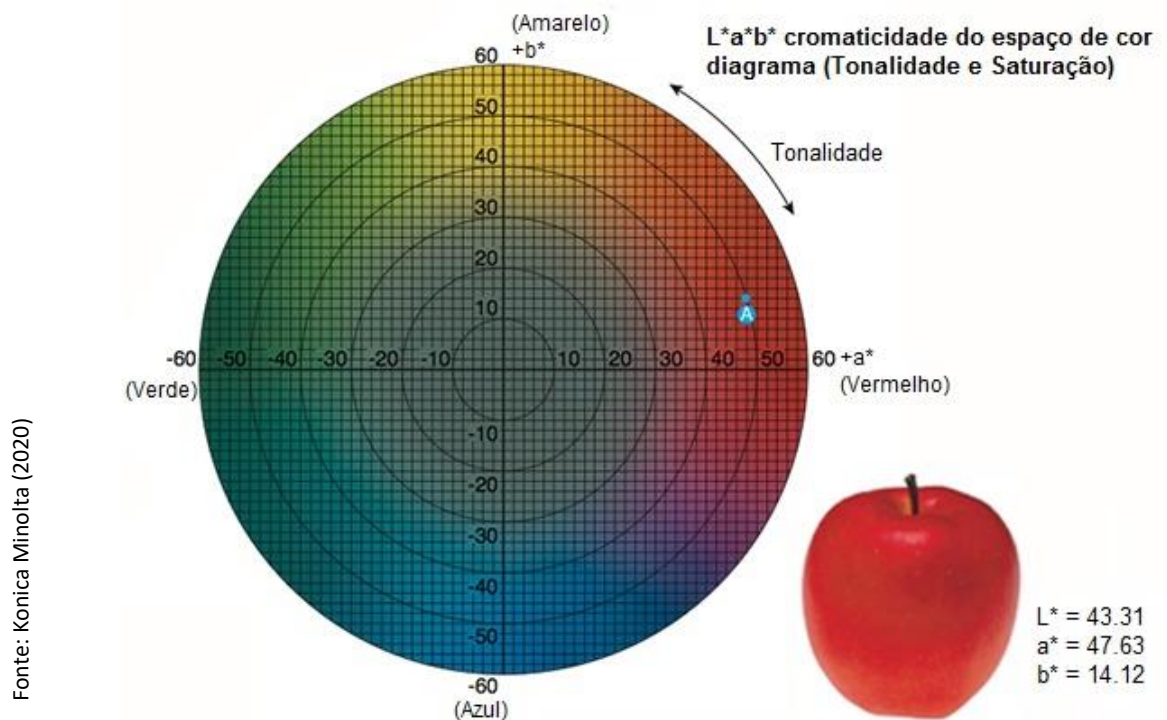
$$ATT\left(\frac{g}{100mL}\right) = (n * N * Eq)/(10 * V)$$

$$ATT\left(\frac{g}{100g}\right) = (n * N * Eq)/(10 * p)$$

Onde:

N = normalidade da solução de hidróxido de sódio. n = volume da solução de hidróxido de sódio gasto na titulação em mL. p = massa da amostra em gramas. V = volume da amostra em mL. Eq = equivalente-grama do ácido (MAPA 1986b).

A cor foi avaliada pelo método CIE (2020) baseado em vetores X, Y e Z. Os vetores L\* eixo principal varia preto = 0 ao branco = 100, a\* verde (-) ao vermelho (+) e b\* azul (-) ao amarelo (+) (figura 7), usando o aparelho Delta Color.



**Figura 8:** L\* a\* b\* cromaticidade do espaço de cor, diagrama (tonalidade e saturação) com exemplo das medidas de cor de uma maçã.

Para a colorimetria foram utilizados três frutos por progênie e separada a polpa da placenta. Cada amostra da polpa foi triturada em liquidificador industrial por 5 minutos e

colocado em béquer, em seguida foi colocado 10 ml no equipamento DeltaVista Espectrofotômetro. A placenta foi peneirada para retirar as sementes e colocada de forma similar a polpa no aparelho Delta Vista. Os dados L\*, a\* e b\* foram obtidos através do Software i7 da Delta Color® (Deltacolor 2020).

### 1.1.1. Seleção de plantas

As melhores plantas foram selecionadas visualmente pela produtividade aparente, sendo selecionadas 33 plantas. Posteriormente foi realizada análise estatística (teste de médias) sendo avaliadas: número de frutos, massa (g), produtividade ( $t\ ha^{-1}$ ), comprimento e diâmetro (cm) e a realização da análise estatística, com base nestes resultados as plantas foram classificadas e selecionadas as melhores para formar as progênies a serem testadas na M<sub>4,5</sub>.

### 1.1.1. Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado é o blocos ao acaso, com 12 tratamentos e uma testemunha, 3 repetições, formando 39 unidades experimentais, cada unidade com 10 plantas, totalizando 390 plantas uteis, mais 52 plantas como bordadura (figura 8).



**Figura 9:** Croqui da área experimental do plantio de cubiu (*Solanum sessiliflorum*) M<sub>3,4</sub>.

### 1.1.2. Análises dos dados

Foi realizada a análise de variância das progênies; e quando foi encontrado significância em pelo menos uma média entre as progênies geração M<sub>3,4</sub>, foi aplicado o teste de comparação múltipla de médias de Duncan ( $P < 0,05$  e  $P < 0,01$ ), utilizando o software estatístico SAS 9.3 (SAS 2011).

## 2. Resultados e discussão

### 2.1. Experimento I: Teste de Progênes M<sub>2:3</sub>

No melhoramento de plantas autógamas é comum selecionar progênes e plantas dentro das melhores progênes. Os testes de progênes auxiliam na identificação das progênes superiores. Neste trabalho foram testadas nove progênes mais a testemunha CUB-08.

As características estande, número de frutos, diâmetro do fruto (cm) e espessura polpa não mostraram significância para progênes. Indicando que não há variabilidade genética para essas características, o que implica que não se deveria fazer seleção entre progênes.

**Tabela 1.** Análise de variância de características morfoagronômica das progênes M<sub>2:3</sub> de cubiu (*Solanum sessiliflorum* Dunal). Manaus- AM 2019.

Características avaliadas	Quadrado Médio (unidades <sup>2</sup> )			Média	Coeficiente de variação (%)	$\sigma^2_g$	$\sigma^2_f$	h <sup>2</sup>
	Bloco (GL=3)	Progênes (GL=8)	Erro (GL=24)					
Estande	2,31*	0,79ns	0,69	7,05	11,78	0,03	0,20	0,13
Número de Frutos total	2728,95**	733,01ns	370,16	50,12	38,38	90,71	183,25	0,50
Massa Média de Frutos	1215,14**	2080,34**	175,48	150,69	8,79	476,22	520,09	0,92
Produtividade por Planta	616990,19**	292908,84*	114854,29	1030,01	32,9	44513,64	73227,21	0,61
Produtividade (t ha <sup>-1</sup> )	42,84**	20,34*	7,97	8,57	32,9	3,09	5,09	0,61
Comprimento do fruto	1,63ns	3,17*	1,22	8,03	13,77	0,49	0,79	0,62
Diâmetro do Fruto (cm) -	0,67ns	0,67ns	0,63	5,47	14,60	0,01	0,17	0,06
Relação C/D	0,001ns	0,06**	0,01	1,47	6,67	0,01	0,02	0,83
Espessura Polpa (mm)	0,89ns	2,81ns	2,60	7,78	20,72	0,05	0,70	0,07

\*, \*\*, ns. Significativo a P<,05, a P<,01 e não significativo respectivamente pelo teste F

**Tabela 2.** Teste de média de características morfoagronômicas das progênes M<sub>2:3</sub> de cubiu (*Solanum sessiliflorum* Dunal). Manaus- AM 2020.

Progênes	CUB-08	P12	P13	P15	P16	P17	P18	P24	P28	P39
Estande	7,31	7,12	6,5	6,75	6,93	7,37	7,18	7,06	7,06	7,25
Número de Frutos Total	49,75	72,25	28,25	49,00	37,75	61,25	58,25	40,75	63,00	41,00
Massa Média de Frutos (g)	142,89c	146,41bc	165,91ab	157,12abc	158,5abc	156,65abc	91,45d	153,43bc	158,11abc	176,34 a
Produtividade Por Planta (g)	942,95abc	1493,27a	732,99c	1055,22abc	851,56bc	1319,76ab	756,91c	823,31bc	1362,08ab	962,07abc
Produtividade (t ha <sup>-1</sup> )	7,86abc	12,44a	6,11c	8,79abc	7,10bc	11,00ab	6,31c	6,86bc	11,35ab	8,02abc
Comp.do Fruto (cm) - C	8,39ab	8,80ab	8,03abc	8,77ab	6,99bc	8,94a	6,56bc	7,33abc	9,05a	7,50abc
Diâmetro do Fruto (cm) - D	5,71	5,70	4,87	5,82	5,83	5,70	4,64	5,31	5,67	5,49
Relação C/D	1,47	1,54abc	1,64a	1,51bcd	1,21e	1,57abc	1,42cd	1,37d	1,60ab	1,37d
Espessura Polpa (mm)	8,10	8,24	7,72	8,03	6,90	8,11	5,85	7,71	8,49	8,69

O estande inicial era de oito plantas por parcela, porém o estande final foi de 7,05 plantas por parcela, a pequena perda de plantas se deveu principalmente ao percevejo rendado (*Corythaica cyathicollis*) (figura 10) e ao fungo (*Sclerotium rolfsii*) (figura 11). A primeira causa uma clorose das folhas e finalmente as quedas das folhas, a segunda apodrece o colo da planta.



Fonte: silva, 2019

**Figura 10:** Imagem do percevejo rendado no fruto de cubiu (a), sintoma do ataque do percevejo rendado na folha de cubiu (b).

O diâmetro do fruto indica o tamanho do fruto, variando de 4,64 a 5,83 cm e média de 5,47 cm e a testemunha com diâmetro de 5,71 cm. Ticona-Benavente *et al.* (2019) trabalhando com a geração M<sub>2</sub> registrou diâmetros médios de 0,21 a 6,62 cm, já Silva-Filho *et al.* (1999) trabalhando com 24 variedades coletadas registrou diâmetros de 3,95 cm a 7,83 cm e médias de 5,70 cm e a testemunha. Estes resultados mostraram que não houve efeito da radiação gama no diâmetro do fruto.



Fonte: Ticona-Benavente, 2018 (a), Silva, 2019

**Figura 11:** Detalhe de um caule de cubiu atacado com *Sclerotium rolfsii* apresentando micélios e os escleródios (a), planta ataca, começa a murchar as folhas mais velhas (b), morte das plantas atacadas (c0)

Por outro lado, foi observada significância do efeito das progênies para massa média de frutos, massa total de frutos, produtividade de frutos, comprimento do fruto e relação C/D. Mostrando que há variabilidade genética entre progênies e que se pode realizar a seleção para essas características.

A massa média de fruto variou de 91,45 a 176,34 g e média 150,69 g, sendo as progênies P39 (176,34 g) e P13 (165,91 g) as que possuem as maiores massas por fruto, entretanto, a testemunha CUB-08 atingiu 142,89 g. Silva-Filho *et al.* (2011) relatou o peso médio de frutos de 20,2 a 301,0 g, classificando os frutos com porte de pequenos médios e grandes. Em consequência, o tamanho dos frutos desta geração pode ser classificado como médio. Mas comparando com a testemunha CUB-08, que foi o genótipo da geração M<sub>0</sub> se observa que estas progênies selecionadas pela sua elevada produtividade aumentaram também a massa média.

A espessura de polpa variou de 5,95 a 8,69 mm com média de 7,78 mm, sendo o CUB-08 com média de 8,10 mm e a maior espessura de polpa a progênie P39 (8,69 mm). Conforme Silva Filho *et al.* 2003 a espessura da polpa varia proporcionalmente, de acordo com o tamanho do fruto, com isso, e possível obter frutos com diferentes espessuras ou a que melhor se adaptem a uma linha de produção de uma agroindústria.

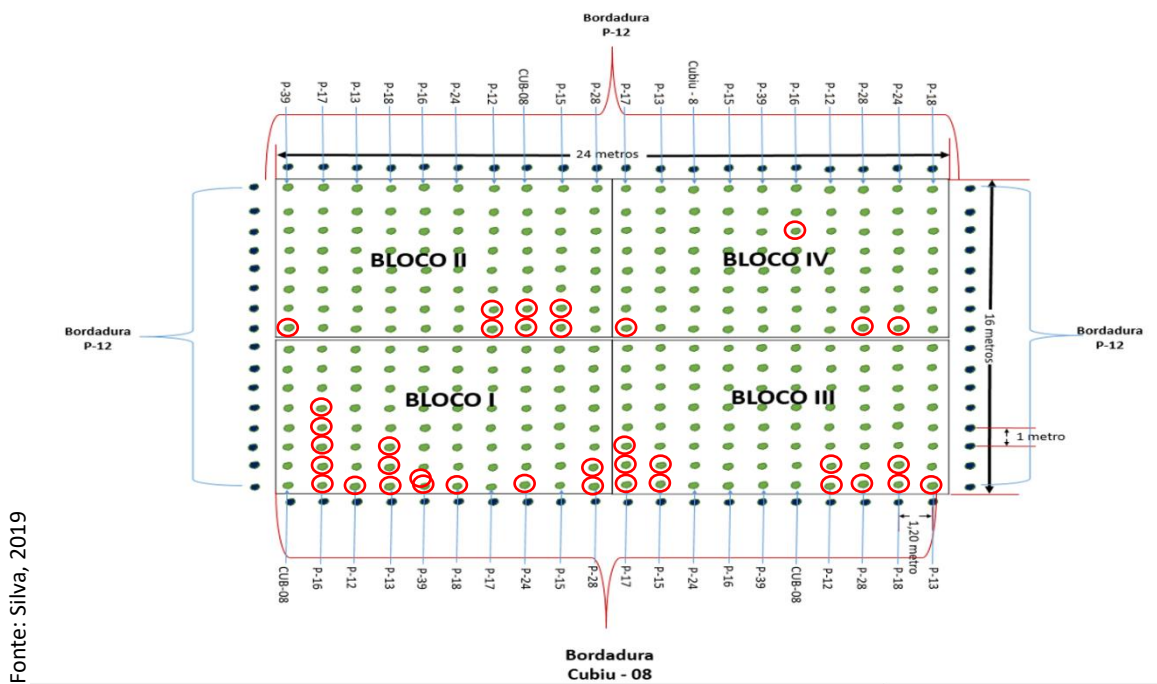
Para produtividade, as progênies variaram de 6,11 a 12,44 t ha<sup>-1</sup> e média de 8,57 t ha<sup>-1</sup>, sendo as progênies P12 (12,44 t ha<sup>-1</sup>) e P28 (11,35 t ha<sup>-1</sup>) que tiveram as maiores produções e a testemunha atingiu uma produção de 7,86 t ha<sup>-1</sup> o que indica que a mutação afeta na produtividade. Silva-Filho *et al.* (2011) trabalhando com 28 variedades estimou a produção em 12,1 t ha<sup>-1</sup>, 16,0 t ha<sup>-1</sup> e 18,1 t ha<sup>-1</sup>, contudo, há registro de produções em nível experimental de até 105 t ha<sup>-1</sup> (Silva-Filho *et al.* 1989). Está elevada produtividade pode ser conseguida com adubações de cobertura, manejo de doenças e irrigação, destarte as plantas podem estar em campo por mais de um ano (Silva-Filho *et al.* 2005). Lima (2015) constatou que a produção de cubiu com irrigação usando fita gotejadora com vazão de 2,10 L h<sup>-1</sup> aumentou a massa do fruto em até 40%. Contudo, o excesso de pode afetar negativamente o enchimento do fruto, causando assim um estresse hídrico. Assim sendo, a água pode ser um fator terminante para aumentar a produção.

O comprimento do fruto variou de 6,56 a 9,05 cm e média de 8,03 cm, sendo as progênies P28 (9,05 cm) e P17 (8,94 cm) as que têm maiores comprimentos e a testemunha CUB-08 (8,39 cm). Silva-Filho *et al.* (2005) encontrou comprimentos

variando de 3,1 a 9,1 cm mostrando a grande variação fenotípica para formato de frutos, contudo a radiação não afetou o comprimento dos frutos.

A relação C/D variou de 1,21 a 1,64, com média de 1,47, sendo caracterizado como alongado e a testemunha 1,47 indicando que a radiação afetou no formato do fruto. Silva-Filho *et al.* (2005) trabalhando com 28 etnovarietades caracterizou 9 diferentes fenótipos de frutos de cubiu variando de redondo a oblongos levando em consideração o diâmetro longitudinal e transversal.

Foi realizado uma seleção de aproximadamente 10% o que resultou em 37 progênies selecionadas (figura 12) a priori por método visual e posteriormente avaliações do número de frutos, massa (g), massa média dos frutos produtividade ( $t\ ha^{-1}$ ), comprimento e diâmetro (cm). A partir desses dados as plantas foram classificadas e retirada as sementes para formar as progênies na  $M_{3:4}$  (tabela 3).



Fonte: Silva, 2019

**Figura 12:** Croqui com as 37 plantas selecionadas, com pressão de seleção de aproximadamente 10%. Planta selecionada com círculo vermelho.



**Tabela 3.** Avaliação agronômica de 37 plantas selecionadas de cubiu (*Solanum sessiliflorum* Dunal) na geração M<sub>2:3</sub> de cubiu para a formação da M<sub>3:4</sub>. Manaus- AM 2020.

Parcelas-planta	Planta	Número de Frutos	Massa (g)	Massa média (g)	Produtividade (t ha <sup>-1</sup> )	Comprimento (cm)	Diâmetro (cm)
02-1	P16-1	6	934	155,67	7,78	9,00	5,83
02-2	P16-2	5	720	144,00	6,00	4,60	4,60
02-3	P16-3	5	1052	210,40	8,77	10,10	7,00
02-4	P16-4	2	232	116,00	1,93	8,75	5,50
02-5	P16-5	4	470	117,50	3,92	6,25	4,25
03-1	P12-1	3	555	185,00	4,63	9,83	6,33
04-1	P13-1	8	1307	163,38	10,89	10,06	5,63
04-2	P13-2	5	675	135,00	5,63	8,50	5,20
04-3	P13-3	11	1559	141,73	12,99	9,64	5,59
05-1	P39-1	11	1824	165,82	15,20	10,05	5,82
05-2	P39-2	17	2449	144,06	20,41	8,97	6,79
06-1	P18-1	34	3410	100,29	28,42	8,00	5,00
06-2	P18-2	8	583	72,88	4,86	7,25	4,56
07-1	P17-1	16	2140	133,75	17,83	8,53	5,31
08-1	P24-1	24	2773	115,54	23,11	7,54	5,60
08-2	P24-2	17	2413	141,94	20,11	6,91	6,79
10-1	P28-1	10	1644	164,40	13,70	9,55	5,55
10-2	P28-2	15	1662	110,80	13,85	7,47	4,00
11-1	P39-3	3	556	185,33	4,63	8,00	6,67
11-2	P39-4	7	1343	191,86	11,19	9,00	6,36
11-3	P39-5	4	593	148,25	4,94	7,00	5,75
12-1	P17-2	2	222	111,00	1,85	8,75	2,75
17-1	P12-2	17	2355	138,53	19,63	8,65	5,65
17-2	P12-3	6	815	135,83	6,79	8,25	5,83
19-1	P15-1	14	1675	119,64	13,96	9,39	5,07
19-2	P15-2	20	3730	186,50	31,08	9,70	6,25

20-1	P28-3	17	2797	164,53	23,31	6,44	4,48
21-1	P17-3	6	785	130,83	6,54	8,42	5,58
27-1	P12-4	27	4238	156,96	35,32	8,70	5,63
27-2	P12-5	8	1145	143,13	9,54	9,38	5,63
28-1	P28-4	12	2025	168,75	16,88	10,33	5,71
28-2	P28-5	13	2085	160,38	17,38	8,62	6,38
29-1	P18-3	12	1140	95,00	9,50	7,79	4,88
29-2	P18-4	28	2477	88,46	20,64	8,09	4,76
31-1	P17-4	22	3682	167,36	30,68	9,27	6,00
38-1	P28-6	4	872	218,00	7,27	9,75	6,50
39-1	P24-3	8	1833	229,13	15,28	7,88	7,69

## 2.2.Experimento II: Teste de Progênies M<sub>3:4</sub>

Para vários caracteres o efeito de progênies não foi significativo. Estes caracteres foram: número de frutos por planta, massa média por fruto (g), produtividade de fruto (t ha<sup>-1</sup>), comprimento do fruto - C (cm), diâmetro do fruto - D (cm), relação C/D, sólidos solúveis (°Brix), densidade, altura da planta (cm) diâmetro do coleto (mm) e pilosidade. O cubiu por ser uma planta autógama a geração M<sub>2</sub> é aproximadamente equivalente à uma F<sub>2</sub>, do que se deduz que a geração M<sub>3:4</sub> equivale a geração F<sub>3:4</sub>. Sendo assim, a porcentagem de homozigose nesta geração estaria em torno de 87,5%. Isto indica que a variabilidade entre e dentro de progênies está se reduzindo.

**Tabela 4.** Análise de variância de características morfoagronômicas das progênes M<sub>3:4</sub> de cubiu (*Solanum sessiliflorum* Dunal). Manaus- AM 2020.

Caracteres avaliados	Quadrado médio			Média	Coeficiente de variação (%)	$\sigma^2_g$	$\sigma^2_f$	h <sup>2</sup>
	Bloco (GL=2)	Progênes (GL=12)	Erro (GL=24)					
Estande	2,02ns	3,16**	0,98	3,85	25,67	0,73	1,05	0,69
Número total de frutos	1156,95ns	1076,12*	358,09	48,74	38,82	239,34	358,71	0,67
Número de frutos por planta	57,47ns	87,06ns	50,48	14,98	47,43	12,19	29,02	0,42
Massa média do fruto (g)	258,43ns	340,90ns	193,64	120,47	11,55	49,09	113,63	0,43
Produtividade por planta (g)	394075,18ns	511901,08ns	279301,58	1498,43	35,26	77533,17	170633,69	0,45
Produtividade (t ha <sup>-1</sup> )	27,37ns	35,55ns	19,40	12,49	35,26	5,38	11,85	0,45
Comprimento do fruto (cm) - C	3,94*	1,26ns	1,11	8,18	12,88	0,05	0,42	0,12
Diâmetro do Fruto (cm) - D	1,59ns	0,56ns	0,53	5,24	13,86	0,01	0,19	0,05
Relação C/D	0,001ns	0,02ns	0,01	1,57	7,95	0,00	0,01	0,50
Espessura da polpa (mm)	0,02ns	1,16**	0,33	8,60	6,68	0,28	0,39	0,72
Sólidos solúveis (°Brix)	0,23ns	0,06ns	0,07	5,70	4,66	0,00	0,02	-0,17
Densidade	1,34ns	4,58ns	0,01	1,02	0,08	1,52	1,53	1,00
Altura da planta (cm)	101,66ns	48,34ns	81,47	62,18	14,52	-11,04	16,11	-0,69
Diâmetro do coleto (mm)	320,41ns	87,06ns	114,27	26,66	40,09	-9,07	29,02	-0,31
Pilosidade <sup>1</sup>	0,19ns	0,12ns	0,11	2,25	15,12	0,00	0,04	0,08

\*, \*\*, ns. Significativo a P<.05, a P<.01 e não significativo respectivamente pelo teste F.

<sup>1</sup>Nota: 1=liso a 3=piloso

**Tabela 5.** Teste de média de características morfoagronômicas das progênes M<sub>3:4</sub> de Cubiu (*Solanum sessiliflorum* Dunal). Manaus- AM 2020.

<b>Caracteres avaliados</b>	<b>CUB-08</b>	<b>P12-1</b>	<b>P12-2</b>	<b>P12-3</b>	<b>P12-4</b>	<b>P17-1</b>	<b>P17-2</b>	<b>P17-3</b>	<b>P28-1</b>	<b>P28-2</b>	<b>P28-3</b>	<b>P28-4</b>	<b>P28-5</b>
Estande	3,66bcd	3,66bcd	3,33cd	2,67cd	4,33abc	3,11cd	3,89bcd	5,56ab	5,78a	4,33abc	3,22cd	2,22d	4,33abc
Número de Frutos	46,67bc	55,00bc	47,00bc	49,00bc	40,66bc	40,00bc	49,33bc	61,00b	99,33a	53,33bc	26,00bc	19,33c	47,00bc
Número de Frutos por planta	12,61	21,00	14,00	21,08	9,25	14,75	16,36	11,96	27,30	13,86	9,58	8,50	14,02
Massa Média do Fruto (g)	126,73	120,02	99,66	122,04	130,98	132,20	122,33	108,86	120,89	128,94	101,34	124,91	127,15
Produtividade por planta (g)	1.590,32	1.887,67	1.332,62	2.184,01	1.197,28	1.758,35	1.605,54	1.197,28	2.070,76	1.504,57	795,70	951,25	1.404,19
Produtividade (t ha <sup>-1</sup> )	13,25	15,73	11,11	18,20	9,98	14,65	13,38	9,98	17,26	12,54	6,63	7,93	11,70
Compr. do Fruto (cm) - C	8,98	8,23	7,65	7,91	8,84	8,64	8,47	8,76	8,44	7,86	7,75	6,56	8,23
Diâmetro do fruto (cm) - D	5,59	5,31	4,86	5,56	5,36	5,65	5,56	5,40	4,81	5,30	5,05	4,14	5,58
Relação C/D	1,61	1,56	1,58	1,43	1,65	1,53	1,52	1,63	1,74	1,48	1,54	1,69	1,48
Espessura da Polpa (mm)	9,40a	7,93cd	7,75d	8,64abcd	8,09bcd	8,36abcd	9,24a	9,37a	9,03abc	9,09ab	8,31abcd	7,67d	8,96abc
°Brix	5,60	5,81	5,87	5,49	5,64	5,48	5,66	5,60	5,56	5,86	5,84	5,88	5,85
Densidade	1,022	1,023	1,023	1,022	1,022	1,022	1,022	1,022	1,022	1,023	1,023	1,022	1,023
Altura da planta (cm)	65,09	57,11	59,08	57,99	60,20	62,57	64,65	64,39	69,84	58,33	59,02	62,09	67,97
Diâmetro do coleto (mm)	37,80	21,96	25,35	34,62	25,19	22,40	34,51	20,77	24,49	25,02	25,70	23,41	25,41
Pilosidade <sup>1</sup>	2,27	2,23	2,30	2,05	2,04	2,42	2,08	2,35	2,35	2,68	2,30	2,30	1,91

Letras diferentes indicam diferenças significativas das médias para os caracteres avaliados no teste de Duncan (P<0,05). <sup>1</sup>Nota: 1=liso a 3=piloso

A produtividade das progênies variou de 6,63 a 18,20 t ha<sup>-1</sup>, com média de 12,49 t ha<sup>-1</sup>. Em comparação com a geração M<sub>2:3</sub> se observou que houve um aumento de 31,38% indicando que a seleção em M<sub>2:3</sub> foi eficiente mesmo não indicando variabilidade para essa característica, sendo os mais produtivos P12-3 (18,20 t ha<sup>-1</sup>) e P28-1(17,26 t ha<sup>-1</sup>) e a testemunha com produção de 13,25 t ha<sup>-1</sup>.

Para comprimento, diâmetro e relação C/D dos frutos as médias foram 8,18 cm, 5,24 cm e 1,57 respectivamente. Estes resultados foram similares a geração anterior, sendo classificados como oblongos ou ovalados (figura 13). Para Silva-Filho *et al.* (1989) a escolha do formato de fruto para industrialização seria regular e redondo por facilitar a despolpa mecânica.



**Figura 13:** Frutos da progênie P12-3, a qual foi a mais produtiva da geração M<sub>3:4</sub>, (a), frutos da testemunha CUB-08 (b).

Para Chan Júnior e Kwok (1976) o °Brix é uma característica que em níveis adequados, determina a utilização da fruta tanto para o seu consumo "*in natura*", quanto para o seu uso industrial. Neste trabalho o °Brix variou de 5,49 a 5,88, com média 5,70 e a testemunha com média de 5,60, Silva-Filho *et al.* (1999) encontrou em 24 acessos de cubiu graus Brix variam de 5,00 a 8,20 e média de 6,80. Pires *et al.* (2015) trabalhando com processamento de cubiu para a indústria relatou °Brix médio de 6,20.

A densidade variou de 1,022 a 1,023 e média de 1,022, conforme Souza (2009) a densidade é importante nos processos de separação, já que exercem efeitos importantes na operação da redução do tamanho do alimento em equipamentos industriais de misturas, contudo a densidade de materiais não é constante, sendo influenciada pela temperatura e pressão.

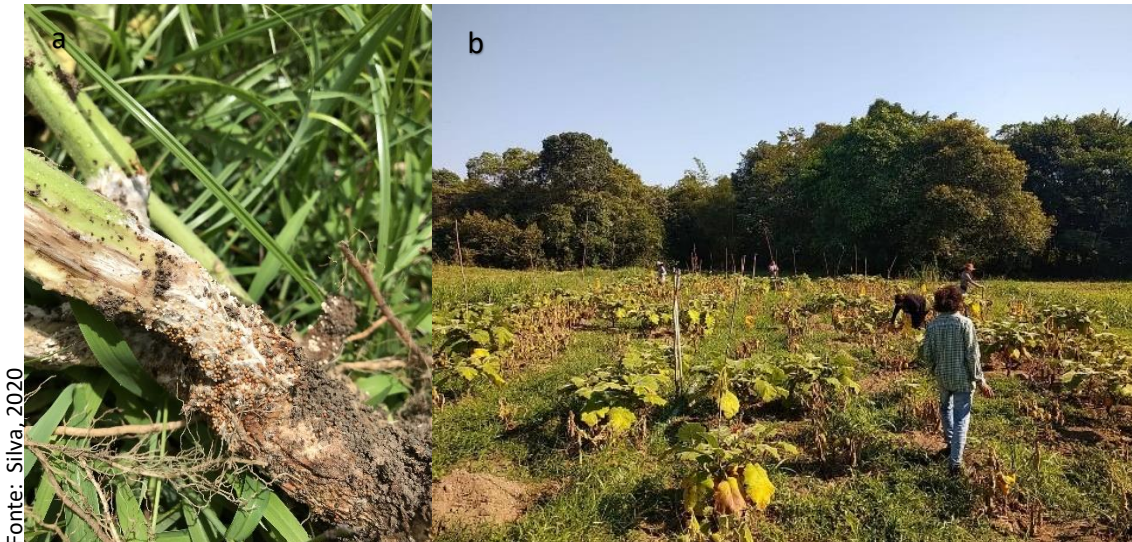
A altura de planta variou de 57,11 a 69,84 cm com média 62,18 cm e a testemunha com altura média de 65,09 cm. Salick (1992) trabalhou em três áreas distintas (roçado, margem do rio e pasto) e encontrou alturas médias de 65, 37 e 37 cm respectivamente. O que indica que solos devidamente preparados possuem plantas com altura superior.

Por outro lado, os resultados mostraram que há variabilidade entre as progênies para o estande, número total de frutos e espessura da polpa.

O estande variou de 2,22 a 5,78 e média de 3,85 plantas por parcela e a testemunha CUB-08 com estande de 3,66, observando que foram plantadas 10 plantas por parcela. Esta perda foi causada pelo fungo *Sclerotium rolfsii* (figura 11). Este fungo de solo não é fácil controlar uma vez que este fica por vários anos no solo (Duarte *et al.* 2006). Certamente é a principal doença do cubiu, seu ataque pode acontecer em qualquer momento. O sintoma visual é o apodrecimento do colo do caule, onde inicialmente, um micélio branco cobre o colo para depois apodrecer o caule. O ciclo desta doença finaliza quando o micélio desaparece deixando escleródios marrons de 1 a 2 mm de diâmetro, observando que não se conhecem variedades de cubiu resistentes a este patógeno.

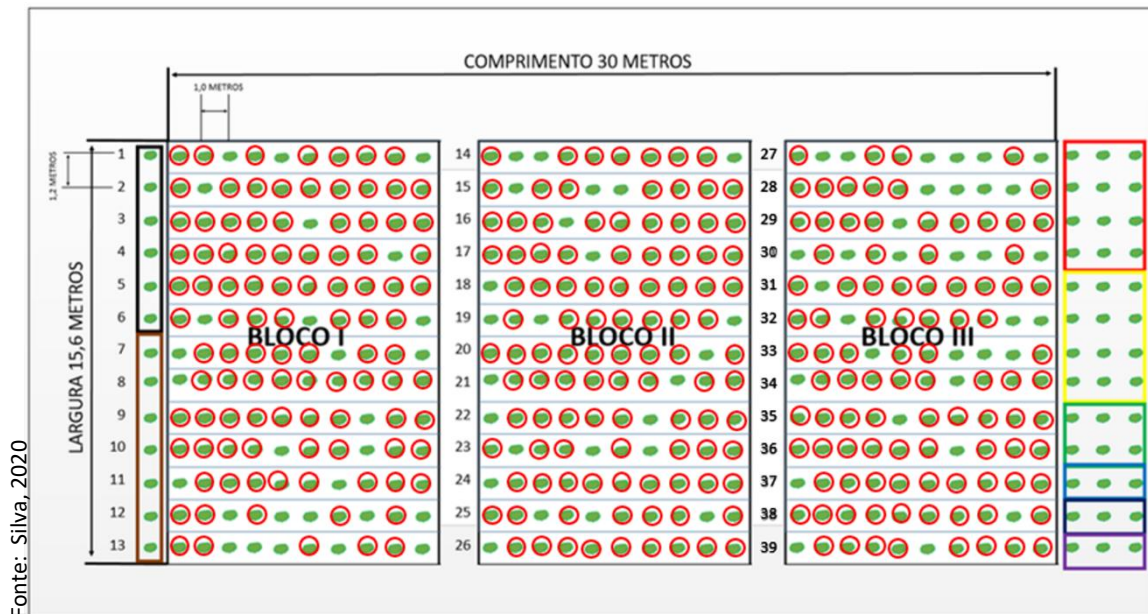
Na geração M<sub>1</sub> a taxa de mortalidade foi de 67% (Silva e Ticona-Benavente 2017) com isso, as mutações favoreceram a suscetibilidade a *S. rolfsii*. Tentou-se controlar esta doença utilizando o Cabio®Top, 300g para 1000 litros e extrato de feijão-macuco (*Pachyrhizus* spp) com diluição 1:1000, 20 mL por planta (figura 16). Contudo, não foi eficiente em controlar o patógeno (figura 14b). O que indica que o manejo desta doença deve ser feito de forma preventiva com fungicidas sistêmicos ou com fungicidas de contato. Novos testes devem ser feitos para validar o fungicida mais adequado.

Apesar da redução aleatória do estande (figura 14), as progênies P28-1 e P17-3 tiveram as maiores taxas de sobrevivência, 57,8% e 55,6% respectivamente, o que sugere que estas progênies possuem resistência genética a *S. rolfsii*. Será necessário fazer testes para validar esta resistência, especialmente na progênie P28-1 o qual apresenta também elevada produtividade (17,26 t ha<sup>-1</sup>).



Fonte: Silva, 2020

**Figura 14:** Caule de cubiu com presença de micélios e esclerócios do fungo *S. rolfsii* (a), visão geral do experimento com alta taxa de mortalidade de plantas pelo ataque de (*S. rolfsii*) (b).



Fonte: Silva, 2020

**Figura 15:** Croqui representando o estande final do cubiu  $M_{3:4}$ . Plantas circuladas com vermelho estavam mortas ao final da terceira colheita.

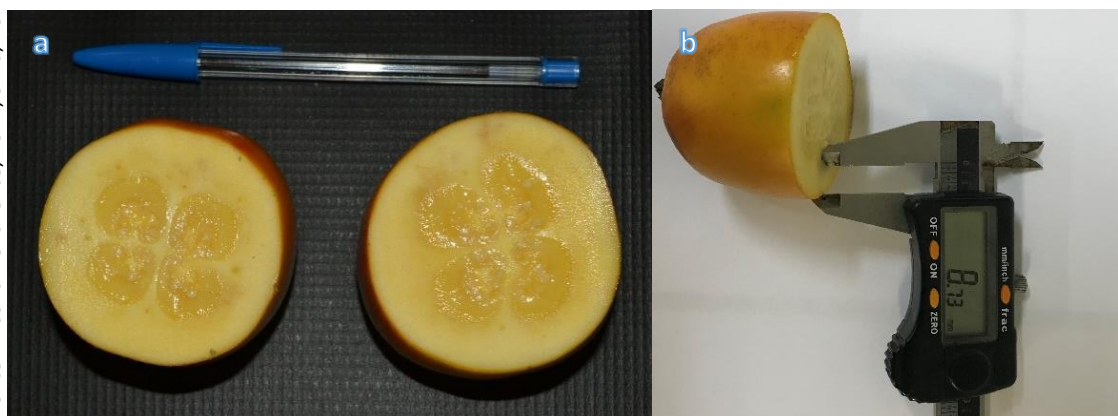


**Figura 16:** Aplicação de Cabio®Top com pulverizador costal.

O número total de frutos, variou de 19,33 a 99,33 com média de 48,74 frutos por planta, sendo as progênes de melhor desempenho: P28-1 (99,33) e P17-3 (61,00), contudo os frutos não apresentavam bom tamanho e peso, sendo que a produção de P17-3 foi de 9,98 t ha<sup>-1</sup> enquanto o mais produtivo P12-3 (18,20 t ha<sup>-1</sup>) tinha um média total de frutos de 49,00 unidades e a testemunha CUB-08 com produção média de frutos de 46,67. Silva-Filho *et al.* (2005) trabalhando com 28 acessos de cubiu, observou progênes com 4 a 86 frutos e peso médio de frutos variando de 18,5 a 301g. Silva e Ticonabenavente (2017) trabalhando com a geração M<sub>1</sub> indicaram que a variação produzida pela radiação gama de tende a produzir frutos menores e com menor massa.

A espessura da polpa (figura 17) variou de 7,67 a 9,41 mm com média de 8,60 mm e a testemunha CUB-08 com 9,40 mm. Silva-Filho *et al.* (2005) descreveram que essa característica variou de 1,5 a 19,5 mm. Silva-Filho *et al.* (2011), trabalhando com 12 acessos de cubiu, encontraram que a espessura da polpa dos frutos variou de 0,8 a 14,1 mm, com isso. Destarte, os frutos avaliados têm menor variabilidade que o encontrado nesses trabalhos. A polpa dos frutos tem elevados teores de pectina e rapidamente oxidam, assim, as polpas mais grossas são apropriadas para fazer geleias em contrapartida as polpas finas atendem melhor os sucos ou néctares.





**Figura 17:** Corte transversal de cubiu evidenciando a circunferência, diâmetro, espessura de polpa e número de loco (a), bem como a mensuração da espessura de polpa (b).

Para as características químicas dos frutos os resultados mostraram que há variabilidade entre as progêneses para os caracteres pH da polpa, pH da placenta sem semente, acidez titulável da polpa, L\* da placenta, a\* da placenta, b\* da placenta, croma da placenta, hue da placenta, L\* da polpa, a\* da polpa, hue da polpa (tabela 6).

O pH da polpa variou de 3,71 a 3,95 e média de 3,82, sendo a progênie P17-2 (3,95) e a testemunha CUB-08 (3,92) com as maiores médias de pH. Yuyama *et al.* 2008 trabalhando com polpa da cubiu para o desenvolvimento de geleia encontrou pH= 4,79, valor superior encontrado na M<sub>3:4</sub>, Pires *et al.* (2015) relatou pH de 4,12. Para o pH da placenta foi obtido progêneses com médias variando de 3,36 a 2,35 e média de 3,27, não há relato na literatura de mensuração de pH da placenta, contudo foi realizado para verificar se tinha diferença entra a polpa, já que o suco feito da placenta e mais cítrico e não oxida como a polpa. O MAPA (2000c) com a Instrução normativa N° 01, de 7 de janeiro de 2000 regulamentou a fixação de padrões de identidade e qualidade para polpa de acerola, cacau, cupuaçu, graviola, açai, maracujá, caju, manga, goiaba, pitanga, uva, mamão, cajá, melão, mangaba, e para suco das seguintes frutas: maracujá, caju, onde possuem alto teor de polpa, caju clarificado ou cajuína, abacaxi, uva, pêra, maçã, limão, lima ácida e laranja. Como relata Silva-Filho *et al.* (2005), Yuyama *et al.* (2007) e Pires *et al.* (2015) o cubiu tem grande potencial para a agroindústria e com isso, se faz necessário a caracterização físico-química do fruto para no futuro se obter os padrões de identidade que são fundamentais para o comércio nacional e internacional.

**Tabela 6.** Análise de variância para características químicas de fruto de progênes M<sub>3:4</sub> de cubiu (*Solanum sessiliflorum* Dunal). Manaus- AM 2020.

Características	Quadrado médio		Média	Coeficiente de variação (%)	$\sigma^2_g$	$\sigma^2_f$	h <sup>2</sup>
	Progênes (GL=12)	Erro (GL=26)					
pH da polpa	0,01**	0,01	3,82	0,57	0,01	0,03	0,22
pH placenta sem semente	0,01**	0,01	3,27	0,84	0,01	0,03	0,22
Acidez titulável Polpa	261,18**	5,80	3,75	20,45	259,25	783,54	0,33
Acidez titulável placenta	26,89ns	51,79	7,70	29,54	9,63	80,67	0,12
L Placenta	7,83**	0,72	62,39	1,36	7,59	23,49	0,32
a placenta	1,08**	0,21	0,51	88,92	1,01	3,24	0,31
b placenta	176,86**	2,07	34,93	4,12	176,17	530,58	0,33
Croma placenta	176,72**	2,07	34,93	4,11	176,03	530,16	0,33
Hue placenta	201,96**	0,66	86,87	0,94	201,74	605,88	0,33
L Polpa	20,44**	0,45	40,7	1,65	20,29	61,32	0,33
a Polpa	2,25**	0,16	4,7	8,44	2,20	6,75	0,33
b Polpa	1,16ns	0,62	27,84	2,83	0,95	3,48	0,27
Croma polpa	1,22ns	0,63	28,24	2,81	1,01	3,66	0,28
Hue Polpa	9,23**	0,6	80,43	0,96	9,03	27,69	0,33

\*, \*\*, ns. Significativo a P<.05, a P<.01 e não significativo respectivamente pelo teste F.

**Tabela 7.** Teste de médias de características físico-químicas do fruto de progênes M<sub>3:4</sub> de Cubiu (*Solanum sessiliflorum* Dunal), n=3. Manaus - AM 2020.

Características	CUB-08	P12-1	P12-2	P12-3	P12-4	P17-1	P17-2	P17-3	P28-1	P28-2	P28-3	P28-4	P28-5
pH Polpa	3,92	3,75	3,71	3,79	3,87	3,81	3,95	3,85	3,75	3,73	3,76	3,91	3,82
pH Placenta	3,2	3,32	3,29	2,35	3,30	3,22	3,22	3,36	3,16	3,19	3,29	3,33	3,25
ATT da polpa	2,47	2,84	3,39	3,27	4,01	4,31	2,22	3,70	5,67	4,20	4,31	4,50	3,82
ATT polpa sem sem.	7,46	7,10	6,91	7,71	9,01	8,94	7,83	7,60	6,91	7,52	7,57	9,38	5,98
L placenta	62,70ab	59,78d	61,05cd	62,23bc	63,83ab	63,79ab	64,17a	64,17a	62,28cb	59,85d	60,62d	64,00a	62,70ab
a* placenta	0,84abc	0,84abc	-0,25ed	-0,84e	0,42bcd	0,61abc	0,91abc	0,24cd	1,21ab	0,74abc	1,38a	0,14dc	0,41bcd
b* placenta	30,69e	59,78a	35,12bc	33,24cde	32,79cde	30,68e	31,87e	32,26de	36,81b	32,33de	31,81e	34,89bcd	31,80e
Croma placenta	30,71e	59,78a	35,13bc	33,25cde	32,80cde	30,69e	31,89e	32,26de	36,83b	32,35de	31,84e	34,89bcd	31,80e
Hue placenta	88,43cde	59,78	90,38ab	91,44a	89,27bcd	88,87bcde	88,37cde	89,56bcd	88,12de	88,68cde	87,48e	89,77bc	89,24bcd
L polpa	39,49e	41,75c	41,27cd	35,60f	43,83b	41,95c	39,78e	41,44cd	39,74e	36,49f	45,14a	42,07c	40,45de
a* Polpa	5,01bcde	5,29bcd	5,66ab	6,05a	3,76f	3,78f	4,75cde	4,56ed	4,37ef	5,40abc	2,87g	4,53e	5,05bcde
b* Polpa	28,22	29,38	29,30	27,58	27,47	28,18a	27,27	28,57a	27,99a	27,41	27,23	27,69	27,59
Croma Polpa	28,43	29,85	27,88	28,24	27,73	28,43	27,69	28,94	28,33	27,94	27,39	28,06	28,06
Hue Polpa	79,94de	79,78de	78,26f	77,64f	82,20bc	82,35b	80,11de	80,93cd	81,11bcd	78,85ef	84,02a	80,72d	79,63de

A acidez titulável da polpa variou de 2,22 a 5,67 g/100mL e média de 3,75 g/100mL, sendo as progênies com maiores médias para acidez P28-1 (5,67 g/100mL) e P28-4 (4,50 g/100mL) e a testemunha com CUB-08 (2,47 g/100mL) o que indica que a mutação favoreceu o aumento da acidez titulável no cubiu. Yuyama *et al.*(2008) encontrou acidez de 0,53 g.100 g<sup>-1</sup> de material integral.

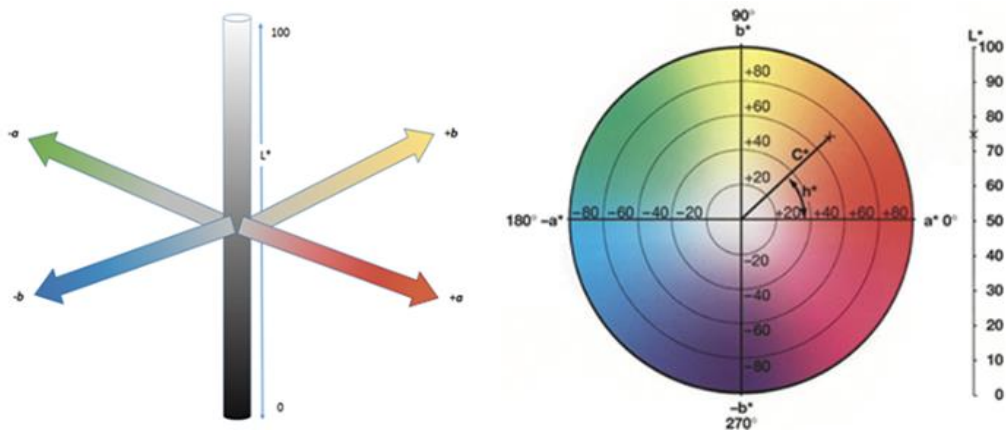
Para a L\* da placenta temos variação de 59,78 a 64,17 e média de 62,39, sendo as progênies P17-2 (64,17) e P17-3 (64,17) com as maiores luminosidades. Para o a\* da placenta a variação foi de -0,84 a 1,38 e média de 0,51, sendo as progênies P28-3 (1,38) e P28-1 (1,21) com as maiores médias. Para b\* a variação foi de 30,68 a 59,78 e média de 34,93, sendo as progênies P12-1 (59,78) e P28-1 (36,83) com as maiores médias. O croma variou de 30,69 a 59,78 a e média de 34,93, sendo as progênies P12-1 (59,78) e P28-1 (36,81) com as maiores médias. O hue variou de 59,78 a 91,44 e média de 86,87, sendo as progênies P12-3 (91,44) e P12-2 (90,38) com as maiores médias.

Na polpa L\* variou de 35,60 a 54,14 e média de 40,70, sendo as progênies P28-3 (45,14) e P12-4 (43,83) com as maiores médias, a\* variaram de 2,87 a 6,05 e média 4,70, sendo P12-3 (6,05) e P12-2 (5,66) com as melhores médias, b\* variou de 27,27 a 29,38 e média de 27,23, sendo P12-1 (29,38) e P12-2(29,30) com as melhores médias, Croma variando 27,39 a 29,85 e média de 28,4, sendo as progênies P21-1 (28,85) e P17-3 (28,94) com as maiores médias e Hue variando de 78,26 a 84,02 e média de 80,43, sendo P28-3 (84,02) e P17-1 (82,35) com as maiores médias.

Altos valores de L\* representam cores mais claras com isso tanto para placenta quanto para polpa temos cores claras tendendo ao amarelo com hue de 80,43 a 91,44 para placenta e polpa. Os altos valores de L\* representam cores mais claras, e o oposto indica cores mais escuras (Ferreira e Spricigo 2017).

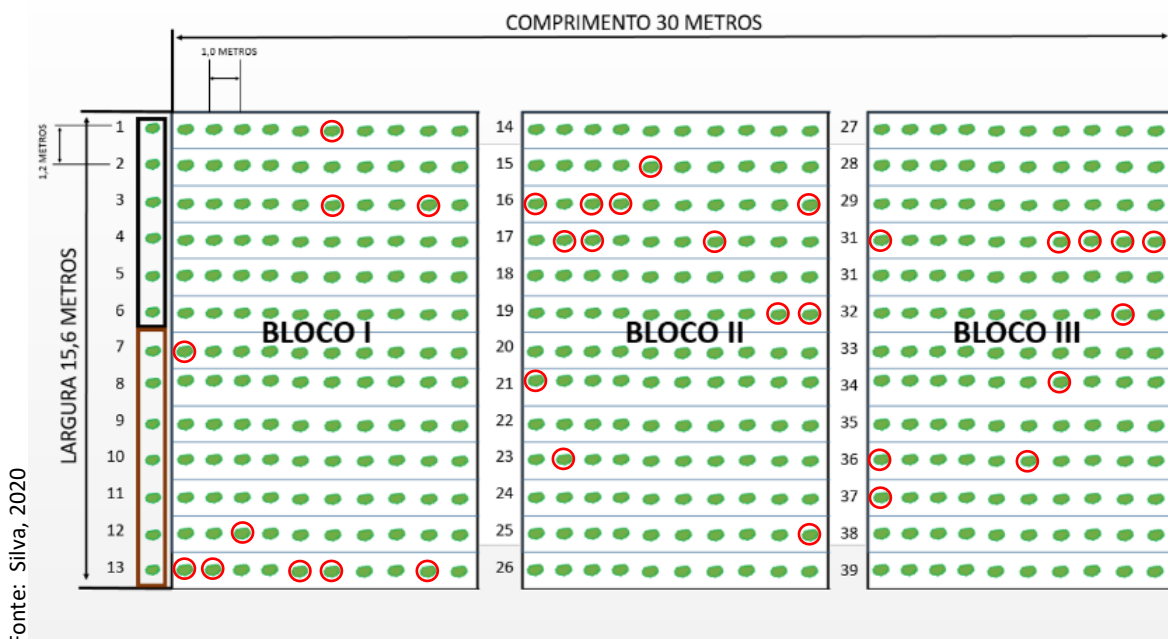
Conforme (Ferreira e Spricigo 2017) a croma está ligado diretamente à concentração do elemento corante e representa um tributo quantitativo para intensidade, com isso, quanto maior a croma, maior a saturação das cores perceptíveis aos humanos. Sendo assim, a média geral placenta apresentou uma maior intensidade 14,54% maior que a polpa e a maior média da placenta foi da progênie P12-1 (59,78) e da polpa de P21-1 (28,85) com diferenças de 51,73%.

Fonte: Ferreira e Spricigo, 2017



**Figura 18:** Espaço de cor MINOLTA L\* a\* b\* (a), espaço de cor L\*C\*h° (b).

Foi realizado uma seleção com pressão de aproximadamente 10% o que resultou em 33 progênes selecionas (figura 19) a priore por método visual e posteriormente avaliações do número de frutos, massa (g), produtividade ( $t\ ha^{-1}$ ), comprimento e diâmetro (cm). A partir desses dados as plantas foram classificadas, para formar as melhores progênes na  $M_{3:4}$  (tabela 8).



**Figura 19:** Croqui com as 37 plantas selecionas, com pressão de seleção de aproximadamente 10%. Planta selecionada com círculo vermelho.

**Tabela 8.** Avaliação de frutos de 33 plantas e cubiu (*Solanum sessiliflorum* Dunal) selecionadas na M<sub>3:4</sub>, para a formação da M<sub>4:5</sub>, Manaus- AM 2020.

Parcela-planta	Progênie	Número de frutos	Massa (g)	Massa do fruto (g)	Produtividade ha <sup>-1</sup>	Comprimento (cm)	Diâmetro médio (cm)
P1-PL6	P17-2	24,00	2340,00	97,50	19,50	7,97	5,00
P13-PL2	P28-1	3,00	570,00	190,00	4,75	5,12	8,53
P13-PL5	P28-1	15,00	1790,00	119,33	14,92	8,15	5,98
P13-PL6	P28-1	19,00	2640,00	138,95	22,00	8,13	4,81
P13-PL9	P28-1	18,00	1990,00	110,56	16,58	8,20	5,35
P15-PL5	P28-2	7,00	1025,00	146,43	8,54	8,38	6,25
P16-PL1	P12_1	12,00	1155,00	96,25	9,63	7,10	4,60
P16- PL10	P12-1	13,00	1770,00	136,15	14,75	8,10	5,39
P16-PL3	P12-1	10,00	1495,00	149,50	12,46	9,30	5,25
P16-PL4	P12-1	13,00	2115,00	162,69	17,63	9,10	6,25
P17-PL3	P28-4	3,00	395,00	131,67	3,29	9,55	5,00
P17-PL7	P28-4	3,00	420,00	140,00	3,50	7,43	3,88
P19-PL10	P28-1	11,00	1590,00	144,55	13,25	8,79	5,53
P19-PL7	P28-1	7,00	920,00	131,43	7,67	7,25	4,52
P19-PL9	P28-1	17,00	2265,00	133,24	18,88	8,35	5,76
P21-PL1	P12-2	9,00	1250,00	138,89	10,42	8,48	6,58
P23-PL2	P17-3	13,00	1380,00	106,15	11,50	7,40	6,10
P25-PL10	P28-5	19,00	2185,00	115,00	18,21	7,75	5,38
P3-PL6	P17-1	15,00	2400,00	160,00	20,00	8,36	6,79
P3-PL9	P17-1	5,00	625,00	125,00	5,21	8,67	5,47
P30-PL1	P28-1	11,00	1580,00	143,64	13,17	9,33	5,91
P30-PL10	P28-1	11,00	1410,00	128,18	11,75	8,13	6,50
P30-PL6	P28-1	13,00	1080,00	83,08	9,00	5,78	1,37
P30-PL7	P28-1	10,00	1465,00	146,50	12,21	9,28	5,43
P30-PL8	P28-1	18,00	2410,00	133,89	20,08	8,12	4,97

P30-PL9	P28-1	26,00	3175,00	122,12	26,46	9,60	5,07
P32-PL9	P28-1	23,00	3685,00	160,22	30,71	8,40	5,97
P34-PL7	P28-3	11,00	1200,00	109,09	10,00	8,23	5,17
P36-P4	P28-5	4,00	590,00	147,50	4,92	7,00	4,52
P36-PL1	P28-5	8,00	1375,00	171,88	11,46	9,27	6,18
P36-PL4	P28-5	6,00	630,00	105,00	5,25	7,80	5,10
P37-PL1	P17-2	13,00	1965,00	151,15	16,38	8,20	5,68
P7-PL1	P12-3	26,00	2744,00	105,54	22,87	7,87	5,46

---

### 3. Conclusão

A radiação gama sobre sementes de cubiu (*Solanum sessiliflorum* Dunal) na dose de 150 Gy é capaz de produzir variabilidade genética, a qual permite aumentar a produtividade de frutos.

A seleção de plantas de cubiu na geração  $M_2$  foi eficiente, pois foi observada significância do efeito de progênies na geração  $M_{2:3}$ . As progênies P12, P17 e P28 tiveram as maiores produtividades (12,44, 11,00 e 11,35 t ha<sup>-1</sup>).

A seleção de plantas na geração  $M_{2:3}$  também foi eficiente como o revelou o teste de progênies  $M_{3:4}$ . Desta forma, devem ser realizados mais testes de progênies na geração  $M_{4:5}$  para continuar a seleção.



#### 4. Referências Bibliográficas

- Acquaah, G. 2007. *Principles of Plant Genetics and Breeding*. 2da ed. Acquaah, G., Australia, 584p.
- Alvares, C.A.; Stape, J.L.; Sentelhas, P.C.; Gonçalves, J.L. de M.; Sparovek, G. 2013. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift* 22: 711–728.
- Antonio, I.C. 2017. Série Histórica dos Parâmetros Climáticos Registrados na Estação Agrometeorológica Convencional da Embrapa, no Entorno de Manaus. *Embrapa Amazônia Ocidental*, 1–104.
- Araújo, A.L. 2015. *Efeitos da radiação gama do Cobalto-60 em sementes de algodão, milho e soja para estimular a germinação*. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, Piracicaba, São Paulo. 92p.
- Augusto, E. 2002. Mana cubiu A fruta dos Deuses. *Revista Guia Rural & Negócios* 11: 27–30.
- Bado, S.; Forster, B.P.; Nielen, S.; Ali, A.M.; Lagoda, P.J.L.; Till, B.J.; *et al.* 2015. Plant Mutation Breeding: Current Progress and Future Assessment. In: Janick, J. (Ed.). *Plant Breeding Reviews*, v.39. Wiley - Blackwell, Hoboken, Nova Jersey, 23–88.
- Balcazar-Torrones, L.E.; Carbajal-Toribio, C.; Anteparra-paredes, M.E.; Cabezas-Huallyas, O. 2011. *El cultivo de cocona*. 1da ed. Balcazar-Torrones, L.E., Lima-Peru, 123p.
- Borém, A.; Miranda, G.V. 2009. Sistemas Reprodutivos das Espécies Cultivadas. In: Borém, A.; Miranda, G.V. (Ed.), *Melhoramento de Plantas*, v.5 ed. Editora UFV, Viçosa, p.43–48.
- Brock, D.A. 1980. Genotypic succession in the cyclomorphosis of *Bosmina longirostris* (Cladocera). *Freshwater Biology*, 10: 239–250.
- Brücher, H. 1968. Die genetischen Reserven Sfidamerikas ffir die Kulturpflanzenzuchtung \*. *Theoretical and Applied Genetics*, 38: 9–22.
- Brump, E.A.; Yu, N.T.; Brown, J.M. 1982. Radiosensitization of hypoxic tumor cells by depletion of intracellular glutathione. *Science* 217: 544–545.
- Cardoso, A.A. de Sousa. 2016. *Análise genética em população de Cubiu (solanum sessiliflorum, Dunal) cultivadas na região do rio negro, no estado do Amazonas*. Dissertação de Mestrado, Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia, Manaus, Amazonas. 51p.
- Chan Júnior, H.T.; Kwok, S.C.M. 1976. Identification of sugars in some tropical fruit products. *Journal of Food Science*, 40: 419–430.
- Chaves, M.S.; Caetano, A. de C.; Macedo, R.L.G.; Meireles, R. de C.M. 2011. 10690 - Imobilização de carbono em um castanhal no IFAM. *Congresso Brasileiro de Agroecologia* 6: 1–5.
- CIE. 2020. *CIE, Commission International de L'eclairage*. (<http://cie.co.at/>). Acesso em

09/11/2020.

- ClinicMais. 2020. *Maca+Mana Cubiu*. Nature Center. (<https://www.naturecenter.com.br/p/maca-mana-cubiu-60-capsulas-clinicmais>). Acesso em 04/12/2020.
- Coimbra, J.L.M.; Carvalho, F.I.F. de; Oliveira, A.C. de; Guidolin, A.F. 2004. Criação de variabilidade genética no caráter estatura de planta em aveia : hibridação artificial x mutação induzida. *Revista Brasileira de Agrociência*, 10: 273–280.
- Conger, B. V; Carabia, J. V. 1972. Modification of the effectiveness of fission neutrons versus <sup>60</sup>Co gamma radiation in barley seeds by oxygen and seed water content. *Radiation Botany*, 12: 411–420.
- Cruz, R.P. da. 2016. *Processamento, características físico-químicas e sensoriais de picles de Cubiu (Solanum sessiliflorum Dunal)*. Dissertação de Mestrado, Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia, Manaus, Amazonas.61p.
- Darrah, L.L.; MacMullen, M.D.; Zuber, M.S. 2019. Breeding, Genetics and Seed Corn Production. In: Serna-Saldivar, S.O. (Ed.). *Corn Chemistry and Technology*, v.3. Woodhead Publishing, Monterrey, p.19–41.
- DeltaColor. 2020. *DeltaVista Principais Funções do Delta Vista*. ([www.deltacolorbrasil.com](http://www.deltacolorbrasil.com)). Acessado em 10/11/2020.
- Duarte, M. de L.R.; Tabaranã, M.G.F.; Albuquerque, F.A.B.; Moraes, A.J.G. 2006. *Controle Químico da Podridão- das-estacas (Sclerotium rolfsii) da pimenta-do-reino*. Vol. 157. 2p.
- Dudley, JW e RJ Lambert. 2004. 100 gerações de seleção para óleo e proteína de milho. *Revisões de Melhoramento de Plantas*, 24: (parte 1) 79-110.
- ErosPlus. 2020. Eros Plus. Nature Center. ([www.naturecenter.com.br](http://www.naturecenter.com.br)). Acesso em 04/12/2020.
- Ferreira, M.D.; Spricigo, P.C. 2017. Colorimetria - princípios e aplicações na agricultura. In: Ferreira, M.D. (Ed.), *Instrumentação Pós-Colheita Em Frutas e Hortaliças*, Embrapa Instrumentação, Sao Carlos, p.209–220.
- Food Trends Brasil, 2018. (<http://www.brazilfoodtrends.com.br/>) Acesso em 10/11/2020.
- Forster, B.P.; Shu, Q.Y. 2012. Plant mutagenesis in crop improvement: basic terms and applications. In: Shu, Q.Y.; Forster, B.P.; Nakagawa, H. (Ed.). *Plant Mutation Breeding and Biotechnology*, FAO, Roma, p.9–20.
- Iqbal, J.; Zuhur, M.S. 1975. Effects of acute gamma irradiation and developmental stages on growth and yield of rice plants \*. *Radiation Botany*, 15: 231–240.
- Kikuchi, O.K. 1987. *Efeitos de baixas doses de radiação gama de cobalto-60 sobre sementes de feijão, arroz e rabanete*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo, São Paulo. 70p.
- Konica Minolta, S.A. 2020. *Entendendo o Espaço de Cor L\*a\*b\**. © 2006-2020 Konica Minolta Sensing Americas, Inc. (<https://sensing.konicaminolta.us/br/blog/compreendendo-o-espaco-de-cor-cie-lch/>). Acesso em 09/12/2020.

- Lima, E.B. 2015. *Cultivo do cubiu (Solanum sessiliflorum Dunal) sob o efeito de irrigação por gotejamento em ambiente protegido*. Dissertação de Mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, Amazonas. 1–53p.
- MAPA, M. da A.P. e A. 1986a. *Sólidos Solúveis Brix*. (<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/laboratorios/legislacoes-e-metodos/arquivos-metodos-da-area-bev-iqa/nao-alcoolicos-08-solidos-soluveis-o-brix.pdf>). Acesso em 25/04/2019.
- MAPA, M. da A.P. e A. 1986b. *Portaria nº 76 de 26 de novembro de 1986. Dispoe sobre os métodos analíticos de bebidas e vinagres*. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. (<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/laboratorios/legislacoes-e-metodos/arquivos-metodos-da-area-bev-iqa/nao-alcoolicos-05-ph.pdf>). Acesso em 25/04/2019.
- MAPA, M. da A.P. e A. 2000c. Instrução normativa nº 01, de 7 de janeiro de 2000. : 1–26. (<https://www.in.gov.br/>). Acesso em 25/04/2019.
- Mulamba, N.N.; Mock, J.J. 1978. Improvement of yield potential of the Eto Blanco maize (*Zea mays L.*) population by breeding for plant traits. *Egyptian Journal of Genetics and Cytology*, 7: 40–51.
- Noda, H.; Souza, L.A.G. de; Fonseca, O.J. de M. 1997. *Duas Décadas de Contribuições do INPA à pesquisa Agronômica no Trópico Úmido*. 19da ed. Noda, H.; Souza, L.A.G. de; Fonseca, O.J. de M. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. Manaus, 53–58p.
- Nouailhetas, Y.; Almeida, C.E.B.; Pestana, S. 2003. Apostila Educativa: Radiação Ionizantes e a Vida. *Comissão Nacional de Energia Nuclear*, 5: 1–42.
- Okuno, E. 2013. Efeitos biológicos das radiações ionizantes. Acidente radiológico de Goiânia. 77. In: Bosi, A. (Ed.), *Estudos Avançados*, v.27. São Paulo, p.185–200.
- Oliveira, C.G. De; Cunha, E.E.; Luiz, P.; Carneiro, S. 2005. Comparação de métodos de seleção em populações simuladas de frangos de corte. *Pesquisa agropecuária brasileira*, 40: 969–974.
- Pahlen, A. Von Der. 1977. Cubiu [*Solanum tojiro* (Humb. & Bonpl.)], uma fruteira da Amazônia. *Acta Amazonica*, 7 (3): 301–307.
- Paiva, W.O. 1999. Taxa de polinização cruzada em cubiu. *Pesquisa agropecuária brasileira*, 34: 145–149.
- Piovesan, F.D.L.; Lazaretti, N.S.; Martins, V.; Oliveira, Ma.R. de. 2020. Atributos físicos e fisiológicos de trigo sob ionização. *Revista Cultivando o Saber*, 24–3.
- Pires, A.M.B.; Silva, P.S.; Nardelli, P.M.; Gomes, J.C.; Ramos, A.M. 2015. Caracterização e processamento de cubiu (*Solanum sessiliflorum*). *Ceres*, 53: 309–316.
- Plewa, M.L.; Dowd, P.A.; Schy, W.E.; Wagner, E.D. 1980. Induced forward mutation at the *yg2* locus and a comparison with ABCW. *Relationship. Maize Genetics cooperation Newsletter*, 10: 239–250.
- Porto, K.M.B.G. 2013. *Efeitos da radiação gama (Cobalto-60) nas principais*

*propriedades físicas e químicas de embalagens compostas por papel grau cirúrgico e filme plástico laminado, destinadas à esterilização de produtos para saúde.* Dissertação de Mestrado, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo, São Paulo. 124p.

PROMPERU. 2020. *Exportacion del producto cocona segun sus principales mercados en US\$ 2015 - 2020.* Sistema Integrado de Información de Comercio Exterior. (<https://www.siicex.gob.pe/siicex/apb/ReporteProducto.aspx?psector=1025&preorte=prodmerc&pvalor=1925>.) Acesso em 04/12/2020.

Ramalho, M.A.P.; Abreu, Ângela de F.B.; Santos, J.B. dos. 2001. Melhoramento de plantas autógamas. In: Nass, L.L.; De, V.I.S.; Valadares-Ingliš, M.C. (Ed.). *Recursos Genéticos e Melhoramento - Plantas*, Fundação MT, Rondonópolis, p.201–230.

Ribeiro, T.P.S.; Durigan, M.F.B. 2018. Produtos Alimentícios a base de cubiu (*Solanum sessiliflorum* Dunal) como oportunidade para a agroindústria. *Revista Ambiente: Gestão e Desenvolvimento*, 11: 241–250.

Rodrigues, E.; Mariutti, L.R.B.; Mercadante, A.Z. 2013. Carotenoids and Phenolic Compounds from *Solanum sessiliflorum*, an Unexploited Amazonian Fruit, and Their Scavenging Capacities against Reactive Oxygen and Nitrogen Species. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61: 3022–3029.

Rolim, R.R. 2018. *Variabilidade genética induzida por radiação gama (Cobalto- 60) em berinjela (solanum melongena L.) e caracterização morfoagronômica dos mutantes.* universidade federal da paraíba, Dissertação de Mestrado, Universidade Federal da Paraíba, Areia, Paraíba. 64p.

Salick, J. 1992. Crop domestication and the evolutionary ecology of Cocona (*Solanum sessiliflorum* Dunal). *Evolutionary Biology*, 26: 247–285.

Santos, M.V.F.D.L. 1993. *Resposta à radiação gama em sementes de Milho (Zea mays L.) por radiação gama.* Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerias. 131p.

SAS. 2011. The SAS System for Windows.

Sereno, A.B.; Gibbert, L.; Bertin, R.L.; Krüge, C.C.H. 2017. Cultivo do maná-cubiu (*Solanum sessiliflorum* Dunal) no litoral do paraná e sua contextualização com a segurança alimentar e nutricional \*. *Divers@ Revista Eletrônica Interdisciplinar*, 10: 123–132.

Silva-Filho, D.F. da. 1998. *COCONA (Solanum sessiliflorum Dunal): Cultivo Y utilizacion.* Tratado de cooperacion amazonica secretaria pro-tempore. ed. Silva-Filho D.F., Manaus 105p.

Silva-Filho, D.F. da. 2002. *Discriminação de etnovarietades de cubiu (Solanum sessiliflorum Dunal, Solanaceae) da Amazônia, com base em suas características morfológicas e químicas.* Tese de Doutorado Instituto Nacional de Pesquisas da Amazonia/Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Amazonas. 116p.

Silva-Filho, D.F. da; Clement, C.R.; Noda, H. 1989. Variação fenotípica em frutos de doze introduções de cubiu (*Solanum sessiliflorum* Dunal) avaliadas em Manaus, AM, Brasil. *Acta Amazonica*, 19: 9–18.

- Silva-Filho, D.F. da; Yuyama, L.K.O.; Aguiar, J.P.L.; Oliveira, Maslova Carmo Martins, L.H.P. 2005. Caracterização e avaliação do potencial agrônomo e nutricional de etnovarietades de cubiu ( *Solanum sessiliflorum* Dunal ) da Amazônia. *Acta Amazonica*, 35: 399–406.
- Silva-Filho, D.F. da; Andrade, J.S. de; Clement, C.R.; Machado, F.M.; Noda, H. 1999. Correlações fenotípicas, genéticas e ambientais entre descritores morfológicos e químicos em frutos de cubiu (*Solanum sessiliflorum* Dunal) da Amazônia. *Acta Amazonica*, 29: 503–511.
- Silva-Filho, D.F. da; Oliveira, M.C.; Pinheiro, L.H.; Noda, H.; Machado, F.M. 2011. Uso de caracteres morfológicos na seleção de etnovarietades do cubiu ( *Solanum sessiliflorum* Dunal ) para o cultivo no município de Manaus, Amazonas, Brasil. *Aboticultura*, 4: 1-4.
- Silva-Filho, D.F. da; Noda, H.; Yuyama, K.; Yuyama, L.K.O.; Aguiar, J.P.L.; Machado, F.M. 2003. Cubiu (*Solanum sessiliflorum* Dunal): Uma planta medicinal nativa da Amazônia em processo de seleção para o cultivo em Manaus, Amazonas, Brasil. *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, 5: 65–70.
- Silva, D. pereira da. 2007. *Armazenamento de sementes de cubiu (Solanum sessiliflorum Dunal): influência da embalagem, do grau de umidade e da temperatura*. Dissertação de Mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas da amazonia/Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Amazonas. 38p.
- Silva, L.S. e; Ticona-Benavente, C.A. 2017. Diversidade fenotípica de uma população M<sub>1</sub> de cubiu. *Vi congresso de iniciação científica do inpa - CONIC*: 9.
- Silva, L.S. e; Guimarães, R.G.V.; Martins, A.K.B.; Ticona-Benavente, C.A. 2019. Seleção fenotípica a partir de uma população M<sub>2</sub> de cubiu. *71ª Reunião Anual da SBPC*, 20–22.
- Silva, S. a.; Carvalho, F.I.F.; Costa, F.L.C. Da; Coimbra, J.L.M.; Lorencetti, C. 1998. Efeito dos mutagênicos azida sódica e metano sulfonato de etila , na geração m1 , em trigo (*Triticum aestivum* L.). *Revista Brasileira de Agrociência*, 2: 125–129.
- Silva, S. da. 2010. *Radiação gama na indução de variabilidade em cultivares de arroz irrigado*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, Rio Grande do Sul. 75p.
- Souza, J.S. De. 2009. *Secagem de misturas de polpa de frutas tropicais em leito de jorro*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Rio Grande do Norte. 155p.
- Ticona-Benavente, C.A.; Andrade, A.S.; Batista, M.R.A.; Silva-Filho, D.F. da. 2019. Effects of Gamma Rays on Cocona ( *Solanum sessiliflorum* Dunal ). *Journal of Experimental Agriculture International*, 38: 1–6.
- Ticona-Benavente, C.A.; Guimarães, R.G.V.; Silva, T.M.P. e; Silva, L.S. e; Boeira, L.S. 2020. Mixed Tropical Juice of Cocona and Pineapple Has Market Potential. *European Academic Research*, 8: 77–91.
- Unilife. 2020. *Maná Cubiu Unilife 60 Cápsulas*. Relvaverde. (<https://www.lojarelvaverde.com.br/vitamina-b12-cianocobalamina-unilife-60-capsulas-p685>). Acesso em 04/12/2020.

- USDA. 2020. *Plants Database*. United States Department of Agriculture - Natural Resources Conservation Service. (plants@ftc.usda.gov). Acesso em 04/12/2020.
- Vargas, D.P.; Terra, G.G.; Souza, S.A.M.; Stein, V.C.; Bobrowski, V.L. 2008. Efeito da radiação gama na germinação e no índice mitótico em sementes de tomate-cereja *lycopersicon esculentum* var. *cerasiforme* (dunal) a. gray. *Revista verde de agroecologia e desenvolvimento sustentável grupo verde de agricultura alternativa*, 3: 44–49.
- Yuyama, L.; Macedo, S.; Aguiar, J.; Silva-Filho, D.F. da; Yuyama, K.; Fávaro, D.; et al. 2007. Quantificação de macro e micro nutrientes em algumas etnovarietades de cubiu (*Solanum sessiliflorum* Dunal). *Acta Amazonica*, 37: 425–429.
- Yuyama, L.K.O.; Pantoja, L.; Maeda, R.N.; Aguiar, J.P.L.; Silva, S.B. 2008. Desenvolvimento e aceitabilidade de geléia dietética de cubiu (*Solanum sessiliflorum* Dunal). *Ciência e Tecnologia de Alimentos* 28 (4): 929–934.