

Inovação em Ciência e Tecnologia de Alimentos 2

Vanessa Bordin Viera
Natiéli Piovesa

 Atena
Editora
Ano 2019

Vanessa Bordin Viera
Natiéli Piovesan
(Organizadoras)

Inovação em Ciência e Tecnologia de Alimentos 2

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora
Copyright © Atena Editora
Copyright do Texto © 2019 Os Autores
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora
Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Diagramação: Natália Sandrini
Edição de Arte: Lorena Prestes
Revisão: Os Autores



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Faria – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie di Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Cândido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Gislene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)**

I58 Inovação em ciência e tecnologia de alimentos 2 [recurso eletrônico] /
Organizadoras Vanessa Bordin Viera, Natiéli Piovesan. – Ponta
Grossa, PR: Atena Editora, 2019. – (Inovação em Ciência e
Tecnologia de Alimentos; v. 2)

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader.

Modo de acesso: World Wide Web.

Inclui bibliografia.

ISBN 978-85-7247-699-7

DOI 10.22533/at.ed.997190910

1. Alimentos – Análise. 2. Alimentos – Indústria. 3. Tecnologia de
alimentos. I. Viera, Vanessa Bordin. II. Piovesan, Natiéli. III. Série.

CDD 664.07

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná - Brasil
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

TEOR DE CAFEÍNA E RENDIMENTO DE SEMENTES DE CINCO CULTIVARES DE GUARANAZEIRO COLHIDAS EM TRÊS ESTÁGIOS DE MATURAÇÃO E SUBMETIDAS A SEIS PERÍODOS DE FERMENTAÇÃO

Lucio Pereira Santos

Pesquisador; Embrapa Amazônia Ocidental;
Manaus, Amazonas.

Lucio Resende

Engenheiro Agrônomo; Agropecuária Jayoro Ltda;
Presidente Figueiredo, Amazonas.

Enilson de Barros Silva

Professor; Universidade Federal dos Vales do
Jequitinhonha e do Mucuri; Diamantina, Minas
Gerais.

RESUMO: Com os objetivos de avaliar as influências de cultivares de guaranazeiro, estágios de maturação e períodos de fermentação sobre o teor de cafeína e o rendimento de sementes, foi conduzido um experimento em delineamento DIC, 90 tratamentos e quatro repetições, em esquema fatorial (5 x 3 x 6), respectivamente, cinco cultivares (BRS CG Maués, BRS CG Cereçaporanga, BRS CG Luzeia, BRS CG Mundurucânia e, BRS CG Andirá) x três estágios de maturação (E1 - frutos começando a pintar da cor característica da cultivar; E2 - frutos com aparência de maduros, porém, ainda não abertos; e, E3 - frutos maduros abertos, em ponto de colheita) x seis períodos de fermentação (Zero; 24; 48; 72; 96; 120 horas). Os tratamentos dispostos em caixas de PVC (150 L), com tampas herméticas, um suspiro na parte superior. Após colheita, foram

retiradas amostras do período Zero e, após cada período de fermentação, amostras de 1,0 kg foram retiradas, suas sementes despolpadas, lavadas, secadas à sombra e conduzidas ao Laboratório Industrial da Jayoro, onde foram secadas à estufa até umidade entre 8 e 9%, preparadas e realizadas análises de cafeína. Os dados médios foram submetidos à análise de variância usando-se o software PROG GLM e, com as médias das características estudadas, foram realizadas as análises de regressão. As influências de Cultivar e Estágio de Maturação foram analisadas por meio do Teste de Tukey a 5%. O teor de cafeína não variou entre as cultivares. É mais viável processar o guaraná sem a prática da fermentação.

PALAVRAS-CHAVE: *Paullinia cupana*; pós-colheita; variabilidade genética.

CAFFEINE CONTENT AND SEED YIELD
OF FIVE GUARANAZEIRO CULTIVARS
HARVESTED IN THREE MATURATION
STAGES AND SUBJECTED TO SIX
FERMENTATION PERIODS

ABSTRACT: With the objectives of evaluating the influences of guaranazeiro cultivars, maturation stages and fermentation periods on the caffeine content and seed yield, an

experiment was conducted in a DIC design, 90 treatments and four repetitions, in factorial scheme ($5 \times 3 \times 6$), respectively, five cultivars (BRS CG Maués, BRS CG Cereçaporanga, BRS CG Luzeia, BRS CG Mundurucânia e, BRS CG Andirá) x three stages of maturation (E1-fruits beginning to paint the characteristic color of the cultivar; E2-fruits with mature appearance, but not yet open; And, E3-open ripe fruits, at Harvest point) x six fermentation periods (Zero; 24; 48; 72; 96; 120 hours). The treatments arranged in PVC boxes (150 L), with airtight lids, a sigh in the upper part. After harvesting, samples were taken from the zero period and, after each fermentation period, samples of 1.0 kg were removed, their seeds were pulped, washed, dried in the shade and led to the industrial laboratory of Jayoro, where they were dried to the greenhouse until moisture between 8 and 9%, prepared and performed caffeine analyses. The mean data were subjected to analysis of variance using the software PROG GLM and, with the averages of the studied characteristics, the regression analyses were performed. The influences of cultivar and maturation stage were analyzed using the Tukey test at 5%. The caffeine content did not vary among cultivars. It is more feasible to process guarana without the practice of fermentation.

KEYWORDS: *Paullinia cupana*; postharvest; genetic variability.

1 | INTRODUÇÃO

O guaranazeiro (*Paullinia cupana* var. *Sorbilis* (Mart. Ducke) pertence ao elenco das principais espécies amazônicas com potencial econômico. A maior parte da produção é destinada ao mercado interno, com 90% comercializado na forma de rama, sendo cerca de 71,4% destinados à indústria de refrigerantes. O restante, comercializado na forma de pó, bastão e xaropes, dentre outros.

No Amazonas, a atividade se enquadra basicamente em guaranaicultura de base familiar e guaranaicultura empresarial. O Polo Industrial de Manaus (PIM) é o grande demandador de sementes de guaraná, para o fabrico de refrigerantes, sendo os principais o guaraná Kuat e a Fanta Guaraná, ambos da Coca-Cola, e o guaraná Antarctica, da Ambeve.

Dado o grande volume de sementes necessário para suprir esse mercado, as metodologias tradicionais não atendiam mais às necessidades de seu preparo e beneficiamento, o que ensejou iniciativas de pesquisa que pudessem viabilizar novas tecnologias e novos processos em seu processamento pós-colheita.

À partir do ano de 2010, a Embrapa Amazônia Ocidental liderou um projeto, em parceria com a Pinhalense S. A. Máquinas Agrícolas e com a Agropecuária Jayoro Ltda, por meio do qual foi desenvolvida uma usina completa de processamento pós-colheita de guaraná. Com essa usina, foi possível quebrar um paradigma secular, segundo o qual o guaraná somente devia ser despolpado após a fermentação dos frutos por período de cerca de 72 horas. E os argumentos que sustentavam essa tese eram, basicamente, dois, quais sejam: a) a fermentação promove os

desdobramentos, pelos microrganismos, dos compostos orgânicos existentes entre a casca e a semente, sendo condição indispensável para o desprendimento destas duas frações; e, b) a fermentação eleva o teor de cafeína das sementes.

Contrariando a primeira assertiva, durante o desenvolvimento da usina, na fase de testes das suas eficácia e eficiência, foi observado pela equipe que os frutos recém-colhidos, *in natura*, fluíam perfeitamente pelo sistema, com desempenho superior à fluência dos frutos fermentados, pois, por não possuírem os produtos da fermentação, que são pegajosos, não aderiam com facilidade aos crivos das peneiras do despolpador, demandando, desta forma, menos tempo de manutenção dos despolpadores, evitando que o sistema precisasse ser desligado com frequência para desobstrução das peneiras. Entretanto, como na maioria dos casos as mudanças trazem consequências desejáveis e também indesejáveis, inicialmente, houve uma maior dificuldade para a retirada do arilo e para a separação das frações cascas/sementes pela diferença de densidade, justamente pelo fato de, sem a fermentação, não haver os desdobramentos e o consumo do arilo pelos microrganismos, bem como as cascas se manterem mais pesadas, por encerrarem maior teor de água. Contudo, essas limitações foram resolvidas, inclusive com as ofertas de alternativas para serem escolhidas, como foram os casos, desenvolvimento do desarilador e, repasse das sementes no lavador. No primeiro caso, um equipamento que foi originalmente desenvolvido para a remoção da mucilagem do café, denominado desmucilador, foi adaptado com sucesso para realizar a remoção do arilo das sementes de guaraná, tendo recebido a denominação de desarilador. No segundo caso, com os anos de experiência, constataram-se que uma dupla passada das sementes despolpadas pelo lavador apresentava eficiência na remoção do arilo, com rendimento da operação superior ao obtido com o desarilador, fato este que, somado a outra grande vantagem observada, a sensível melhoria na separação das frações sementes/cascas, determinaram a opção pela Jayoro em instalar dois lavadores, em série. Com esse procedimento, além de a empresa ter obtido maior eficiência das operações de beneficiamento, a qualidade final das sementes também obtiveram ganho expressivo. Uma descrição mais completa e detalhada do novo processo desenvolvido e implantado com a nova usina pode ser visto em Santos (2014) e Santos (2018).

Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo geral de avaliar a viabilidade técnica do emprego do processo de fermentação na fase pós-colheita do guaraná, e com objetivos específicos de aferirem as possíveis existências de respostas diferenciais de cultivares e de estágio de maturação sobre as características “teor de cafeína” e “rendimento” de sementes secas, visando obter eficiência no processamento, rendimentos das operações e da matéria prima, além da qualidade final das sementes para a indústria de refrigerante.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Localização, características edafoclimáticas e condução das plantas no campo

O trabalho foi conduzido na fazenda da Agropecuária Jayoro Ltda, no Município de Presidente Figueiredo/AM. As amostras de frutos/sementes foram coletadas de plantas cultivadas em Latossolo Amarelo Distrófico. A altitude da área experimental é de 122 m; latitude de 1°56'30" S; longitude de 60°02'15" W; precipitação pluviométrica média anual de 2.500 mm, conforme Jayoro (1998), citado por Lopes et al. (Online). A temperatura média anual é de 26,5 °C. O clima é do tipo “Afi”, descrito por Köppen (Antonio, 2005).

O plantio (03/06/2011), estabelecimento da lavoura e os tratos culturais, anualmente, foram realizados de acordo com o Sistema de Produção recomendado pela Embrapa, Pereira (2005), com algumas modificações nas adubações, conforme descrito por Santos et al. (2018).

2.2 Delineamento experimental, fatores em estudo e composição dos tratamentos

Utilizaram-se 90 tratamentos e quatro repetições, em delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial (5 x 3 x 6), respectivamente, cinco cultivares (BRS CG Maués; BRS CG Cereçaporanga; BRS CG Luzeia; BRS CG Mundurucânia; e, BRS CG Andirá) x três estágios de maturação (E1 - frutos começando a pintar da cor característica da cultivar; E2 - frutos com aparência de maduros, porém, ainda não abertos; e, E3 - frutos maduros abertos, em ponto de colheita) x seis períodos de fermentação (Zero; 24; 48; 72; 96; e, 120 horas). Os frutos foram colhidos no campo (28/11/2018), levados imediatamente para o galpão de apoio, onde sofreram as separações de seus racemos, que não entraram na composição dos tratamentos. Em seguida, as caixas de PVC, com capacidade para 150 Litros, foram cheias com os frutos, das respectivas cultivares e estágios de maturação, com quatro repetições para cada uma das combinações destes fatores em estudo (90 tratamentos). As caixas foram numeradas e suas posições no galpão foram sorteadas, distribuídas de maneira aleatória, local onde permaneceram, ao abrigo do sol e das chuvas, até o final do experimento. As caixas, após terem sido cheias com os frutos, receberam tampas herméticas, possuindo apenas um suspiro em sua parte superior para eliminação dos gases resultantes da fermentação, tendo sido abertas somente por ocasião das coletas das subamostras e, logo em seguida, novamente tampadas.

2.3 Coletas das subamostras e avaliações físicas

No mesmo dia da coleta dos frutos no campo (28/11/2018), imediatamente após as caixas terem sido cheias, compondo os tratamentos, foram realizadas as coletas/separações das subamostras destinadas às avaliações do tratamento “período Zero de fermentação”, com suas respectivas repetições, para cada cultivar e para cada um dos estágios de maturação, ao passo que, no dia 03/12/2018, foram realizadas as últimas coletas, nas caixas, do tratamento referente ao último período de fermentação (120 horas), com suas respectivas repetições, também para cada cultivar e para cada estágio de maturação.

Após cada período de fermentação, subamostras de frutos (cerca de 1,0 kg), de cada tratamento/repetição, foram coletadas, pesadas, despolpadas em despolpador manual, lavadas, secadas à sombra em peneiras e novamente pesadas, ensacadas, identificadas e conduzidas ao Laboratório Industrial da Agropecuária Jayoro Ltda. No laboratório, foram secadas em estufa elétrica, equipada com termorregulador, durante 16 horas, a uma temperatura de 110 °C, até atingirem umidade entre 8 e 9%. Em seguida, foram novamente pesadas. Os dados até aqui obtidos permitiram avaliar as características: Rendimento Sementes Secas em Relação aos Frutos – SS/F% e, Rendimento Relativo = Sementes Secas em Relação às Sementes Despolpadas e Lavadas – SS/SDL%. Durante cada amostragem efetuada na caixa, após cada período de fermentação, foi medida a temperatura da cavidade onde foi retirada a amostra. Desta forma, foi possível também avaliar a Temperatura °C da massa fermentativa, em cada período de fermentação estudado.

2.4 Extração e quantificação de cafeína nas sementes secas

No laboratório, as sementes, com cerca de 8 a 9% de umidade, foram trituradas em moinhos e preparadas para serem submetidas às análises dos seus teores de cafeína. Para a extração e a quantificação por Espectrofotometria Ultra Visível, seguiu-se metodologia recomendada por INSTITUTO ADOLFO LUTZ (2008).

2.5 Análises estatísticas

Os dados médios foram submetidos à análise de variância usando-se o software PROG GLM e, com as médias das características estudadas (Cafeína%; Temperatura °C; Rendimento Sementes Secas em Relação aos Frutos – SS/F%; Rendimento Relativo = Sementes Secas em Relação às Sementes Despolpadas e Lavadas – SS/SDL%), obtidas em função do tempo de fermentação, para a média de cultivar e média de estágio de maturação, foram realizadas as análises de regressão. As influências dos fatores qualitativos (Cultivar e Estágio de Maturação) sobre as características estudadas foram analisadas por meio do Teste de Tukey a 5%.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para Teor de Cafeína, houve efeitos significativos de Estágio de Maturação (EM) e Tempo de Fermentação (TF) ($p < 0,05$). Para Temperatura, houve efeitos de Cultivar (C), Estágio de Maturação (EM) e Tempo de Fermentação (TF) ($p < 0,05$). Para Rendimento (SS/F%), houve efeitos de Cultivar (C), Estágio de Maturação (EM) e Tempo de Fermentação (TF) ($p < 0,05$). Para Rendimento Relativo (SS/SDL%), houve efeitos de Estágio de Maturação (EM) e Tempo de Fermentação (TF) ($p < 0,05$). Houve efeitos significativos também das correlações paramétricas “Temperatura x Rendimento” e “Rendimento x Rendimento Relativo” ($p < 0,01$).

3.1 Efeito de cultivar sobre as características Avaliadas

Na Figura 1, abaixo, são apresentadas as médias estimadas (Teste de Tukey a 5%) das características teor de cafeína nas sementes secas (%), Temperatura da massa fermentativa (°C), Rendimento de sementes secas em relação aos frutos – SS/F (%) e, Rendimento das sementes secas em relação às sementes despolpadas e lavadas – SS/SDL (%), todas em função da Cultivar.

Nota-se que não houve diferenças entre as cultivares testadas para as características Teor de Cafeína e SS/SDL%.

Por sua vez, de maneira surpreendente, o Rendimento (SS/F%) foi inferior para a cultivar BRS CG Maués, que é a mais cultivada no Amazonas entre todas, ao passo que as demais cultivares não diferiram entre si. ($p < 0,05$).

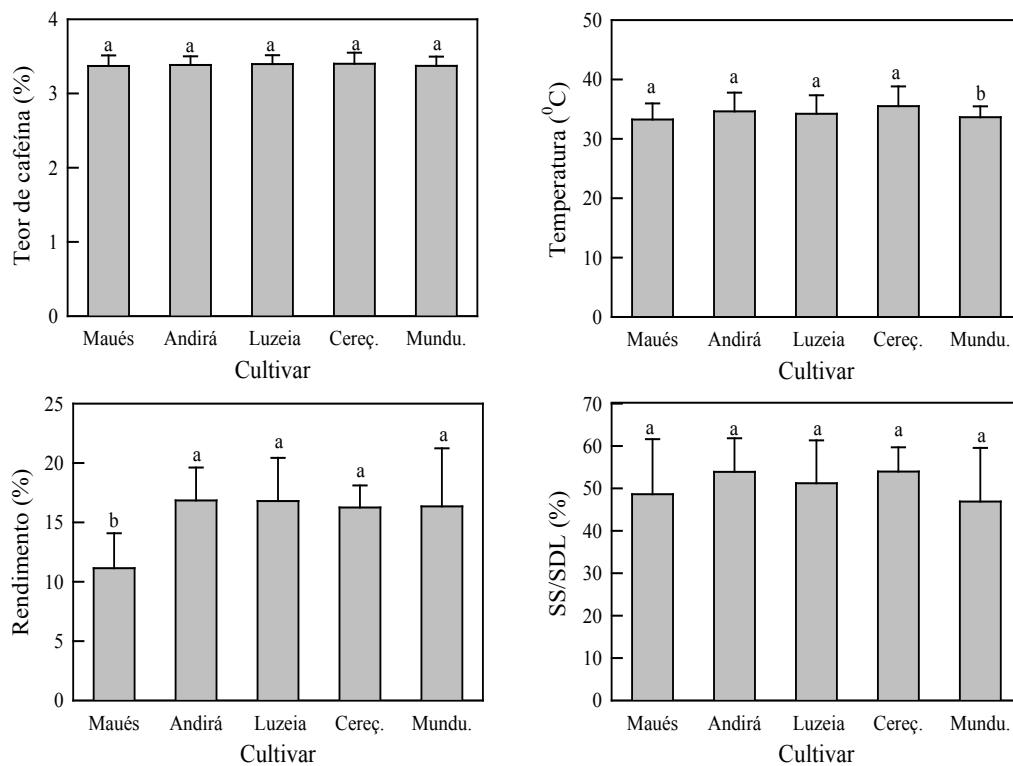


Figura 1. Teor de cafeína (%), temperatura (oC), rendimento SS/F (%) e relação SS/SDL (%) para cultivares de guaraná.

Como o Rendimento (SS/SDL%) não revelou diferenças significativas entre as cinco cultivares testadas, depreende-se que as estruturas responsáveis pelo menor Rendimento (SS/F%) da cultivar BRS CG Maués foram aquelas eliminadas pelo processo de despolpamento e lavação, ou seja, as cascas e o arilo, considerando que na SS/SDL% esses componentes foram removidos antes de se estabelecer a comparação com as sementes secas, ao passo que na SS/F%, estas estruturas do fruto participaram da relação estabelecida com as sementes secas.

Outra importante consideração é o fato de que os tamanhos das amostras utilizadas para as avaliações dos rendimentos (SS/SDL% e, SS/F%) foram muito pequenos, sendo que essas aferições foram realizadas para aproveitar-se a oportunidade da disponibilidade destas amostras, que estavam sendo preparadas para a avaliação prioritária da variável teor de cafeína. Entretanto, essas informações nos trazem indícios importantes que poderão ser melhor estudados em outros experimentos, com amostras acima de 100 kg/Tratamento/Repetição, exclusivamente para as aferições destas duas modalidades de “rendimento de sementes secas”.

Com relação à temperatura da massa fermentativa (frutos sem os racemos), a única cultivar que diferiu das demais, apresentando temperatura mais baixa, foi a BRS CG Mundurucânia. Por sua vez, BRS CG Maués, BRS CG Andirá, BRS CG Luzeia e, BRS CG Cereçaporanga, não diferiram entre si ($p < 0,05$). Essa menor temperatura constatada da cultivar BRS CG Mundurucânia pode estar relacionada ao fato de não ter havido produção suficiente de frutos para encher, completamente, as caixas dos tratamentos/repetições desta cultivar. Apesar de as caixas terem permanecido hermeticamente fechadas durante o experimento, elas possuíam um respiradouro, na parte superior. As caixas que não estavam completamente cheias com frutos teriam formado uma camada superficial de ar, entre a tampa e a massa de fermentação, o que poderia ter interferido na temperatura, determinando uma diferença à menor em relação às demais cultivares.

3.2 Efeito do estágio de maturação sobre as características Avaliadas

Na Figura 2, abaixo, são apresentadas as médias estimadas (Teste de Tukey a 5%) das características Teor de cafeína nas sementes secas (%), Temperatura da massa fermentativa (°C), Rendimento de sementes secas em relação aos frutos – SS/F (%) e, Rendimento de sementes secas em relação às sementes despolpadas e lavadas – SS/SDL (%), todas em função do estágio de maturação.

Surpreendentemente, o estágio de maturação E1, que é aquele que equivale à fase em que os frutos/sementes ainda não completaram totalmente sua maturação fisiológica, foi o que revelou maior teor de cafeína nas sementes. Os estágios E2 e E3 ficaram em segundo lugar, não diferindo entre si ($p < 0,05$).

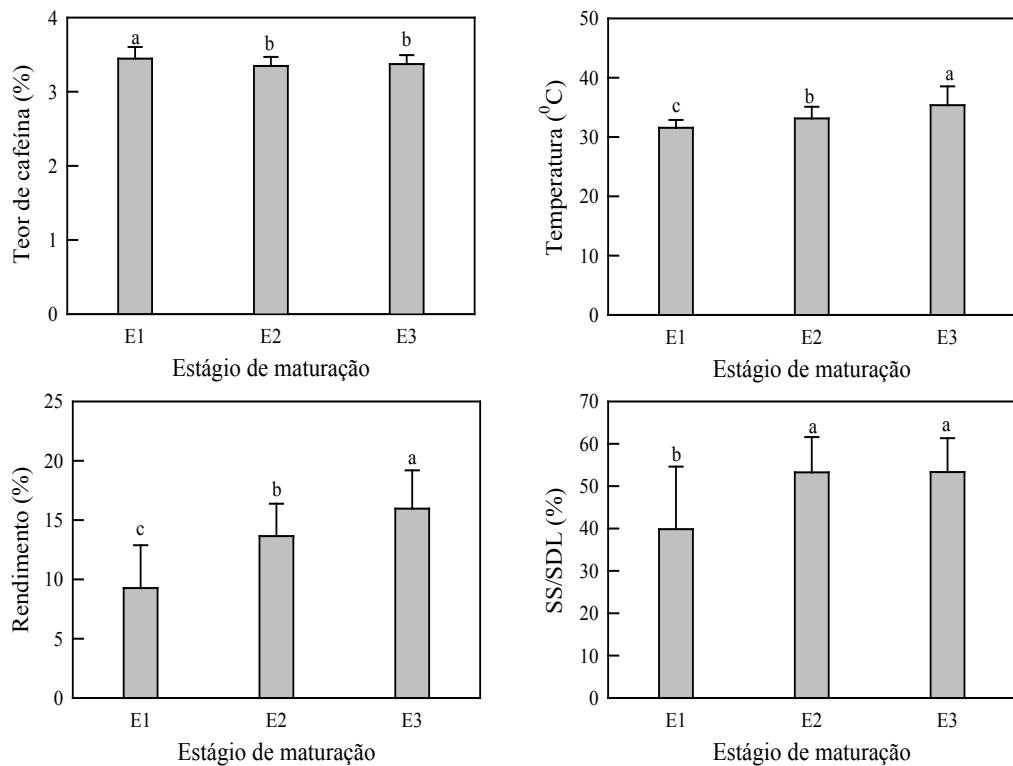


Figura 2. Teor de cafeína (%), temperatura (oC), rendimento SS/F (%) e relação SS/SDL (%) para estágio de maturação.

Aparentemente, na rota de síntese da cafeína existe uma competição entre metabólitos, desencadeada por uma série de fatores que interagem entre si, com destaque para a genética da planta, condições ambientais, dentre outras. Nakamura et al. (2009), observaram correlação negativa entre teobromina e cafeína, e que elas compartilham a mesma via biossintética, na qual a cafeína é sintetizada a partir da xantosina - > 7 metilxantosina - > 7 - metilxantina - > teobromina - > cafeína, em que o doador de metila é a S-adenosilmetionina (SAM). Sugeriram esses autores que diversos fatores poderiam influenciar esta variabilidade, como a variação genética e, parcialmente, as respostas à adaptação ambiental. Portanto, somente um estudo mais detalhado, incluindo também, além da cafeína, as avaliações dos demais metabólitos secundários (catequina, epicatequina, teofilina e teobromina) poderiam auxiliar no processo de esclarecimento do motivo pelo qual o estágio E1 de maturação revelou maior teor de cafeína que os estágios mais avançados de maturação, respectivamente E2 e E3. Vale ressaltar aqui que, na hipótese de esses dados serem confirmados em estudos futuros, os teores do estágio de maturação E1 forem significativamente superiores aos demais estágios de maturação, isso abrirá uma nova demanda de desenvolvimento de metodologia para processar os frutos do guaranazeiro neste estágio precoce, visando otimizar o aproveitamento da cafeína de suas sementes. Ao lado da substituição do processo de beneficiamento do guaraná por via seca - tradicionalmente realizado pela rota fermentada - pela nova tecnologia da via úmida, sem o emprego da fermentação, conforme foi adotado

pela Jayoro após o ano 2011, a possível antecipação do processamento dos frutos/ sementes de guaraná para a indústria de refrigerantes a partir do estágio E1 de maturação seria a segunda quebra de paradigma que remonta há séculos.

A temperatura mostrou-se bastante coerente em relação aos três estágios de maturação. No estágio E1, que os frutos não completaram ainda sua síntese de compostos orgânicos, a temperatura foi a menor registrada; no estágio E2, a temperatura se mostrou intermediária e, no estágio E3, fase em que os frutos completaram sua maturação fisiológica e, portanto, possuem mais substratos para os microrganismos, revelou a mais alta temperatura, o que é bastante coerente com o fenômeno biológico da fermentação.

Com relação ao rendimento (SS/F%), também houve a estratificação da resposta em três grupos, bastante coerentes, mostrando que, quanto mais próximo do ponto de maturação fisiológica estiverem os frutos do guaranazeiro, maior será o rendimento das sementes secas, devido ao acúmulo máximo de matéria seca nelas.

Já para o rendimento (SS/SDL%), o estágio E1 mostrou também a coerência de ser o mais baixo entre eles e, os outros dois estágios (E2 e E3), foram superiores e não diferiram entre si. Aparentemente, há uma contradição entre os resultados do Rendimento (SS/F%) e o Rendimento (SS/SDL%), visto que, para SS/F% houve diferença entre o estágio E2 e E3, ao passo que, para o SS/SDL%, E2 e E3 não apresentaram diferenças entre si. Uma possível explicação para esse fenômeno seria que, ao atingir o E2, as sementes estariam com suas cascas ainda fechadas, o que teria determinado a preservação do arilo, envolto pelas cascas e, as próprias cascas, teriam permanecido unidas às sementes, durante todo o período experimental (fases fermentativas), dificultando o acesso dos microrganismos ao interior das cascas. Com isso, as sementes teriam se mantido com um maior teor de umidade intrínseca, mesmo após terem sido despolpadas e lavadas, contrapondo-se às sementes do estágio E3 que, por se encontrarem com suas cascas abertas durante os períodos de fermentação, devem ter se desidratado mais. Mesmo em tendo se desidratado mais, como no estágio E3 elas teriam acumulado mais matéria seca, no final, as avaliações mostraram semelhanças entre os estágios de maturação E2 e E3, o que teria determinado essa ausência de diferença significativa entre essas comparações.

3.3 Efeito do tempo de fermentação sobre as características Avaliadas

Na **Figura 3**, abaixo, são apresentados os gráficos com as equações para cada uma das características: Teor de cafeína nas sementes secas (%), Temperatura da massa fermentativa ($^{\circ}\text{C}$), Rendimento de sementes secas em relação aos frutos – SS/F (%) e, Rendimento de sementes secas em relação às sementes despolpadas e lavadas – SS/SDL (%), todas em função do tempo de fermentação da massa frutos/ sementes.

O teor de cafeína revelou um pequeno aumento, com o ponto de máximo

acúmulo de 3,42%, determinado pelo tempo de fermentação de 42,5 horas. Após esse período, a queda do teor de cafeína foi bastante acentuada. Considerando que o teor de cafeína original, antes do processo da fermentação, era de 3,38%, depreende-se que o melhor resultado desta característica, de 3,42%, obtido após 42,5 horas de fermentação, representa apenas 0,04 pontos percentuais de acréscimo, evidenciando a inviabilidade do processo de fermentação, do ponto de vista da obtenção de aumento do teor de cafeína nas sementes secas de guaraná.

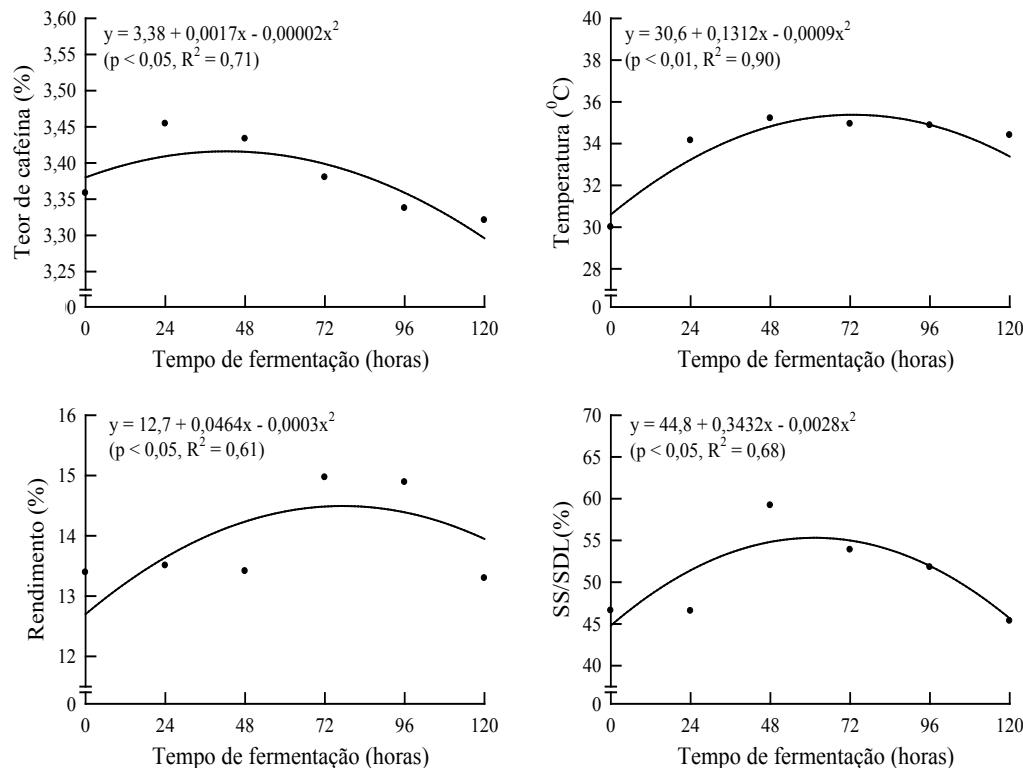


Figura 3. Teor de cafeína (%), temperatura (oC), rendimento SS/F (%) e relação SS/SDL (%) para tempo de fermentação.

O custo operacional demandado para o processo de fermentação, aliado aos demais riscos, tais como o de contaminações das sementes por microrganismos patogênicos e, principalmente, pela possibilidade de a fermentação ultrapassar o período de 42,5 horas - o que levaria a prejuízos financeiros por determinar perdas quantitativas e qualitativas da matéria prima para a indústria de refrigerantes - são alguns dos argumentos que desaconselham a adoção do processo de fermentação na fase pós-colheita e beneficiamento do guaraná. Ademais, é muito provável que essa diferença de 0,04 pontos percentuais de acréscimo do teor de cafeína seja ilusório, considerando os conceitos de base úmida e base seca. Desta forma, antes da fermentação, os frutos possuíam maiores teores de umidade e de compostos orgânicos; após a fermentação, com o consumo dos compostos orgânicos e da água pelos microrganismos, estas relações teriam sido modificadas, não tendo alterado os teores de cafeína e, sim, da matéria seca que a continha, alterando, levemente, essa

proporção. Por sua vez, para os maiores períodos de fermentação, a degradação do substrato e o desdobramento da água da massa fermentativa, provocados pelos microrganismos decompositores, também se elevam, mas, determinam não apenas o consumo e redução do arilo e da água, como também passam a degradar os compostos secundários acumulados nas sementes, como a cafeína, resultando em redução do seu teor.

O tempo de 72,9 horas determinou o ponto de máxima temperatura na massa de fermentação dos frutos/sementes, elevando-a a 35,38 °C. Considerando que a massa de frutos antes de entrar em processo fermentativo apresentava temperatura de cerca de 30,6 °C, houve uma elevação de 4,78 °C até atingir esse ponto de máxima temperatura.

O máximo rendimento de sementes secas (SS/F%), (14,49%), foi obtido após um tempo de fermentação de 77,33 horas. A perda de umidade das cascas e também o próprio desdobramento dos compostos orgânicos que constituem a casca e o arilo, poderiam explicar, pelo menos parcialmente, este aumento de rendimento. Entretanto, após o período de 77,33 horas de fermentação, observaram-se declínios do rendimento. Considerando que o rendimento determinado antes do processo de fermentação foi de 12,7% (idêntico ao que foi obtido em média pela Jayoro, na safra 2014, que foi 12,71% - também sem o processo de fermentação), houve aqui um ganho de 1,79 pontos percentuais com a fermentação por período de 77,33 horas. Se substituirmos o nº de horas de fermentação (77,33 horas), que promoveu o rendimento máximo de sementes secas (SS/F%) (14,49%) na equação da cafeína, obteremos um teor de cafeína de 3,39%, quase idêntico ao teor estimado sem a fermentação, que foi de 3,38%. Logo, se formos fermentar o guaraná visando o aumento máximo de rendimento (14,49%), que foi obtido com o tempo de fermentação de 77,33 horas, o pequeno ganho obtido para a cafeína (0,04 pontos percentuais), com o tempo de fermentação de 42,5 horas, será anulado. Por sua vez, se substituirmos o nº de horas de fermentação (42,5 horas) que promoveu o teor máximo de cafeína (3,39%) na equação do Rendimento (SS/F%), obteremos um Rendimento de sementes secas de 14,13%, representando um ganho de 1,43% em comparação ao rendimento observado com as sementes obtidas dos frutos que não passaram pelo processo de fermentação. Assim, poderíamos então adotar o tempo de fermentação de 42,5 horas, visando atender tanto ao pequeno ganho de cafeína (0,04%) e ao ganho de Rendimento SS/F% (1,43%). Analisando esse novo cenário, é prudente aqui levar em conta pelo menos dois fatores, quais sejam: a) a fermentação reduz drasticamente o peso da massa de frutos/sementes, o que poderá levar a erros de interpretação do rendimento de sementes secas (SS/F%), quando comparados frutos fermentados com frutos não fermentados; b) seria necessária a realização de uma análise econômica, visando definir, com precisão, se haveria viabilidade em adotar todas as complexas operações de fermentação, que demandam espaço, tempo, consumos de energia e mão de obra, além de se tornar suscetível às contaminações

microbiológicas diversas, tudo isso para se obter um ganho relativamente pequeno. É importante também destacar, mais uma vez, que o tamanho da amostra analisada foi bastante pequena para se avaliar com segurança o Rendimento (SS/F%), fato este que não ocorreu com a avaliação da Cafeína, cujo tamanho da amostra foi bastante representativo. Desta forma, recomenda-se repetir essas avaliações, com amostras de tamanho maior, para que os efeitos dos tratamentos possam ser aferidos com maior acurácia sobre o rendimento de sementes secas.

Quanto ao rendimento de sementes secas em relação às sementes despolpadas e lavadas (SS/SDL%), com um tempo de fermentação de 61,29 horas, obtiveram-se o ponto de rendimento máximo, de 55,31%. Períodos superiores a 61,29 horas promoveram declínio desta modalidade de rendimento. Considerando que o SS/SDL% das amostras coletadas antes da fermentação foi de 44,8%, houve um acréscimo de 10,51 pontos percentuais após a fermentação, o que se configura em um resultado altamente expressivo. Especulando sobre a possível explicação para esse fenômeno, as sementes cruas, aquelas que foram obtidas após as coletadas dos frutos, despolpamento e lavagem antes da fermentação, encerravam elevado teor de umidade. Quando essas sementes foram submetidas à secagem na estufa, perderam muita água e resultaram em um SS/SDL% de 44,8%. Por outro lado, quando os frutos contendo as sementes passaram pelo processo de fermentação, após 61,29 horas, a perda de umidade deve ter sido consideravelmente elevada. Desta forma, quando as amostras foram coletadas após a fermentação, despolpadas e lavadas, seus pesos já eram bem menores do que os observados nas sementes despolpadas e lavadas que não passaram pelo processo de fermentação. Ao serem submetidas à secagem na estufa, a porcentagem de água perdida foi bem menor do que a porcentagem perdida constatada nas sementes não-fermentadas. Isso explicaria, pelo menos em parte, os 10,51% de diferença à favor da SS/SDL% das sementes que foram submetidas à fermentação por um período de 61,29 horas, quando comparado com a SS/SDL% das sementes que não foram fermentadas.

3.4 Correlações entre as variáveis

Houve efeitos altamente significativos ($p < 0,01$) das correlações paramétricas “Temperatura x Rendimento (SS/F%)” e “Rendimento (SS/F%) x Rendimento Relativo” (SS/SDL%).

Com referência à correlação entre Temperatura e SS/F%, essa medida revelou que 34% do rendimento pode ser explicado pelo efeito da temperatura, o que está estreitamente ligado ao tempo e às condições de fermentação da massa de frutos/ sementes. Entretanto, foi demonstrado na **Figura 3**, acima, e nos seus respectivos comentários, que o ganho observado de acréscimo no Teor de Cafeína inviabiliza o processo de fermentação, o mesmo tendo sido concluído com relação ao Rendimento.

A correlação mais estreita entre SS/F% e SS/SDL%, (60%), era esperada, visto que ambos os índices dizem respeito ao rendimento final das sementes secas, com

a diferença de o primeiro ser realizado em função do fruto inteiro e, o segundo, partir das sementes despolpadas e lavadas, portanto, sem a casca e o arilo.

4 | CONCLUSÕES

- O teor de cafeína não variou entre as cinco cultivares estudadas.
- É mais viável, do ponto de vista técnico, processar o guaraná *in natura*, sem a prática da fermentação.
- O Rendimento de sementes secas em relação aos frutos (SS/F%) foi inferior para a cultivar BRS CG Maués, e as demais cultivares não apresentaram diferença entre si.
- Durante o processo fermentativo, a única cultivar que apresentou temperatura mais baixa foi a Mundurucânia.
- O estágio de maturação E1 foi o que revelou maior teor de cafeína das sementes.
- É recomendável realizar uma análise econômica para complementar os estudos da viabilidade de se fermentar o guaraná antes do seu processamento.

REFERÊNCIAS

- ANTONIO, I. C. **Boletim agrometeorológico 1998**: Estação Agroclimatológica da Embrapa Amazônia Ocidental, no Km 29 da Rodovia AM 010. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2005. 28 p. (Embrapa Amazônia Ocidental. Documentos, 42).
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. ZENEbon, O., PASCUET, N. S., TIGLEA, P. (Coord.). São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. 1020 p.
- LOPES, M. C., SALES, P. C., FERRAZ, J. [Online]. Estoques de carbono em solos de áreas degradadas e reflorestadas com espécies nativas na Amazônia **URL:** <http://www.cemac-ufla.com.br/trabalhos.pdf>
- NAKAMURA, K. L. et al. Genetic variation of phytochemical compounds in progenies of *Ilex paraguariensis* St. Hil. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 9, n. June, p. 116–123, 2009.
- PEREIRA, J. C. R. (Editor). **Cultura do guaranazeiro no Amazonas**. (4. Ed.). Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2005. 40 p. (Sistemas de produção; 2).
- SANTOS, L.P. Sistema mecanizado de processamento pós-colheita de guaraná: nova tecnologia. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2014. 10 p. (Embrapa Amazônia Ocidental. Comunicado Técnico, 108). **URL:** <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1000439/1/ComTec108.pdf> Acesso em: 15 de julho 2019.
- SANTOS, L.P. Sistema mecanizado de processamento pós-colheita de guaraná: nova tecnologia para o agronegócio e a agricultura familiar. A engenharia de produção na contemporaneidade. Ponta Grossa: Atena Editora, 2018. v. 1. p. 283-293.
- SANTOS, L.P., SILVA, E. de B., BRAGANÇA, S.M., RESENDE, L. Gesso agrícola associado ao calcário e produtividade de sementes secas de guaraná. ELEMENTOS da natureza e propriedades do solo. Ponta Grossa: Atena Editora, 2018. v. 3. p. 270-280. **URL:** <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/>



Figura 4. Vista geral da instalação do experimento, com a composição dos tratamentos/repetições, distribuição aleatória das caixas contendo as diversas cultivares, em seus distintos estágios de maturação, para submissão aos períodos de fermentação.

Crédito da Fotografia: Lucio Pereira Santos