



# **Estudos e Inovações na Engenharia e Agronomia**

**v.3 2020**

**Estudos e Inovações  
na Engenharia e Agronomia  
v.3**

E829 Estudos e Inovações na Engenharia e Agronomia v.3/ Organizadores:  
Francisco et al.

— Campina Grande: EPTEC, 2020.  
70 f.: il. color.

ISBN: 978-65-00-04455-3

1. Engenharias. 2. Desenvolvimento Tecnológico. 3. Inovação.  
4. Difusão. I. Francisco, Paulo Roberto Megna. II. Silva,  
Virgínia Mirtes de Alcântara. III. Medeiros, Paulo da  
Costa. IV. Título.

CDU 62

Os capítulos ou materiais publicados são de inteira responsabilidade de seus autores.  
As opiniões neles emitidas não exprimem, necessariamente, o ponto de vista do Editor responsável.  
Sua reprodução parcial está autorizada desde que cite a fonte.

### **Créditos de Imagens da Capa**

Pixabay.com

### **Editoração, Revisão e Arte da Capa**

Paulo Roberto Megna Francisco

### **Conselho Editorial**

Djail Santos (CCA-UFPB)  
Dermeval Araújo Furtado (CTRN-UFCG)  
George do Nascimento Ribeiro (CDSA-UFCG)  
Josivanda Palmeira Gomes (CTRN-UFCG)  
João Miguel de Moraes Neto (CTRN-UFCG)  
José Wallace Barbosa do Nascimento (CTRN-UFCG)  
Juarez Paz Pedroza (CTRN-UFCG)  
Lúcia Helena Garófalo Chaves (CTRN-UFCG)  
Luciano Marcelo Fallé Saboya (CTRN-UFCG)  
Paulo da Costa Medeiros (CDSA-UFCG)  
Paulo Roberto Megna Francisco (CTRN-UFCG)  
Soahd Arruda Rached Farias (CTRN-UFCG)  
Virgínia Mirtes de Alcântara Silva (CTRN-UFCG)

Paulo Roberto Megna Francisco  
Virgínia Mirtes de Alcântara Silva  
Paulo da Costa Medeiros  
(Organizadores)

**Estudos e Inovações  
na Engenharia e Agronomia  
v.3**



1.a Edição  
Campina Grande-PB  
2020

## Realização

<sup>®</sup> Portal Tecnológico  
de Divulgação Científica  
Eventos, Pesquisas e Inovação



## Apoio



## SUMÁRIO

<b>Capítulo 1</b> .....	<b>6</b>
<b><i>DIVERSIDADE GENÉTICA DE ACESSOS DE AMENDOIM CULTIVADOS NO CARIRI CEARENSE</i></b> .....	<b>6</b>
<b>Capítulo 2</b> .....	<b>13</b>
<b><i>EFEITO DA TEMPERATURA NA MASSA ESPECÍFICA DO SUCO DE TORANJA</i></b> .....	<b>13</b>
<b>Capítulo 3</b> .....	<b>18</b>
<b><i>INFLUÊNCIA DO TEMPO DE SECAGEM SOBRE AS PROPRIEDADES FÍSICAS DE PHASEOLUS LUNATUS</i></b> .....	<b>18</b>
<b>Capítulo 4</b> .....	<b>24</b>
<b><i>EXTRAÇÃO AQUOSA E HIDROALCOÓLICA DE COMPOSTOS BIOATIVOS PRESENTES NA CASCA DE ROMÃ (Punica granatum L.)</i></b> .....	<b>24</b>
<b>Capítulo 5</b> .....	<b>29</b>
<b><i>LIOFILIZAÇÃO DE POLPA DE SERIGUELA (Spondias purpúrea) COM ADIÇÃO DE CULTURA PROBIÓTICA</i></b> .....	<b>29</b>
<b>Capítulo 6</b> .....	<b>39</b>
<b><i>GROWTH OF COMMON BEAN (Phaseolus vulgaris) CULTIVATED IN CONCRECTIONARY PETRIC PLINTHOSOL</i></b> .....	<b>39</b>
<b>Capítulo 7</b> .....	<b>46</b>
<b><i>DIAGNÓSTICO DE DRENAGEM DA SUB-BACIA URBANIZADA DO CÓRREGO MUTUCA, GURUPI-TO</i></b> .....	<b>46</b>
<b>Capítulo 8</b> .....	<b>56</b>
<b><i>DETERMINAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS DE UM SUCO MISTO EM PÓ</i></b> .....	<b>56</b>
<b>Capítulo 9</b> .....	<b>63</b>
<b><i>CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E FÍSICA DO RESÍDUO PROVENIENTE DA EXTRAÇÃO DE AMIDO DO ACHACHAIRU</i></b> .....	<b>63</b>
<b>Curriculum dos Organizadores</b> .....	<b>70</b>

## Capítulo 1

# DIVERSIDADE GENÉTICA DE ACESSOS DE AMENDOIM CULTIVADOS NO CARIRI CEARENSE

**Rosangela Felesmino de Sousa<sup>1</sup>**  
**Maria Ângela Cruz Macêdo dos Santos<sup>2</sup>**  
**Witalo da Silva Sales<sup>3</sup>**  
**Jackson Teixeira Lobo<sup>4</sup>**  
**Lucas Nunes da Luz<sup>5</sup>**

<sup>1</sup>Agrônoma, Instituto Flor do Piqui, Crato-CE, Brasil, rosangelasousa-agro@hotmail.com

<sup>2</sup>Agrônoma, Doutoranda em Eng. Agrícola, UFRB, Cruz das Almas-BA, angela\_macedo.08@hotmail.com

<sup>3</sup>Agrônomo, Doutorando em Agronomia, UFPB, Areia-PB, witalocrato@hotmail.com

<sup>4</sup>Agrônomo, Doutorando em Agronomia, UFPB, Areia-PB, jackson\_lob@hotmail.com

<sup>5</sup>Dr. Prof. Titular, UNILAB, Redenção-CE, lucasluz@unilab.edu.br

### Introdução

O amendoim (*Arachis hypogaea* L.) é uma das leguminosas produtoras de grãos mais cultivadas em todo o mundo, e é uma espécie autógama e alotetraplóide ( $2n = 4x = 40$ , AABB). Existe um vasto pool gênico para a cultura do amendoim dentro do gênero *Arachis* (79 espécies), que confere uma ampla variabilidade genética e proporciona grandes chances de sucesso de programas de melhoramento genético de amendoim (SHARMA et al., 2017).

O amendoim cultivado, subdivide-se em duas subespécies, *hypogaea* e *fastigiata*, ambas com singularidades que as diferenciam, tais como o hábito de crescimento, presença de inflorescência na haste principal, tamanho e cor da semente, entre outras características (BORGES et al., 2007).

A cultura do amendoim é de fácil adaptabilidade, podendo ser cultivado desde regiões tropicais úmidas a zonas temperadas, a depender da subespécie em cultivo (AGUIAR et al., 2014). A sua produção é relevante em todo o mundo, na safra 2018/2019 a produção mundial foi de 46,19 milhões de toneladas, desse total, a China representou 36,80%, sendo o maior produtor para o período, já o Brasil contribuiu com apenas 1% da produção mundial (USDA, 2019).

Todavia, em relação a outras leguminosas, e apesar de ser uma importante commodity agrícola, os estudos sobre amendoim estão voltados para variações agrônomicas e morfológicas, e limitados em relação a diversidade genética, a qual é fundamental para utilização das sementes dos bancos de germoplasma na reprodução do

amendoim (JIANG et al., 2014; BURRATO et al., 2016; MACHADO et al., 2017).

Conhecer a variabilidade genética oferece escopo maior para o melhoramento da cultura, deste modo, quanto maior a extensão, natureza e magnitude da variabilidade bem como sua herdabilidade, mais efetiva torna-se a seleção (NARASIMHULU et al., 2012). Deste modo, bancos de germoplasma disponibilizam materiais genéticos que proporcionam características favoráveis para serem utilizadas em programas de melhoramento, além de manter e preservar os genótipos (BURATTO et al., 2016). A maior coleção de germoplasma de amendoim está localizada no Brasil, na Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia (STALKER, 2017).

A maioria das sementes que compõe os bancos de germoplasma em vários países, inclusive no Brasil, são obtidas em mercados locais, possuindo uma grande diversidade de cores, formas e tamanhos, caracterizando mistura de sementes, que ficam evidentes pelos hábitos de crescimento e tamanho das plantas (STALKER et al., 2016).

Contudo, para hibridação e expansão da base genética do amendoim, torna-se muito limitante usar como parâmetro apenas as características morfológicas, deste modo, conhecer a diversidade genética entre cultivares de amendoim é imprescindível para criação de germoplasmas mais eficientes (WANG et al., 2015), uma vez que, quanto mais diversos os pais no cruzamento, esperam-se maiores efeitos heteróticos e gerações segregantes mais diversificadas (SUNEETHA et al., 2013). Dessa forma, a coleta, caracterização e avaliação de genótipos são de fundamental

importância para o desenvolvimento de novas cultivares, bem como estabelecer a diversidade genética de uma espécie.

Portanto, objetiva-se estabelecer através de parâmetros genéticos e índices de seleção, a diversidade genética existente entre acessos de amendoim coletados na região do Cariri Cearense, Sul do Ceará.

### Material e Métodos

O experimento foi realizado no Centro de Ciências Agrárias e da Biodiversidade da

Universidade Federal do Cariri (CCAB), município de Crato (7°14' S e 39°22' W, altitude de 442 metros), estado do Ceará, Brasil, no período compreendido entre outubro de 2013 a janeiro de 2014. O clima da região segundo classificação de Köppen é tropical úmido com estação seca - Aw. Durante o experimento, os dados climáticos foram registrados por estação meteorológica localizada na cidade de Barbalha, Ceará, Brasil (Figura 1).

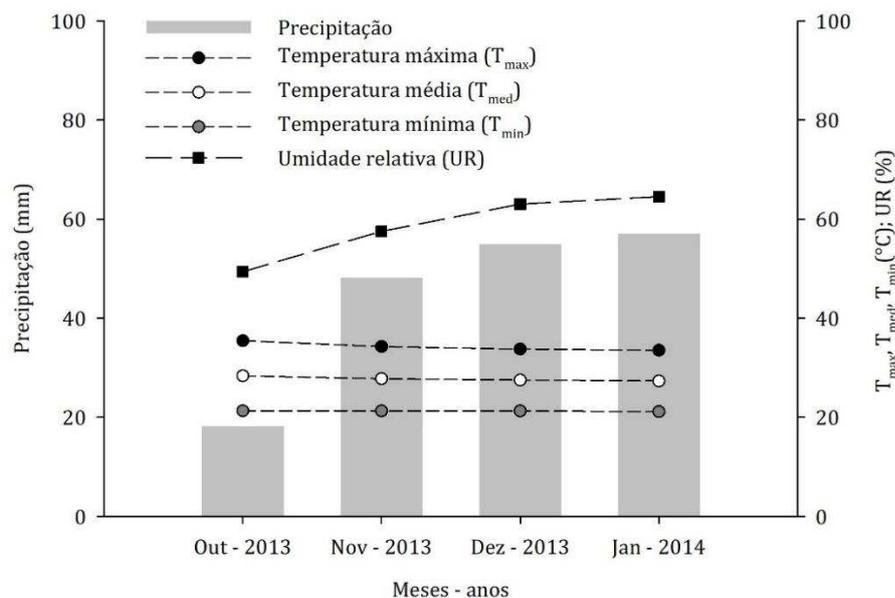


Figura 1. Precipitação, temperatura e umidade relativa do ar registradas durante o período de estudo. Fonte: INMET (2014).

O solo da área é um Latossolo Vermelho Amarelo (FUNCEME, 2012) de textura franco-arenosa, cujos atributos químicos da camada de 0 - 20 cm, são: pH em água = 6; MO (matéria orgânica) = 4,3 g Kg<sup>-1</sup>; P = 3 mg dm<sup>-3</sup>; K<sup>+</sup> = 1,3 mmolc dm<sup>-3</sup>; Na<sup>+</sup> = 6,6 mmolc dm<sup>-3</sup>; Ca<sup>2+</sup> = 5 mmolc dm<sup>-3</sup>; Mg<sup>2+</sup> = 6 mmolc dm<sup>-3</sup>; Al<sup>3+</sup> = N. D.; H<sup>+</sup>Al<sup>3+</sup> = 16,5 mmolc dm<sup>-3</sup>; SB (soma de bases) = 18,9 mmolc dm<sup>-3</sup>; V (saturação por base) = 53%; determinados de acordo com metodologia de Silva (2009).

Foram avaliados sete acessos de amendoins (*Arachis hypogaea* L.), seis oriundos de quatro municípios da região sul cearense (Tabela 1) e uma testemunha comercial. Os acessos compõem o Banco de Germoplasma de Amendoim da Universidade Federal do Cariri, e foram selecionados como sementes crioulas em virtude da sua adaptação às condições edafoclimáticas regionais.

Tabela 1. Acessos de amendoim (*Arachis hypogaea* L.) do Banco de Germoplasma de Amendoim da Universidade Federal do Cariri

Acesso	Município de origem	Localização geográfica
BAA1	Abaiara-CE	7°21'32"S e 39°02'44"W
BAA2	Altaneira-CE	7°00'06"S e 39°44'26"W
BAA3	Aiuaba-CE	6°34'25"S e 40°07'25"W
BAA4	Crato-CE/Sítio Malhada	7°07'44"S e 39°25'13"W
BAA5	Crato-CE/Sítio Santa Fé	7°09'31"S e 39°32'00"W
BAA6	Várzea Alegre-CE	6°47'20"S e 39°17'45"W
BAA7	Testemunha comercial	-

O experimento foi avaliado em delineamento de blocos ao acaso (DBC), com sete tratamentos (acessos de amendoim) e quatro repetições com 12 plantas por parcela. As linhas de plantio foram distantes 1m e as plantas (2 por cova) foram espaçadas em 0,3 m na linha. O manejo nutricional foi realizado levando-se em consideração os teores de nutrientes presentes no solo e a demanda nutricional da cultura; na semeadura realizou-se a adubação de fundação com aplicação de 20 kg ha<sup>-1</sup> de N (45 kg ha<sup>-1</sup> de ureia) e 60 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (334 kg ha<sup>-1</sup> de superfosfato simples); aos 30 dias após a semeadura (início da floração), foi realizada adubação de cobertura com 30 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O (50 kg ha<sup>-1</sup> de cloreto de potássio). Os demais tratos culturais da cultura foram realizados de acordo com as recomendações para a cultura do amendoim descritas por Santos et al. (2010).

A colheita foi realizada entre 90 e 120 dias após o plantio. Os sete acessos foram caracterizados fenologicamente quanto ao hábito de crescimento (HC), presença de constricção na vagem (PCV), número de sementes por vagens (S/V) e forma das sementes (FS). Foram avaliados o número de ginóforos totais (NGT), coletados a partir da haste principal e dos ramos laterais; número de ginóforos situados nos 15 cm iniciais da base da planta (NGTI), considerando-se a haste

principal e os ramos laterais; altura da haste principal (AHP); número de vagens maduras por planta (NV); peso de 100 vagens (PV100) e peso de 100 sementes (PS100). As medidas de eficiência reprodutiva foram estimadas a partir da razão entre NTG/NV para EF1 e NTGI/NV para EF2.

Os dados foram submetidos à análise de variância e comparação de médias pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). Foi realizada a estimativa da divergência pela distância generalizada de Mahalanobis (D2) e agrupadas pelo método Unweighted Pair Group Method with Arithmetic mean – UPGMA (método de ligação média entre grupo). Todos os procedimentos estatísticos foram efetuados com o programa Genes versão 2013.5.1 (CRUZ et al., 2013).

### Resultados e Discussão

A maioria dos acessos apresentam crescimento ereto, vagens sem constricção e sementes de formato redondo, com o número de sementes por vagem variando de 3 a 4 (Tabela 2). Contudo, observa-se que ocorre variação para os quatro caracteres fenológicos avaliados, evidenciando a presença de variabilidade entre os acessos. Os acessos BAA4 e BAA5 apresentam hábito de crescimento semiereto, divergindo dos demais, e apenas BAA1 e BAA6 apresentam constricção na vagem e sementes alongadas.

Tabela 2. Caracterização fenológica de acessos de amendoim

Acessos	HC	PCV	NSV	FS
BAA1	Ereto	Sim	4	Alongada
BAA2	Ereto	Não	4	Redonda
BAA3	Ereto	Não	3	Redonda
BAA4	Semiereto	Não	3	Redonda
BAA5	Ereto	Não	3	Redonda
BAA6	Semiereto	Sim	3	Alongada
BAA7	Ereto	Não	4	Redonda

HC: hábito de crescimento; PCV: presença de constricção na vagem; NSV: número de sementes por vagem; e FS: formato da semente.

A partir da análise de variância, percebe-se que apenas os descritores número de vagens (NV), número de ginóforos total (NGT), peso de cem vagens (PV100) e peso de cem sementes (PS100) apresentam diferenças significativas (Tabela 3). O acesso BAA7 é o único que permanece no grupo de melhores indivíduos para o NV, PV100, PS100 e a NGT.

O acesso com maior NV é o BAA7, seu resultado é 193,3% superior ao resultado obtido por BAA2, acesso que registra desempenho inferior nessa variável. Os demais

acessos, apesar de inferiores a BAA7, apresentam igualdade entre eles, com valor médio de 23,19. O número total de ginóforos apresenta um valor médio de 131,19, sendo os acessos BAA2, BAA3, BAA4 e BAA6 estatisticamente semelhantes à testemunha, apenas BAA1 e BAA5 são inferiores a BAA7, com reduções de 99,5 e 101,54 ginóforos em comparação a testemunha, respectivamente. Não se registra diferença estatística entre os acessos para o número de ginóforos nos primeiros 15 cm da planta (NGTI).

Tabela 3. Análise de variância pelos quadrados médios para descritores quantitativos e eficiência reprodutiva de sete acessos de amendoim

Acessos	NV	NGT	EF1	AHP	NGTI	EF2	PV100	PS100
QM	255,11*	5517,20*	99,25ns	131,75ns	11,71ns	148,94ns	835,84*	60,35*
BAA1	21,66 b	95,66 b	22,28	48,66	14,66	57,72	131,98 a	41,18 a
BAA2	13,75 c	104,98 ab	13,92	55,09	12,85	50,64	105,33 ab	33,90 ab
BAA3	21,87 b	152,00 ab	18,74	52,12	17,50	54,02	93,49 ab	31,26 ab
BAA4	24,87 b	150,37 ab	16,61	54,87	12,37	63,54	99,74 ab	31,83 ab
BAA5	24,37 b	93,62 b	29,30	43,50	14,50	60,51	93,08 ab	30,38 ab
BAA6	23,22 b	126,52 ab	20,45	61,45	14,56	61,29	121,07 a	31,05 ab
BAA7	40,33 a	195,16 a	23,11	49,33	15,66	69,05	106,09 ab	30,17 ab
Média	24,29	131,19	20,63	52,14	14,58	59,54	107,25	32,82
CV	23,56	27,37	49,58	23,55	2620	20,00	16,54	15,38

QM: quadrado médio; CV = coeficiente de variação; NV = Numero de vagens; NTG= Número total de ginóforos; EF1 e EF2 = Média das eficiências reprodutivas; AHP = Altura da haste principal; NGTI= Número de ginóforos nos 15 cm da planta; PV100= peso da vagem; PS100= peso das sementes; \* = Significativo; ns = não significativo.

As plantas que produzem um maior número de vagens, são aquelas que concentraram um maior número de ginóforos nos primeiros 15 cm da base da planta (SANTOS et al., 2005), contudo, a ausência de variação entre os acessos para o NGT e NGTI não permitiu validar essa relação, entretanto, sabe-se que a demanda energética para o enchimento de vagens será menor e o desenvolvimento mais rápido quando existir um maior número de ginóforos no terço inicial do solo (NGTI) (LUZ et al., 2011).

O peso de cem vagens (PV100) e sementes (PS100) apresentam valores médios de 107,25 g e 32,82 g médios, respectivamente

(Tabela 3). O acesso BAA1 alcança os maiores valores, entretanto, não difere dos demais acessos.

Os acessos foram agrupados em três grupos em função das variáveis quantitativas analisadas via o método de ligação média entre grupo - UPGMA (Figura 2). O primeiro grupo é formado pelos acessos BAA5 e BAA7, o segundo por BAA3, e o terceiro pelos demais. Os acessos mais divergentes são o BAA5 e BAA6, e apresentam um quantitativo geral de distância relativamente baixo (0,528). Esse resultado, aliado à semelhança dos acessos para a maioria das variáveis demonstra uma variabilidade genética restrita.

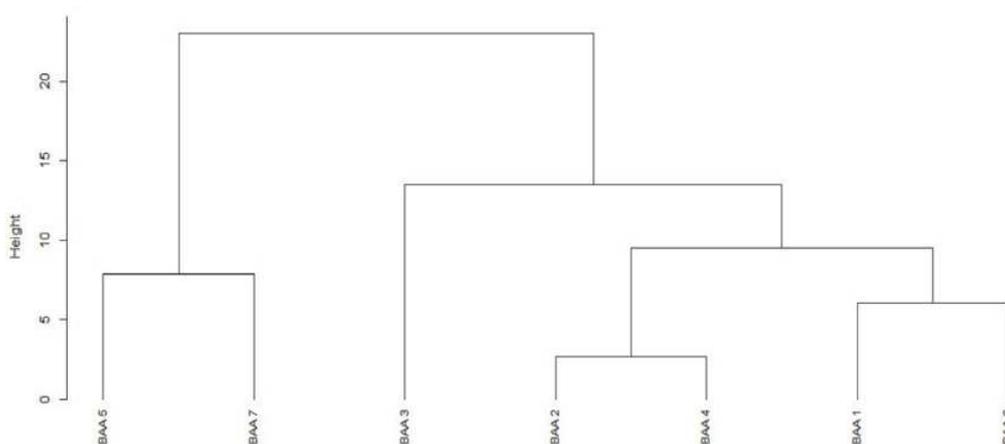


Figura 2. Dendrograma representativo do agrupamento de sete acessos de amendoim, via UPGMA, com base na dissimilaridade genética estimada a partir de oito características agronômicas quantitativas (Coeficiente de correlação cofenética, CCC = 0,70).

A baixa variabilidade existente pode ser explicada pelos acessos serem oriundos de uma mesma região geográfica (Cariri Cearense), e os locais de origem possuem características climáticas similares, o que gera uma maior pressão de seleção para fixação de caracteres

afins que permitem a adaptação dos indivíduos e com isso há uma maior proximidade entre os acessos (MEHNDIRATTA et al., 1970).

É recomendável a utilização dos acessos BAA5 e BAA7 versus BAA6 e BAA1 para cruzamentos em esquema dialélico, pois estes

apresentam elevado potencial produtivo, relativa divergência genética e características fenológicas distintas, dessa forma, poderá ampliar a variabilidade genética na geração F1 e liberar essa variabilidade a partir de F2. Entretanto, análises mais robustas, envolvendo um número maior de descritores e/ou marcas moleculares podem ser utilizadas para avaliar o percentual de diferenciação entre os acessos. A presença de variabilidade permite a seleção de genitores superiores e divergentes, e com isso possibilita ganhos de seleção e geração de genótipos elites de amendoim a partir de técnicas de hibridação (BHARGAVI et al., 2016; MIQUELONI, 2018).

Os parâmetros genéticos foram estimados (Tabela 4) apenas para as variáveis que apresentaram significância ( $p < 0,05$ ) em

virtude de a diferença fenológica observada servir de indicador da presença de variabilidade de natureza genética ou ambiental. Nota-se, para os descritores NV e NTG, que os valores estimados da variância ambiental ( $\sigma^2 e$ ) representam a maior porção da variância fenotípica ( $\sigma^2 p$ ), entretanto, a expressão do fenótipo para os descritores PV100 e PS100 tem uma maior influência da variância genotípica ( $\sigma^2 g$ ). A herdabilidade no sentido amplo ( $h^2$ ) representa a porção herdável da variabilidade total, ou seja, quanto maior a  $h^2$  maior o controle genético e a confiabilidade na seleção (ROCHA et al., 2009; VALADARES et al., 2017), assim, os descritores NV e NGT apresentam herdabilidade de moderada (20-40%) e PV100 e PS100 alta magnitude (> 40%).

Tabela 4. Estimativa dos parâmetros genéticos (PG) para o número de vagens (NV), número total de ginóforos (NTG), peso de cem vagens (PV100) e peso de cem sementes (PS100) de sete acessos de amendoim

PG	NV	NTG	PV100	PS100
$\sigma^2 p$	63,78	1379,3	208,96	15,09
$\sigma^2 e$	42,35	965,75	78,75	6,38
$\sigma^2 g$	21,43	413,55	130,21	8,71
$h^2$ (%)	33,60	29,98	62,31	57,71

$\sigma^2 p$  = variância fenotípica;  $\sigma^2 e$  = variância ambiental;  $\sigma^2 g$  = variância genotípica;  $h^2$  (%) = herdabilidade no sentido amplo.

As variáveis PV100 e PS100 são determinantes para a diferenciação dos acessos, pois representam mais de 70% de contribuição relativa para a divergência genética (Tabela 5). Portanto, constata-se que o número de vagens, o número total de ginóforos, as médias de eficiências reprodutiva (EF1 e EF2), e a altura da haste principal são descritores de baixa relevância no estudo de divergência genética para a cultura do amendoim, por evidenciar características de baixa variabilidade entre os indivíduos estudados, demonstrar elevada instabilidade em virtude da variância ambiental

( $\sigma^2 e$ ) e/ou por estarem correlacionados com outros caracteres.

A contribuição relativa permite analisar a influência dos caracteres sob os agrupamentos dos acessos, ou seja, a contribuição para a divergência estimada (RODRIGUES et al., 2017). Em função da contribuição relativa e da herdabilidade dos caracteres é possível inferir que, os caracteres diretamente relacionados ao rendimento do amendoim, como o peso de cem vagens (PV100) e o peso de cem sementes (PS100), tem maior importância relativa para o estudo de diversidade em *Arachis hypogaea*.

Tabela 5. Contribuição relativa de sete características agrônômicas de amendoim pelo método de Singh (1981)

Classificação	Variável	Sij	Sij%
1°	PV100	531,35	46,37
2°	PS100	308,53	26,93
3°	NV	90,47	7,89
4°	NTG	18,65	7,62
5°	EF2	74,99	6,54
6°	AHP	48,46	4,23
7°	EF1	35,64	3,11

Sij: Contribuição relativa.

Os descritores PV100 e PS100 são os menos influenciados pelas variações ambientais (Tabela 4), e permitem avaliar a divergência genética com maior precisão, tendo em vista que, a maior porção da variação fenotípica ocorre pela expressão genética com baixa influencia ambiental e pela elevada contribuição relativa desses caracteres.

### Conclusão

Os acessos de amendoim oriundos da região do Cariri Cearense, Sul do Ceará, apresentaram similaridade genética pela alta pressão de seleção do meio para adaptação a partir da fixação de características semelhantes.

Descritores relacionados diretamente a produção e rendimento foram os mais relevantes na análise de divergência genética de *Arachis hypogaea*.

### Referências

AGUIAR, A. T. E.; GONÇALVES, C.; PATERNIANI, M. E. A. G. Z.; TUCCI, M. L. S. A.; CASTRO, C. E. F. Instruções agrícolas para as principais culturas econômicas. Campinas: IAC, 2014. 393p.

BHARGAVI G.; RAO V. S.; RAO K. N. Genetic variability, heritability and genetic advance of yield and related traits of Spanish bunch groundnut (*Arachis hypogaea* L.). *Agricultural Science Digest*, v.36, n.1, p.60-62, 2016.

BORGES, W. L.; XAVIER, G. R.; RUMJANEK, N. G. Variabilidade genética entre acessos de amendoim. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.42, n.8, p.1151-1157, 2007.

BURATTO, J. S.; SANTOS NETO, J. DOS; MODA-CIRINO, V. Desempenho agrônomico e dissimilaridade genética entre acessos de amendoim por variáveis multicategóricas. *Scientia Agraria Paranaensis*, v.15, n.3, p.324-331, 2016.

CRUZ, C. D. GENES: A software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. *Acta Scientiarum Agronomy*, v.35, n.3, p.271-276, 2013.

FUNCEME. Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. Levantamento de reconhecimento de média intensidade de solos: mesorregião do sul cearense. Fortaleza: FUNCEME, 2012. 280p.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Acesso em: 01 de fevereiro de 2014.

JIANG, H. F.; HUANG, L.; REN, X. P.; CHEN, Y. N.; ZHOU, X. J.; XIA, Y. L.; HUANG, J. Q.; LEI, Y.; YAN,

L. Y.; WAN, L. Y.; LIAO, B. S. Diversity characterization and association analysis of agronomic traits in a chinese peanut (*Arachis hypogaea* L.) mini-core collection. *Journal of Integrative Plant Biology*, v.56, n.2, p.159-169, 2014.

LUZ, L. N.; SANTOS, R. C.; SILVA FILHO, J. L.; MELO FILHO, P. A. Correlations and path analysis of peanut traits associated with the peg. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, v.11, n.1, p.88-93, 2011.

MACHADO, I. P.; SILVA, F. H. O. D.; MATOS, R. F. D.; SILVA, T. P. D.; DOVALE, J. C. Concordance between botanical groups and genetic diversity in peanut. *Revista Ciência Agrônômica*, v.48, n.4, p.663-673, 2017.

MEHNDIRATTA, P. D.; PHUL, P. S.; ARORA, N. D. Genetic diversity in relation to fodder field and its components in Sorghum. *Indian Journal of Genetic and Plant Breeding*, v.31, n.2, p.300-304, 1970.

MIQUELONI, D. P. Variabilidade genética em amendoim forrageiro via modelos mistos e análise multivariada. 161f. Tese (Doutorado em Agronomia: Produção Vegetal). Universidade Federal do Acre. Rio Branco, 2018.

NARASIMHULU, R.; KENCHANAGOUDAR, P. V.; GOWDA, M. V. C. Study of genetic variability and correlations in selected groundnut genotypes. *International Journal of Applied Biology and Pharmaceutical Technology*, v.3, n.1, p.355-358, 2012.

ROCHA, M. M.; CARVALHO, K. J. M.; FREIRE FILHO, F. R.; LOPES, A. C. A.; GOMES, R. L. F.; SOUSA, I. S. Controle genético do comprimento do pedúnculo em feijão-caupi. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.44, n.3, p.270-275, 2009.

RODRIGUES, D. L.; VIANA, A. P.; VIEIRA, H. D.; SANTOS, E. A.; SILVA, F. H. DE L. E.; SANTOS, C. L. Contribuição de variáveis de produção e de semente para a divergência genética em maracujazeiro-azedo sob diferentes disponibilidades de nutrientes. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.52, n.8, p.607-614, 2017.

SANTOS, R. C.; GODOY, I. J.; FAVERO, A. P. Melhoramento do amendoim. In: SANTOS, R. C. (Ed.). *O agronegócio do amendoim no Brasil*. Brasília-DF: 2005. Embrapa Informações Tecnológicas. p.23-190.

SANTOS, R. C.; RÊGO, G. M.; SILVA, A. P. G.; VASCONCELOS, J. O. L.; COUTINHO, J. L. B.; MELO FILHO, P. A. Produtividade de linhagens avançadas de amendoim em condições de sequeiro no Nordeste brasileiro. *Revista*

Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.14, n.6, p.589-593, 2010.

SHARMA, S.; PANDEY, M. K.; SUDINI, H. K.; UPADHYAYA, H. D.; VARSHNEY, R. K. Harnessing genetic diversity of wild *Arachis* species for genetic enhancement of cultivated peanut. *Crop Science*, v.57, n.3, p.1121-1131, 2017.

SILVA, F. C. (Ed.). Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 627p.

SINGH, D. The relative importance of characters affecting genetic divergence. *The Indian Journal of Genetics & Plant Breeding*, v.41, n.2, p.237-245, 1981.

STALKER, H. T. Utilizing wild species for peanut improvement. *Crop Science*, v.57, n.3, p.1102-1120, 2017.

STALKER, H. T.; TALLURY, S. P.; SEIJO, G. R.; LEAL-BERTIOLI, S. C. Biology, speciation, and utilization of peanut species. In: STALKER, H. T.; WILSON, R. F. (Eds.). *Peanuts: genetics,*

*processing, and utilization*. Amsterdã: Elsevier, 2016. p.27-66.

SUNEETHA, N.; VASANTHI, R. P.; SUDHAKAR, P.; RAJA REDDY, K. Genetic diversity analysis among released and pre-release cultures in groundnut. *Legume Research-An International Journal*, v.36, n.3, p.208-213, 2013.

VALADARES, R. N.; MELO, R. A.; SILVA, J. A. S.; ARAÚJO, A. L. R.; SILVA, F. S.; CARVALHO FILHO, J. L. S.; MENEZES, D. Estimativas de parâmetros genéticos e correlações em acessos de melão do grupo *momordica*. *Horticultura Brasileira*, v.35, n.4, p.557-563, 2017.

WANG, H.; KHERA, P.; HUANG, B.; YUAN, M.; KATAM, R.; ZHUANG, W.; VARSHNEY, R. K. Analysis of genetic diversity and population structure of peanut cultivars and breeding lines from China, India and the US using simple sequence repeat markers. *Journal of Integrative Plant Biology*, v.58, n.5, p.452-465, 2016.

## Capítulo 2

# EFEITO DA TEMPERATURA NA MASSA ESPECÍFICA DO SUCO DE TORANJA

**Virgínia Mirtes de Alcântara Silva<sup>1</sup>**  
**Newton Carlos Santos<sup>2</sup>**  
**Raphael Lucas Jacinto Almeida<sup>3</sup>**  
**Victor Herbert de Alcântara Ribeiro<sup>4</sup>**  
**Tamires dos Santos Pereira<sup>5</sup>**  
**Flávia Izabely Nunes Moreira<sup>6</sup>**  
**Soares Elias Rodrigues Lima<sup>7</sup>**

<sup>1,4</sup>Doutorandos do Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão de Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, UFCG/CTRN/Campus Campina Grande-PB, virginia.mirtes2015@gmail.com; victor\_herbert@hotmail.com

<sup>2,3</sup>Doutorandos do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, UFRN/CCT/UAEQ/Campus Natal-RN, newtonquimicoindustrial@gmail.com; raphaelqindustrial@gmail.com

<sup>5</sup>Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos, Universidade Federal de Campina Grande, UFCG/CCT/Campus Campina Grande-PB, tsantosp16@gmail.com

<sup>6</sup>Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Ciências e Tecnologia dos Alimentos, Universidade Federal da Paraíba, UFPB/CTDR/DTA, flavia\_izabely@hotmail.com

<sup>7</sup>Engenheiro de Alimentos, Mestre em Ciências e Tecnologia dos Alimentos, soareselias23@gmail.com

### Introdução

A toranja (*Citrus paradisi* Macf.) é uma variedade de laranja da família Rutaceae, popular no mundo devido ao seu sabor e valor nutricional. Foi descoberta no século XVIII e varia de cor de acordo com a concentração de licopeno, a tonalidade da toranja pode variar entre branca a vermelha, sendo a Pink, Ruby Red, Star Ruby, Thompson e White Marsh as principais variedades. A China e os Estados Unidos da América são os maiores produtores deste fruto. Anteriormente era cultivada apenas como planta ornamental, no entanto passou a ser utilizada por seus efeitos benéficos à saúde devido à presença de vários compostos bioativos (RAZAVI & HOSSEINZADEH, 2019; SANTOS et al., 2020; HUNG et al., 2017). O sumo de toranja e o próprio fruto não são consumidos apenas pelo sabor agradável e pelo seu valor nutricional, mas também pelas propriedades benéficas para a saúde (SEDEN et al., 2010, KIANI & IMAM, 2007).

Algumas descobertas sugerem que o sumo de toranja reduz a formação de placas ateroscleróticas e inibe a formação e a proliferação de células cancerígenas mamárias. De acordo com vários estudos o sumo de toranja possui atividade antioxidante, antisséptica, cardiotônica, destoxicante, hipocolesterolêmica e sedativa (KIANI & IMAM, 2007). Em consequência das características

climáticas, o Brasil possui a maior produção e exportação mundial de citrus, sendo 98% da produção destinada à exportação (SANTOS et al., 2017). Após a extração do suco, cerca de 40 a 50% da fruta é descartada. Esse resíduo, resultante do processamento, é considerado como um problema ambiental devido à elevada facilidade de fermentação e biodegradabilidade (CYPRIANO et al., 2017; SANTOS et al., 2018).

No processamento das polpas de frutas ocorre a aplicação de processos térmicos que envolvem transferência de calor como aquecimento, resfriamento e congelamento. O conhecimento das propriedades termo físicas, como massa específica, se torna fundamental para o dimensionamento dos equipamentos utilizados nos processos que envolvam transferência de calor, a fim de estimar o tempo de processamento e a quantidade de energia envolvida durante os processos térmicos (PEREIRA, 2013). Os modelos matemáticos para predição das propriedades termo físicas evoluíram e representam uma oportunidade significativa de melhorar a eficiência de tratamentos térmicos no processamento de alimentos, além de apresentar um grande potencial para tornar-se uma alternativa viável na substituição da determinação experimental destes parâmetros, o qual pode ser muito dispendioso (EGEA et al., 2015).

O presente trabalho tem como objetivo avaliar o efeito da temperatura na massa específica do suco de toranja.

### Material e Métodos

A matéria-prima utilizada no desenvolvimento desse trabalho consistiu de toranjas (*Citrus paradisi* Macf.) em estágio de

maturação maduras, adquiridas no comércio local da cidade de Campina Grande-PB. As toranjas foram selecionadas, lavadas, higienizadas e sanitizadas em hipoclorito de sódio em solução (200ppm) por 10 minutos. Na Figura 1, pode-se visualizar a toranja utilizada para o desenvolvimento do presente estudo.



Figura 1. Toranjas utilizadas para obtenção do suco.

Para extração do seu suco, foi utilizado um processador doméstico de frutas e em seguida o mesmo foi filtrado. As análises de massa específica do suco com 9,66 °Brix, foram realizadas nas temperaturas de 20, 30, 40 e 50°C fazendo-se o uso de um picnômetro previamente calibrado sendo a temperatura controlada em banho maria. Para o cálculo da massa específica foi utilizada a Equação 1.

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (\text{Eq.1})$$

Em que:  $\rho$  é a massa específica do suco ( $\text{kg}/\text{m}^3$ );  $m$  é a massa do suco (kg);  $V$  é o volume do picnômetro ( $\text{m}^3$ ).

Modelos matemáticos polinomiais (Equação 2, 3 e 4) foram ajustados aos dados experimentais da massa específica do suco de toranja em função da temperatura.

$$\rho = a + bT \quad (\text{Eq. 2})$$

$$\rho = a + bT + dT^2 \quad (\text{Eq. 3})$$

$$\rho = a + bT + dT^2 + eT^3 \quad (\text{Eq. 4})$$

Em que:  $\rho$  é a massa específica do suco ( $\text{kg}/\text{m}^3$ );  $T$  é temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ );  $a, b, d, e$  são os parâmetros dos modelos polinomiais.

O ajuste dos modelos polinomiais aos dados experimentais foi realizado utilizando-se análise de regressão não linear, pelo método Quasi-Newton, com o programa computacional STATISTICA 7.7®. O grau de ajuste de cada modelo foi considerado pela magnitude do coeficiente de determinação ( $R^2$ ).

### Análise estatística

Os resultados obtidos para massa específica do suco de toranja foram submetidos à análise de variância de fator único (ANOVA) de 5% de probabilidade e as respostas qualitativas significativas foram submetidas ao teste de Tukey adotando-se o mesmo nível de 5% de significância. Para o desenvolvimento das análises estatísticas o software ASSISTAT versão 7.0 foi utilizado.

### Resultados e Discussão

Na Tabela 1, estão apresentados os valores médios experimentais da massa específica do suco de toranja nas temperaturas de 20, 30, 40 e 50°C.

Tabela 1. Valores médio da massa específica do suco de toranja em função da temperatura

Temperatura (°C)	Massa específica (Kg/m <sup>3</sup> )
20	1035,82 <sup>a</sup>
30	1033,41 <sup>a</sup>
40	1029,30 <sup>b</sup>
50	1026,64 <sup>c</sup>

Nota: Médias seguidas pela mesma letra sobescrita na mesma coluna não diferem significativamente ao nível de 5%, pelo teste de Tukey.

Verifica-se através da Tabela 1, que ocorre uma redução da massa específica dos sucos de toranja quando se há aumento da temperatura do processo, com redução de 1035,82 para 1026,64 kg/m<sup>3</sup> quando a temperatura varia de 20 para 50°C, respectivamente. Araújo et al. (2002) ao determinarem a massa específica da polpa de cupuaçu integral nas temperaturas de 10, 20, 30, 40 e 50°C, obtiveram valores que variaram de 1034,3 a 1,015,3 kg/m<sup>3</sup>. Pereira et al. (2002) obtiveram para polpa do açaí com 9,7 °Brix, com

massa específica variando de 1022,33 a 1007,17 kg/m<sup>3</sup> para as temperaturas de 10, 20, 30, 40, e 50°C.

Estatisticamente os sucos nas temperaturas de 20 e 30°C não apresentam diferença estatística significativa, no entanto, os valores obtidos para os sucos tratados a 40 e 50°C diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade ( $P > 0,05$ ).

Na Tabela 2, têm-se os valores obtidos para cada parâmetro dos modelos polinomiais e do coeficiente de determinação ( $R^2$ ).

Tabela 2. Ajuste dos modelos matemáticos para o cálculo da massa específica do suco de toranja em função da temperatura

Equação	Parâmetros				
	a	b	d	e	R <sup>2</sup>
$\rho = a + bT$ (1)	1042,37	-0,31650	-	-	0,9949
$\rho = a + bT + dT^2$ (2)	1041,68	-0,27275	-0,00062	-	0,9951
$\rho = a + bT + dT^2 + eT^3$ (3)	1022,94	1,54900	-0,05575	0,00525	1,000

Nota: (1) dois termos; (2) três termos; (3) quatro termos; a, b, d, e – parâmetros dos modelos;  $R^2$  é o coeficiente de determinação.

Observa-se que, os três modelos polinomiais ajustados aos dados experimentais, apresentam coeficientes de determinação ( $R^2$ ) maior que 0,99 ( $R^2 > 0,99$ ). No entanto, o modelo com quatro termos apresenta-se como o de melhor ajuste com maior valor do coeficientes de determinação ( $R^2$ ) 1,000. Dantas et al. (2020) ao também analisarem o ajuste de modelos polinomiais na predição da massa específica da polpa de acerola em função da concentração de sólidos solúveis e da temperatura, concluíram que o modelo de quatro termos também melhor se ajustou. Alves et al. (2016) ao ajustarem modelos polinomiais na predição da massa específica do suco de laranja, determinaram que o modelo com três termos foi o que melhor se ajustou com  $R^2$  de 1,000. Verifica-se também que o parâmetro “a” de todos os modelos reduz quando se tem aumento no número de termos das equações.

Na Figuras 2, 3 e 4, pode-se observar o ajuste dos modelos polinomiais aos dados

experimentais da massa específica do suco de toranja.

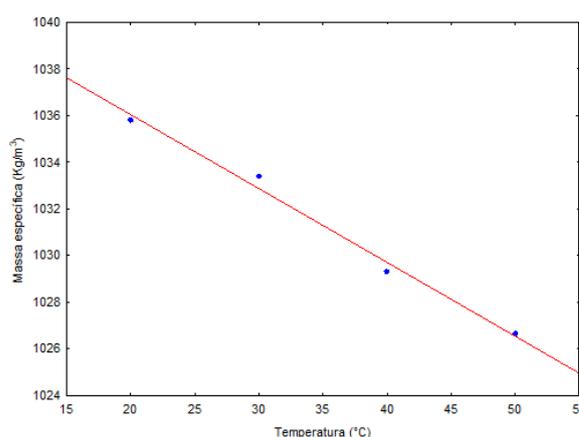


Figura 2. Ajuste do modelo matemático polinomial com dois termos aos dados experimentais de massa específica do suco de toranja.

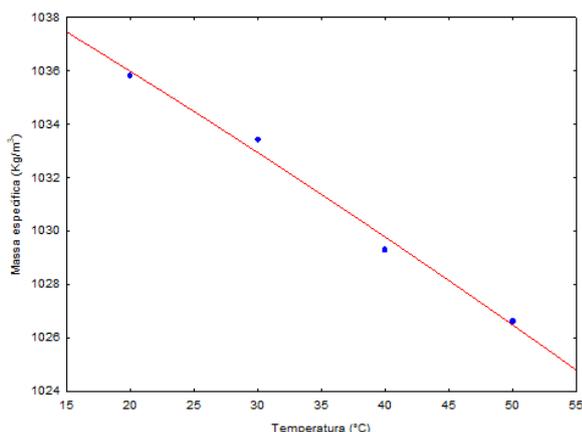


Figura 3. Ajuste do modelo matemático polinomial com três termos aos dados experimentais de massa específica do suco de toranja.

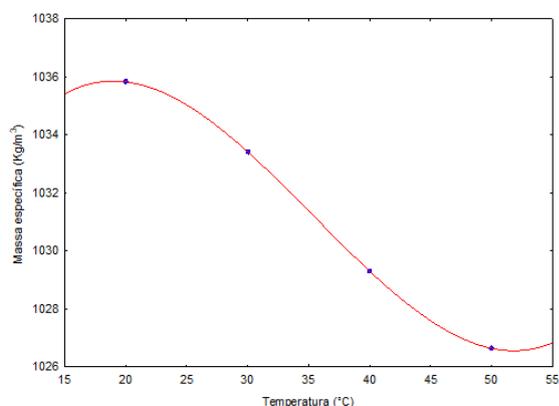


Figura 4. Ajuste do modelo matemático polinomial com quatro termos aos dados experimentais de massa específica do suco de toranja.

Ocorre a redução da massa específica do suco de toranja em função do aumento da temperatura e mesmo comportamento também foi obtido para suco goiaba por Shamsudin et al. (2005) e para suco de maçã por Constenla et al. (1989).

### Conclusão

A massa específica do suco de toranja tendeu a diminuir com o aumento da temperatura, não apresentando diferenças significativas para as temperaturas de 20 e 30°C.

O modelo polinomial que melhor se ajustou aos dados experimentais para as quatro temperaturas foi o de três termos, pois seu coeficiente de determinação ( $R^2$ ) foi igual a 1,0000, embora os demais modelos tenham obtido resultados satisfatórios, sendo o parâmetro “a” influenciado pelo número de termos da equação.

### Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de mestrado e doutorado aos autores.

### Referências

ALVES, M. N. M.; SANTOS, D. A.; MELO, J. C. S.; COSTA, C. H. C.; FEITOSA, R. M. Efeito da temperatura na massa específica do suco da laranja. In: Congresso Brasileiro de Química, 56, 206, Belém. Anais...Belém: ABQ, 2016.

ARAÚJO, J. L.; QUEIROZ, A. J. de M.; FIGUEIRÊDO, R. M. F. Massa específica de polpa de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum Schum.*) sob diferentes temperaturas. Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, v.4, n.2, p.127-134, 2002.

CONSTENLA, D. T.; LOZANO, J. E.; CRAPISTE, G. H. Thermophysical properties of clarified apple juice as function of concentration and temperature. Journal of Food Science, v.54, n.3, p.663-668, 1989.

CYPRIANO, D. Z.; DA SILVA, L. L.; MARIÑO, M. A.; TASIC, L. A Biomassa da laranja e seus subprodutos. Revista Virtual Química, v.9, n.1, p.176-191, 2017.

DANTAS, H. C.; MELO, J. C. S.; OLIVEIRA, R. G. M.; BADARÓ, A. D. S.; SANTOS, E. R. M. Predição da massa específica da polpa de acerola a partir de modelos matemáticos. Revista Brasileira de Gestão Ambiental, v.14, n.1, p.12-16, 2020.

EGEA, M. B.; REIS, M. H. M.; DANESI, E. D. G. Aplicação de modelos matemáticos preditivos para o cálculo das propriedades termo físicas do palmito pupunha. Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, v.17, n.2, p.179-187, 2015.

HUNG, W. L.; SUH, J. H.; WANG, Y. Chemistry and health effects of furanocoumarins in grapefruit. Journal of Food and Drug Analysis, v.25, n.1, p.71-83, 2017.

KIANI, J. E.; IMAM, S. Z. Medicinal importance of grapefruit juice and its interaction with various drugs. Nutrition Journal, v.6, p.1-9, 2007.

PEREIRA, C. G. Propriedades termofísicas e comportamento reológico de polpa de acerola em diferentes concentrações e temperaturas. 135f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos). Universidade Federal de Lavras. Lavras, 2013.

PEREIRA, E. A.; QUEIROZ, A. J. de M.; FIGUEIRÊDO, R. M. F. Massa específica de polpa

de açaí em função do teor de sólidos totais e da temperatura. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.6, n.3, p.526-530, 2002.

RAZAVI, B. M.; HOSSEINZADEH, H. A. Review of the effects of citrus paradise (Grapefruit) and its flavonoids, naringin, and naringenin in metabolic syndrome. *Bioactive Food as Dietary Interventions for Diabetes*, p.515–543, 2019.

SANTOS, L. A.; SANTOS, A. F. M. S.; VALENÇA, R. B.; JUCÁ, J. F. T.; OLIVEIRA, R. M. Production of biogas from orange bagasse. *Ciências Ambientais e Biotecnologia*, v.4, n.3, p.22-27, 2018.

SANTOS, N. C.; DE FARIAS LEITE, D. D.; CÂMARA, G. B.; BARROS, S. L.; DOS SANTOS, F.

S.; DA CUNHA SOARES, T.; VASCONCELOS, U. A. A. Modelagem matemática da cinética de secagem de cascas da toranja (*Citrus paradisi Macf.*). *Research, Society and Development*, v.9, n.1, p.9, 2020.

SEDEN, K.; DICKINSON, L.; KHOO, S.; BACK, D. Grapefruit-drug interactions. *Drugs*, v.70, n.18, p.2373-2407, 2010.

SHAMSUDIN, R.; MOHAMED, I.O.; YAMAN, N.K.M. Thermophysical properties of thai seedless guava juice as affected by temperature and concentration. *Journal of food Engineering*, v.66, n.3, p.395-399, 2005.

### Capítulo 3

## INFLUÊNCIA DO TEMPO DE SECAGEM SOBRE AS PROPRIEDADES FÍSICAS DE *PHASEOLUS LUNATUS*

**Carolina Miranda Gondim<sup>1</sup>**  
**Ana Júlia de Brito Araújo<sup>2</sup>**  
**Semirames do Nascimento Silva<sup>3</sup>**  
**Polyana Barbosa da Silva<sup>4</sup>**  
**Josivanda Palmeira Gomes<sup>5</sup>**

<sup>1</sup>MSc. Profa. UFCG, Cuité-PB, carolinagondim@yahoo.com.br

<sup>2</sup>MSc. Profa. IF Sertão PE, Petrolina-PE, a.juliaaraujo@gmail.com

<sup>3</sup>Doutoranda em Eng. Agrícola, UFCG, Campina Grande-PB, semirames.agroecologia@gmail.com

<sup>4</sup>Doutoranda em Eng. Agrícola, UFCG, Campina Grande-PB, polyanabs@hotmail.com

<sup>5</sup>Dra. Profa. Titular, UFCG, Campina Grande-PB, josivanda@gmail.com

### Introdução

O feijão-fava (*Phaseolus lunatus* L.) é uma leguminosa de ampla distribuição, cultivada em quase todas as regiões do mundo e presente em todos os biomas brasileiros. Apresenta propriedades nutricionais importantes por ser fonte de proteínas, fibras, ferro, manganês, ácido fólico e vitaminas A, B e C, contribuindo como uma importante fonte proteica para diversas comunidades, sobretudo na região semiárida (MORAIS et al., 2017).

O *Phaseolus lunatus*, pertence à família Fabaceae e ao gênero *Phaseolus* tem grande importância econômica no Brasil conforme Santos et al. (2002), mas também no exterior é cultivada em vários países, sendo consumido principalmente nos Estados Unidos, na forma de grãos verdes, enlatados ou congelados, cujo cultivo nessas regiões se deve ao fato do seu alto valor proteico, tanto para a alimentação humana quanto animal. No Brasil, tem grande importância social e econômica, pois é uma das principais leguminosas cultivadas nas regiões semiáridas, devido a rusticidade, com colheitas prolongadas e realizadas no período seco (AZEVEDO et al., 2003). De acordo com dados do IBGE (2017), a região nordeste é a responsável por 92% da produção de feijão-fava no Brasil, com montante anual de 9.330 toneladas, com destaque aos estados do Ceará e Paraíba, responsáveis por 79% da produção total da região, seguidos de Piauí, Pernambuco e Rio Grande do Norte.

A manutenção das propriedades físicas dos grãos depende das condições de beneficiamento, conservação e armazenamento. Logo, conhecer as propriedades físicas dos grãos é de fundamental importância para a

elaboração de projetos, construção e operação de diversos equipamentos utilizados nas principais operações de colheita e pós-colheita (LANARO et al., 2011; OLIVEIRA et al., 2014a; CORADI et al., 2015).

Flutuações de preço de produtos agrícolas, a exemplo da fava, causam ao produtor instabilidade de renda, tornando necessário o armazenamento na fazenda, para uma posterior comercialização seja para outros produtores, consumidores, beneficiadores ou intermediários (DALMORO et al., 2017). Grãos com elevado grau de umidade apresentam atividade respiratória e demais processos metabólicos acelerados, desse modo, há o consumo antecipado de tecidos de reserva, contribuindo para o avanço da deterioração do produto (ULLMANN et al., 2015). Por isso, quando armazenadas com elevados teores de água, tendem a apresentar perda de qualidade, seja fisiológica, física, química ou bioquímica, mais acentuada que quando armazenadas com grau de umidade seguro (ALI et al., 2014).

A redução do teor de água é um dos fatores essenciais que influenciam na variação das propriedades físicas dos materiais vegetais durante a secagem (RESENDE et al., 2005). O conhecimento sobre as propriedades físicas do feijão-fava obtido durante a secagem é de fundamental importância para o manejo correto desta cultura após a colheita a fim de minimizar os custos de produção para maior competitividade e manutenção da qualidade do produto. Informações como tamanho, volume, porosidade e massa específica, entre outras, são ferramentas imprescindíveis no estudo envolvendo transferência de calor e massa e

movimentação de ar em uma massa de grãos (GONELI et al., 2011; MIR et al., 2013).

Elevadas taxas de remoção de água podem prejudicar a qualidade do produto e promover maiores alterações físicas aos grãos. Morais et al. (2013) notaram que, com o aumento da temperatura do ar de secagem houve maior taxa de remoção de água do produto, essa remoção ocorre de forma decrescente devido ao aumento de resistência em transferir a água do interior do produto para a superfície.

Segundo Farias et al. (2018), o teor de água dos produtos agrícolas é um fator importante que determina a variação da porosidade dos grãos, pois grãos com maiores teores de água apresentam uma tensão superficial maior que grãos secos, fato observado na pesquisa, que os grãos com menor temperatura de secagem e conseqüentemente, maior teor de água apresentaram maior porosidade.

A secagem é uma alternativa importante, pois, além de possibilitar uma armazenagem de forma segura, também pode promover alterações nas características físicas por meio da redução do teor de água e mudanças qualitativas indesejáveis, tais como a descoloração, trinca ou quebra dos grãos. Para o projeto de equipamentos para manuseio, transporte, separação, descascamento, secagem, extração mecânica de óleo, armazenamento e outros processos, físicos e mecânicos, as propriedades físicas dos grãos devem ser estudadas, para que se aumente a eficiência destas operações, além de garantir uma conservação adequada ao grão (MALIKE & SAINI, 2016).

Objetiva-se com o presente trabalho avaliar o efeito do tempo de secagem sobre as propriedades físicas de grãos de feijão-fava (*Phaseolus lunatus* L.).

### Material e Métodos

O presente trabalho foi realizado no Laboratório de Processamento e Armazenamento de Produtos Agrícolas da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, campus de Campina Grande. Os grãos de feijão-fava foram adquiridos no comércio local da cidade de Campina Grande, PB.

Os grãos foram submetidos à secagem durante 24 h (tratamento 1- T1) e 48 h (tratamento 2 - T2) a temperatura de 50°C em estufa de circulação de ar, sendo avaliados em relação a suas propriedades físicas: umidade

(%), atividade de água ( $A_w$ ), massa do grão (g), massa de 1000 grãos (g), massa específica real ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ) (Figura 1).

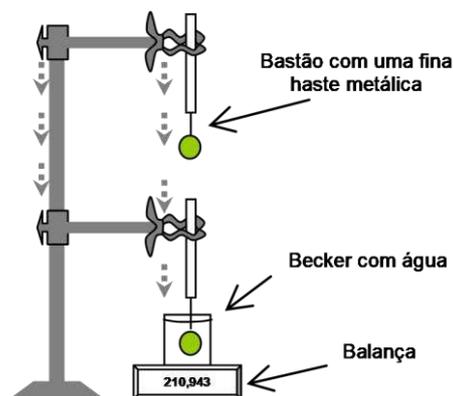


Figura 1. Detalhe exibindo uma forma de adaptação de um suporte para pesagem de um grão submerso. Fonte: Almeida et al. (2006).

Massa específica aparente ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ), volume do grão ( $\text{cm}^3$ ) e ângulo de repouso dinâmico e estático ( $^\circ$ ) (Figuras 2 e 3), seguindo as metodologias descritas por Almeida et al. (2006).



Figura 2. Representação do ângulo de repouso de uma semente. Fonte: Almeida et al. (2006).

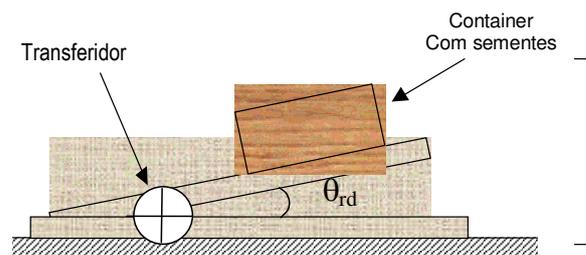


Figura 3. Dispositivo para determinação do ângulo de repouso dinâmico de sementes. Fonte: Almeida et al. (2006).

O teor de umidade foi obtido pelo método de estufa, a  $105 \pm 3^\circ\text{C}$ , durante 24 h e pesados em balança analítica com sensibilidade de 0,001 g (BRASIL, 2009). A atividade de água foi determinada através de leitura direta da amostra, em um analisador de atividade de água, AquaLab, modelo 3TE, da Decagon Device.

O tamanho das sementes foi analisado quanto ao comprimento, largura e espessura com auxílio de paquímetro digital, sendo que "a"

representa o comprimento ou maior eixo, mm; “b” a largura ou eixo médio, mm e “c” a espessura ou menor eixo, mm, conforme metodologia de Mohsenin (1986). A esfericidade foi determinada com auxílio de retroprojektor e paquímetro digital segundo Almeida et al. (2006).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas entre si pelo teste de Tukey a 5% de

probabilidade utilizando-se software estatístico SISVAR versão 5.6.

### Resultados e Discussão

Os resultados obtidos encontram-se dispostos na Tabela 1. A umidade determinada para o grão *in natura* (sem tratamento térmico - T0) apresenta-se superior aos grãos submetidos à secagem de 24 e 48 h, respectivamente.

Tabela 1. Propriedades físicas dos grãos de feijão-fava (*Phaseolus lunatus* L.), nos tratamentos *in natura* (T0), secagem de 24 h (T1) e de 48 h (T2)

Propriedades físicas	In natura (T0)	Secagem 24 h (T1)	Secagem 48 h (T2)	
Umidade (% b.u)*	13,7 ± 0,04 <sup>a</sup>	8,8 ± 0,12 <sup>b</sup>	4,8 ± 0,07 <sup>c</sup>	
Atividade de água (A <sub>w</sub> )	0,67 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,39 ± 0,02 <sup>b</sup>	0,38 ± 0,00 <sup>b</sup>	
Massa do grão (g)	0,85 ± 0,14 <sup>a</sup>	0,75 ± 0,15 <sup>b</sup>	0,72 ± 0,13 <sup>c</sup>	
Massa de 1000 grãos (g)	730,63 ± 4,95 <sup>a</sup>	644,36 ± 11,2 <sup>c</sup>	707,2 ± 4,9 <sup>b</sup>	
Massa específica real (g/cm <sup>3</sup> )	0,14 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,16 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,15 ± 0,01 <sup>a</sup>	
Massa específica aparente (g/cm <sup>3</sup> )	0,72 ± 0,00 <sup>b</sup>	0,80 ± 0,00 <sup>a</sup>	0,71 ± 0,00 <sup>c</sup>	
Volume do grão (cm <sup>3</sup> )	0,71 ± 0,03 <sup>a</sup>	0,64 ± 0,04 <sup>a</sup>	0,63 ± 0,03 <sup>a</sup>	
Ângulo de repouso estático (°)	0,9 ± 0,01 <sup>b</sup>	0,10 ± 0,00 <sup>b</sup>	0,14 ± 0,01 <sup>a</sup>	
Ângulo de repouso dinâmico (°)	38,66 ± 0,94 <sup>b</sup>	47,00 ± 1,63 <sup>a</sup>	47,33 ± 0,47 <sup>a</sup>	
Tamanho	Comprimento (mm)	17,64 ± 0,29 <sup>a</sup>	17,40 ± 0,16 <sup>a</sup>	11,22 ± 0,26 <sup>a</sup>
	Largura (mm)	12,16 ± 0,41 <sup>b</sup>	12,40 ± 0,53 <sup>b</sup>	16,51 ± 0,24 <sup>a</sup>
	Espessura (mm)	6,34 ± 0,64 <sup>a</sup>	7,00 ± 0,70 <sup>a</sup>	6,03 ± 0,11 <sup>a</sup>
Esfericidade (%)	69,15 ± 1,59 <sup>b</sup>	74,03 ± 1,48 <sup>a</sup>	67,47 ± 1,80 <sup>b</sup>	

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. \*b.u: base úmida.

Advíncula et al. (2015) em estudo sobre a qualidade física e morfológica de sementes de feijão-fava, da mesma variedade, encontraram teor de umidade médio de, 10,48%, valor mais baixo do que o encontrado neste estudo para os grãos *in natura*. Lanaro et al. (2011) determinando as propriedades físicas do feijão fradinho, encontraram valor de umidade de 11,9%, também acima do teor encontrado neste estudo.

Silveira et al. (2019) estudaram as características físicas de sementes de feijão-fava oriundas de dois estados (Pernambuco e Paraíba) e observaram que entre as amostras *in natura*, o feijão-fava produzido em Pernambuco apresentou um maior teor de água (64,95%), apresentando também maior atividade de água (0,996). Esses valores são superiores aos verificados na presente pesquisa.

Quanto à atividade de água (A<sub>w</sub>), o valor em T0 apresenta-se superior àqueles encontrados em T1 e T2. No entanto, não ocorre diferença significativa entre estes últimos. Nos três tratamentos os valores para A<sub>w</sub>

apresentam-se dentro da faixa considerada de segurança para a inibição do crescimento de microrganismos, especialmente em T1 e T2, onde os valores estão abaixo de 0,6 (FRANCO & LANDGRAF, 2008). Lanaro et al. (2011), obtiveram valores semelhantes para a A<sub>w</sub> do feijão fradinho, 0,61, quando comparado ao encontrado neste estudo. Todavia, a variação da A<sub>w</sub> em função do teor de umidade obedece a uma maior proporcionalidade.

Para os parâmetros massa do grão e massa de 1000 grãos, observa-se diferença significativa entre os três tratamentos. A massa do grão apresenta como resultados valores decrescentes de T0 a T2. Já para massa de 1000 grãos observa-se T0>T2>T1, ou seja, ocorre uma diminuição mais efetiva na massa após a secagem de 24 h do que na de 48 h. Advíncula et al. (2015) encontraram para a variedade de feijão-fava *in natura*, uma média de 691,30 g para a massa de 1000 grãos, valor abaixo do encontrado nesse estudo para grãos T0, 730,63 g.

Botelho et al. (2015), estudando o efeito da temperatura de secagem sobre grãos de soja, comprovaram que há uma queda significativa na massa de 1000 grãos à medida que a temperatura aumenta, descrevendo uma dependência entre a massa de 1000 grãos e a temperatura do ar de secagem. Fato este também evidenciado por Coradi et al. (2015), ao pesquisarem os efeitos da secagem em sementes de girassol, no qual as temperaturas mais elevadas foram aquelas onde houve uma queda mais significativa na massa dos grãos. Além destes, Araújo et al. (2015), também verificaram a diminuição na massa de 1000 grãos de amendoim em virtude da secagem, nesse caso utilizando uma temperatura de 40°C. Estes últimos, citam ainda que, durante a secagem, ocorre a remoção da água em virtude da diferença da pressão parcial do vapor de água do produto a ser secado e do ar que o envolve, influenciando diretamente na massa dos grãos.

Neste estudo, é possível que o valor da massa de 1000 grãos tenha sido superior em T2 em relação a T1, em virtude da absorção de água pela variação da umidade relativa do ar, uma vez que as análises de 24 e 48 h foram realizadas em dias distintos. Outro ponto a ser considerado seria uma possível absorção de umidade pelo grão após o mesmo ter atingido seu limite mínimo com a secagem de 24 h.

Para massa específica real, constata-se que não ocorre diferença significativa entre os tratamentos. Com relação à massa específica aparente, pode-se observar que o T1 apresenta maior valor que T0 e T2, respectivamente. Na maioria dos produtos agrícolas, os valores da massa específica real e aparente tendem a aumentar com a redução do teor de água (ARAÚJO et al., 2013; JESUS et al., 2013; CORADI et al., 2015). Os valores encontrados nesse experimento, para massa específica aparente das sementes de feijão-fava, no T1 corroboram com tais estudos. A massa específica é uma característica física frequentemente utilizada para se avaliar a qualidade de uma massa de grãos, de modo que, normalmente, quanto maior a sua magnitude, melhor a qualidade do produto (BOTELHO et al., 2015).

De acordo com estudo de Silveira et al. (2019), os valores experimentais da massa específica aparente e real para as sementes de feijão-fava rajada variaram entre 0,49 a 0,58 g.cm<sup>-3</sup> e 0,88 a 1,07 g.cm<sup>-3</sup>, respectivamente, para o teor de água do produto variando de 64,95 a 6,92% (b.u.). Os resultados da massa

específica aparente e real são superiores aos observados para os grãos de feijão-fava, uma vez que os grãos foram submetidos à secagem.

Em relação ao parâmetro volume do grão, verifica-se que não ocorre diferença significativa entre os tratamentos realizados nesse experimento. Para Koç et al. (2008), a alteração do teor de água das sementes, durante a secagem, reduz seu volume e influencia diretamente suas propriedades físicas.

O ângulo de repouso estático apresenta diferença significativa apenas na secagem T2, enquanto o dinâmico apenas em T1. De acordo com Pohndorf et al. (2011), quanto menor for o ângulo de repouso, maior será o volume de grãos que poderão ser armazenados em um silo, com acomodação natural do produto.

O conhecimento do tamanho e a forma dos grãos para cada espécie é importante para construção de equipamentos de beneficiamento de sementes, assim como a porosidade possui influência direta no dimensionamento de ventiladores do sistema de secagem de grãos (SILVEIRA et al., 2019).

Ao analisar o tamanho observa-se que não apresenta diferença significativa para o comprimento e espessura dos grãos de feijão-fava, apenas um aumento na largura após a secagem de 48 h. O fato de a expansão ocorrer de forma mais pronunciada em uma das dimensões está de acordo com o observado por outros autores, tais como Karababa (2006), ao estudar milho de pipoca, grãos de lentilha por Amin et al. (2004), e bambara em Baryeh (2001). Conforme explicam Araújo et al. (2014), na maioria dos produtos agrícolas, os grãos apresentam um encolhimento ligeiramente desuniforme em suas dimensões características durante o processo de secagem, apresentando maior e mais significativa diferença nas dimensões mutuamente perpendiculares entre os grãos após a redução do teor de água. Oliveira et al. (2014b) evidenciam que, o tamanho e a formas dos grãos são características genéticas, porém podem ser influenciadas pelas condições ambientais durante e posteriormente a formação dos mesmos.

Os valores obtidos para a esfericidade apresentam diferença significativa entre os tratamentos T0 e T1, e entre T1 e T2, respectivamente, sendo o maior valor de esfericidade obtido para o T1. Este resultado está de acordo com o observado em relação à variação diferente das dimensões; onde ao diminuir o teor de água o grão de feijão-fava apresenta aumento na largura, ficando mais

esférico. Ao contrário do apresentado para outros grãos, em que o aumento do teor de água resulta em aumento da esfericidade, grão de bico por Isik e Isik (2008), bambara por Baryeh (2001) e milho de pipoca por Karababa (2006).

Saath et al. (2014) analisaram a variação das características biométricas dos grãos de milho de diferentes cultivares e verificaram que embora o fator genético tenha maior impacto, vários outros fatores podem interferir nas dimensões e no peso específico dos grãos, entre eles época de plantio, incidência de luz solar ou sombreamento excessivo na época de floração, temperatura, espaçamento entre plantas, déficit hídrico, deficiência mineral do solo e época de colheita.

### Conclusão

O tempo de secagem influenciou, de maneira distinta, sobre as propriedades físicas dos grãos de feijão-fava.

O tratamento de 24 h foi o que promoveu alterações mais significativas no montante das propriedades físicas, reduzindo umidade, atividade de água, massa do grão e massa de 1000 grãos, aumentou a massa específica aparente, ângulo de repouso estático e dinâmico, comprimento (largura) e esfericidade.

Não houve diferença quanto às propriedades massa específica real, volume e tamanho (comprimento e espessura) em nenhuma das secagens efetuadas.

Tendo-se como base a relação custo-benefício, a secagem por 24 h apresentou resultados mais satisfatórios para o beneficiamento dos grãos de feijão-fava.

### Referências

ADVÍNCULA, T. L.; NADAI, F. B.; NOBRE, D. A. C.; FERREIRA, E. N. M. B.; BRANDÃO JÚNIOR, D. S.; COSTA, C. A. Qualidade física e fisiológica de sementes de *Phaseolus lunatus* L. Revista Brasileira de Ciências Agrárias, v.10, n.3, p.341-346, 2015.

ALI, M. R.; RAHMAN, M. M.; AHAMMAD, K. U. Effect of relative humidity, initial seed moisture content and storage container on soybean (*Glycine max* L. Meril.) seed quality. Bangladesh Journal of Agricultural Research, v.39, n.3, p.461-469, 2014.

ALMEIDA, F. A. C.; DUARTE, M. E. M.; CAVALCANTI-MATA, M. E. R. M. Tecnologia de Armazenagem em Sementes. 1. ed. Campina Grande: Marconi, 2006.

AMIN, M. N.; HOSSAIN, M. A.; ROY, K. C. Effect of moisture content on some physical properties of lentil seeds. Journal of Food Engineering, v.65, p.83-87, 2004.

ARAÚJO, W. D.; GONELI, A. L. D.; SOUZA, C. M. A.; GONÇALVES, A. A.; VILHASANTI, H. C. B. Propriedades físicas dos grãos de amendoim durante a secagem. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.18, n.3, p. 79-286, 2014.

AZEVEDO, M. R. Q. A.; GOUVEIA J. P. G.; TROVÃO, D. M. M.; QUEIROGA, V. P. Influência das embalagens e condições de armazenamento no vigor de sementes de gergelim. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental, v.7, n.3, p.519-524, 2003.

BARYEH, E. A. Physical properties of bambara groundnuts. Journal of Food Engineering, v.47, p.321-326, 2001.

BOTELHO, F. M.; GRANELLA, S. J.; BOTELHO, S. C. C.; GARCIA, T. R. B. Influência da temperatura de secagem sobre as propriedades físicas dos grãos de soja. Engenharia na Agricultura, v.23, n.3, p.212-219, 2015.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para análise de sementes. Brasília: Mapa/ACS, 2009. Disponível em:

<[https://www.abrates.org.br/files/regras\\_analise\\_de\\_sementes.pdf](https://www.abrates.org.br/files/regras_analise_de_sementes.pdf)>. Acesso: 20. fev 2020.

CORADI, P. C.; HELMICH, J. C.; FERNANDES, C. H. P.; PERALTA, C. C. Propriedades físicas de grãos de girassol após secagem. Revista de Ciências Agroambientais, v.13, n.2, p.74-77, 2015.

DALMORO, M.; MEDEIROS, L.; PAULI, J.; AMARANTE, M. V. As lógicas dos produtores invisíveis: significados culturais na produção agrícola familiar. Revista Eletrônica de Administração, v.23, n.3, p.92-115, 2017.

FARIAS, H. F. L.; CAMARGO, F. R. T.; SILVA, I. L.; FARIA, R. C.; MACHADO, V. S.; DEVILLA, I. A. Propriedades físicas, térmicas e aerodinâmicas de grãos de mamona. In: Congresso de Ensino, Pesquisa e Extensão da UEG, 4, 2018, Goiás. Anais... Goiás, 2018.

FRANCO, B. D. G. M.; LANDGRAF, M. Microbiologia dos alimentos. São Paulo: Editora Atheneu, 2008. 192p.

GONELI, A. L. D.; CORRÊA, P. C.; MAGALHÃES, F. E. A.; BAPTESTINI, F. M. Contração volumétrica e forma dos frutos de mamona durante a secagem. Acta Scientiarum Agronomy, v.33, p.1-8, 2011.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção Agrícola Municipal: Área plantada, área colhida, quantidade produzida,

rendimento médio e valor da produção das lavouras temporárias. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br>> Acesso em: 20. fev 2020.

ISIK, E.; ISIK, H. The effect of moisture of organic chickpea (*Cicer arietinum* L.) grain on the physical and mechanical properties. *International Journal of Agricultural Research*, v.3, n.1, p.40-51, 2008.

JESUS, F. F.; SOUZA, R. T. G.; TEIXEIRA, G. C. S.; TEIXEIRA, I. R.; DEVILLA, I. A. Propriedades físicas de sementes de feijão em função de teores de água. *Engenharia na Agricultura*, v.21, n.1, p.9-18, 2013.

KARABABA, E. Physical properties of pop corn kernels. *Journal of Food Engineering*, v.72, p.100-107, 2006.

KOÇ, B.; EREN, I.; ERTEKIN, F. K. Modelling bulk density, porosity and shrinkage of quince during drying: The effect of drying method. *Journal of Food Engineering*, v.85, n.3, p.340-349, 2008.

LANARO, N. D.; BAJAY, L. G.; QUEIROZ, V. M. P.; PINTO, R. C. S.; LEITÃO, I. G. A.; LESSIO B. C.; AUGUSTO, P. E. D. Determinação de propriedades físicas do feijão fradinho. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, v.13, p.27-35, 2011.

MALIKE, M. A.; SAINI, C. S. Engineering properties of sunflower seed: Effect of dehulling and moisture content. *Cogent Food & Agriculture*, v.2, n.1, p.1145783, 2016.

MIR, S. A.; BOSCO, S. J. D.; SUNOOJ, K. V. Evaluation of physical properties of rice cultivars grown in the temperate region of India. *International Food Research Journal*, v.20, p.1521-1527, 2013.

MOHSENIN, N. N. Physical properties of plant and animal materials. New York: Gordon and Breach Science Publisher Inc., 1986. 734p.

MORAIS, S. J. S.; FERREIRA, DEVILLA, I. A.; FERREIRA, D. A.; TEIXEIRA, I. R. Modelagem matemática das curvas de secagem e coeficiente de difusão de grãos de feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). *Revista Ciência Agronômica*, v.44, n.3, p.455-463, 2013.

MORAIS, C. S.; DIAS, T. A. B.; COSTA, S. P. P.; VIEIRA, R. C.; NORONHA, S. E.; BURLE, M. L.

Catálogo de fava (*Phaseolus lunatus* L.): conservada na Embrapa. Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2017. 46p.

OLIVEIRA, D. E. C.; SANTOS, M. N. S.; RUFATTO, S. Forma e tamanho dos grãos de milho da cultivar P3646 submetidos a diferentes condições de ar de secagem. *Revista Nativa*, v.2, n.3, p.162-165, 2014a.

OLIVEIRA, L. C.; COSTA, E.; CARDOSO, E. D.; BINOTTI, F. F. S.; JORGE, M. H. Propriedades físicas de sementes de baru em função da secagem. *Revista de Agricultura Neotropical*, v.1, n.1, p.92-96, 2014b.

POHNDORF, R. S.; KLEIN, B.; NASCIMENTO, B. C.; RUTZ, D.; FOGUESATTO, R. J.; ELIAS, M. C. Influência da umidade e do percentual de grãos quebrados e inteiros no ângulo de repouso de soja. In: Encontro de Pós-Graduação - UFPEL, 13, 2011, Pelotas. Anais... Pelotas, 2011.

RESENDE, O.; CORRÊA, P. C.; GONELI, A. L. D.; CECON, P. R. Forma, tamanho e contração volumétrica do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) durante a secagem. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, v.7, p.15-24, 2005.

SAATH, R.; PEREIRA, J. T. S.; RODRIGUEIRO, G. R. O.; TONON, K. C.; LIMONI, L. H. Biometria em grãos de diferentes cultivares de milho em função do teor de água. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 43, 2014, Campo Grande. Anais...Campo Grande, 2014.

SANTOS, D.; CORLETT, F. M. F.; MENDES, J. E. M. F.; WANDERLEY JÚNIOR, J. S. A. Produtividade e morfologia de vagens e sementes de variedades de fava no Estado da Paraíba. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.37, n.10, p.1407-1412, 2002.

SILVEIRA, D. C.; LEITE, A. C. N.; SANTOS, N. C.; GOMES, J. P. Características físicas de grãos de feijão-fava rajada (*Phaseolus lunatus* L.). *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v.14, n.4, p.518-523, 2019.

ULLMANN, R.; RESENDE, O.; CHAVES, T. H.; OLIVEIRA, D. E. C.; COSTA, L. M. Qualidade fisiológica das sementes de sorgo sacarino submetidas à secagem em diferentes condições de ar. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.19, n.1, p.64-69, 2015.

## Capítulo 4

# EXTRAÇÃO AQUOSA E HIDROALCOÓLICA DE COMPOSTOS BIOATIVOS PRESENTES NA CASCA DE ROMÃ (*Punica granatum L.*)

Virgínia Mirtes de Alcântara Silva<sup>1</sup>

Newton Carlos Santos<sup>2</sup>

Raphael Lucas Jacinto Almeida<sup>3</sup>

Aline Pacheco de Albuquerque<sup>4</sup>

Shênia Santos Monteiro<sup>5</sup>

Victor Herbert de Alcântara Ribeiro<sup>6</sup>

Yolanda Albertina Silva Beserra<sup>7</sup>

<sup>1,6</sup>Doutorandos do Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão de Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, UFCG/CTRN/Campus Campina Grande-PB, virginia.mirtes2015@gmail.com; victor\_herbert@hotmail.com

<sup>2,3</sup>Doutorandos do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, UFRN/CCT/UAEQ/Campus Natal-RN, newtonquimicoindustrial@gmail.com; raphaelqindustrial@gmail.com

<sup>4</sup>Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, UFCG/CTRN/Campus Campina Grande-PB, aline-quimicaindustrial@gmail.com

<sup>5</sup>Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, UFCG/CTRN/Campus Campina Grande-PB, shenia-monteiro@hotmail.com

<sup>7</sup>Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Campina Grande, UFCG/CTRN/Campus Campina Grande-PB, yolanda.beserra@hotmail.com

### Introdução

O Brasil é um país bastante promissor em termos de acesso de cultivo de inúmeras espécies frutíferas, isso se deve a posição geográfica que se destaca quando comparada com alguns outros países (SANTOS et al., 2018).

O consumo de frutas apresenta elevada aceitabilidade devido suas características sensoriais de aroma e sabor característicos, todavia, o consumo das mesmas também está associado ao alto grau de perecibilidade pós-colheita, restringindo, portanto, a sua comercialização ao natural e limitando a exploração do seu potencial econômico (ROCHA et al., 2020).

Segundo Durante et al. (2017), além das perdas pós-colheita na manipulação e processamento de frutas e vegetais são gerados diversos resíduos agroindustriais, como sementes, folhas, cascas, caules, raízes, dentre outros, partes estas, que são por sua vez ricos em carboidratos, proteínas, lipídeos e compostos bioativos, apresentando uma série de benefícios quando consumidas.

A romã tem ganhado grande destaque mundial, é uma fruta arbórea sendo também cultivada em jardins como uma planta ornamental e usada na indústria química na fabricação de tintas. Além disso, a romã é uma fruta considerada medicinal devido às

características devido as diversas propriedades nutracêuticas, funcionais e medicinais presente em várias partes do fruto. Suas folhas e sementes são ricas em ácido púrico, responsável por tratar diversos problemas de saúde, como, faringites, laringites, bronquites. A casca é a parte da fruta com altos níveis de minerais (potássio, cálcio, fósforo, magnésio e sódio), polissacarídeos complexos, e compostos bioativos (fenóis, taninos, flavonoides, punicalaginas e seus isômeros, ácido galáctico, elágico ácido e glicosídeos do ácido elágico) (TAKATA et al., 2014; JALAL et al., 2018; SHIMIZU et al., 2020).

Eikaniet al. (2012), afirmam em seu estudo que a romã (*Punica granatum L.*) é um exemplo de fruto que vem sendo bastante utilizado para elaboração de extratos a partir de seus resíduos.

De acordo com Amygialaki et al. (2014), apesar de alguns resíduos poderem ser utilizados seguindo processamento mínimo, a utilização desses para a elaboração de extratos contendo uma classe específica de fitoquímicos são os preferidos. Esses extratos possuem características próprias que podem ser de grande importância no aumento da qualidade de determinados produtos alimentícios quando adicionados a estes.

Segundo Rodrigues et al. (2018), deve-se considerar a diversidade química dos compostos fenólicos, com diferentes solventes que podem ser empregados no processo de extração e várias metodologias analíticas podem ser utilizadas no processo de quantificação dos mesmos. Pesquisa desenvolvida por Santos et al. (2016), ressalta que, além das tentativas de validar métodos de extração com diferentes solventes, afim de se obter melhores resultados, é possível reaproveitar os resíduos de materiais vegetais, incluindo frutos, folhas e cascas, como fontes desses antioxidantes.

Portanto, o presente estudo tem como objetivo a obtenção de extratos aquoso e hidroalcolico da casca de romã, visando analisar seus compostos bioativos, com o intuito de avaliar e ressaltar a importância do aproveitamento de resíduos rico em componentes com características nutracêuticas benéficas para a saúde.

## Material e Métodos

Esta pesquisa foi realizada no Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas (LAPPA) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), campus Campina Grande-PB.

A matéria-prima utilizada no desenvolvimento desse trabalho consistiu de romã (*Punica granatum*) em estágio de maturação maduras, adquiridas no comércio local da cidade de Campina Grande-PB. As romãs foram selecionadas, lavadas, higienizadas e sanitizadas com solução de hipoclorito de sódio (200ppm) por 10 minutos, para completa sanitização, sendo em seguida enxaguadas e secas com papel toalha, as sementes foram removidas e armazenadas à -18°C e as cascas foram submetidas as extrações para análises de compostos bioativos.

Na Figura 1, consta o fruto da romãzeira indicando as suas respectivas frações cascas e sementes.

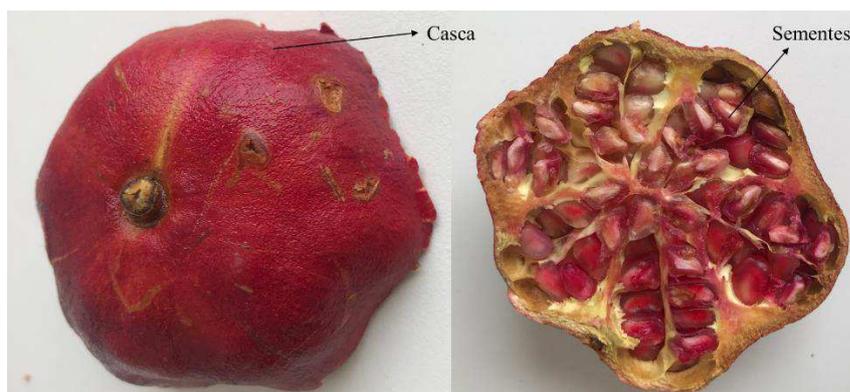


Figura 1. Fruto da romãzeira com indicações de suas frações casca e sementes.

Com auxílio de uma faca doméstica as sementes foram removidas e armazenadas à -18°C e as cascas foram submetidas as análises de compostos bioativos.

### Preparo dos extratos

A fim de se analisar a extração dos compostos bioativos na casca da romã *in natura* foram utilizados dois solventes de polaridades distintas, água e etanol 70%. Para determinação dos compostos fenólicos totais os extratos foram preparados a partir da diluição de 1g de amostra em 50 mL de água destilada ou etanol 70% e deixados em repouso por 30 min. Na análise de taninos totais foi pesado 5g da amostra, adicionado 50 mL de água (extrato aquoso) ou etanol 70% (extrato hidroalcolico) e levado ao shaker a temperatura de 25°C e velocidade de 100 rpm por 2 horas. Em seguida foi feita a filtração em papel quantitativo e

transferido para um Becker de 100 mL, logo após foi levado à estufa de circulação de ar forçada na temperatura de 40°C, até que evaporasse completamente o solvente (PANSERA et al., 2003) com adaptações.

### Determinação dos compostos bioativos

Os compostos fenólicos totais foram quantificados a partir do método de Folin-Ciocalteu descrito por Waterhouse (2006), utilizando ácido gálico como padrão com os resultados expressos em mg GAE/100g.

Os taninos totais foram determinados através de uma diluição com 125 mg de extrato e 250 mL de água destilada ou etanol 70% para se obter as curvas analíticas lineares segundo o estudo de Pansera et al. (2003) com adaptações.

As antocianinas totais presentes na casca da romã foram determinadas o método do pH único descrito por Francis (1982).

*Análise estatística*

Os resultados obtidos para massa específica do suco de toranja foram submetidos à análise de variância de fator único (ANOVA) de 5% de probabilidade e as respostas qualitativas significativas foram submetidas ao teste de Tukey adotando-se o mesmo nível de 5% de significância. Para o desenvolvimento das

análises estatísticas o software ASSISTAT versão 7.0 foi utilizado.

**Resultados e Discussão**

Na Tabela 1, constam os valores médios obtidos para os teores de compostos fenólicos totais em extratos obtidos da casca da romã de polaridades distintas (aquoso e hidroalcolico).

Tabela 1. Compostos fenólicos totais dos extratos obtidos das cascas da romã

Extrato	Compostos fenólicos totais (mg GAE/100g)
Aquoso	688,04 ± 31,67 <sup>a</sup>
Hidroalcolico	590,71 ± 23,18 <sup>b</sup>

Nota: Médias seguidas pela mesma letra sobescrita na mesma coluna não diferem significativamente ao nível de 5%, pelo teste de Tukey.

Os dados obtidos ressaltam que o solvente utilizado na extração dos compostos fenólicos totais apresentou influência sofrida pelo solvente utilizado, conforme citado anteriormente por Rodrigues et al. (2018).

Os resultados da comparação média destacam que, a extração aquosa dos compostos fenólicos da casca de romã apresenta-se significativamente maior do que a extração hidroalcolico. A capacidade de diferentes solventes na extração de compostos fenólicos em casca de romã foi pesquisada por Kumar e Neeraj (2018) onde observaram a maior atividade fenólica (453,703 ± 0,45 mg/g) no extrato aquoso obtido da casca de romã *Ganesh* liofilizada, em conformidade ao encontrado nesse estudo. A atividade fenólica de um vegetal pode mudar dependendo das partes da fruta que foram analisadas, da sua variedade, do solvente utilizado na de extração, devido as diferenças de polaridades dos mesmo, podendo

depende ainda da razão solvente/amostra, tamanho das partículas e temperatura de extração do processo (QU et al., 2010).

Em termos comparativos a estudos conduzidos diretamente na casca da romã, Türkyilmaz et al. (2017) observaram uma maior atividade fenólica (152 ± 0,83 g/kg dm) do que quando foram determinadas no extrato utilizando com solvente a acetona. Esse estudo mostra que o solvente aquoso é um solvente em potencial para extração de compostos fenólicos. Outros pesquisadores concluíram que o metanol, o etanol e a água são solventes em potencial utilizados para a recuperação de compostos fenólicos (KUMAR et al., 2020; THOURI et al., 2017).

Na Tabela 2, estão presentes os valores médios obtidos para os teores de taninos nos extratos aquoso e hidroalcolico da casca de romã.

Tabela 2. Taninos toais da casca da romã na extração com solventes de polaridades distintas

Extrato	Taninos totais (mg/100g)
Aquoso	20,32 ± 1,02 <sup>a</sup>
Hidro alcóolico	17,18 ± 0,96 <sup>b</sup>

Nota: Médias seguidas pela mesma letra sobescrita na mesma coluna não diferem significativamente ao nível de 5%, pelo teste de Tukey.

O solvente aquoso apresenta-se significativamente mais eficiente na extração de taninos totais. A capacidade do solvente aquoso na maior extração de taninos apresentou resultados de acordo com os resultados relatados nesse estudo para os compostos fenólicos, uma vez que os taninos são uma classe dos mesmos. No entanto, estudos demonstram o interesse no aperfeiçoamento de técnicas de

extração e separação de compostos de interesse, de acordo com os requisitos de produção e qualidade da indústria de alimentos, produtos farmacêuticos e cosméticos devem ser realizados (ALEXANDRE et al., 2017).

De acordo com Fannema et al. (2010) e Santos et al. (2020), as antocianinas são pigmentos relativamente instáveis, sendo que sua maior estabilidade ocorre sob condições

ácidas, e o seu conhecimento químico pode ser usado para que se minimize a degradação por meio da seleção adequada de processos e pigmentos específicos para as aplicações pretendidas.

A determinação de antocianinas presentes na casca da romã apresenta um valor médio de 13,46 mg/100g. Valores inferiores ao do presente estudo foram quantificados por Teixeira et al. (2008) que obtiveram 12,67 mg/100g na casca da romã. Almeida et al. (2020) obtiveram valores superiores ao do presente estudo para cascas de jabuticaba 31,45 mg/100g. Logo, vale salientar que as propriedades presentes na composição de alimentos podem divergir baseado em diferentes fatores como tipo de solo, cultivo, condições climáticas, dentre outros.

### Conclusão

O uso de extratos com diferentes polaridades (aquoso e hidroalcolólico) obtidos da casca de romã mostrou-se viável e eficiente para obtenção de compostos bioativos, sendo uma operação unitária de baixo custo, visando o aproveitamento de um resíduo.

De acordo com os resultados obtidos pode-se considerar que os extratos analisados são fonte de compostos fenólicos e taninos, apresentando ainda teores de antocianinas em sua casca.

O estudo em questão ressalta que o reaproveitamento deste resíduo pode ser uma excelente alternativa para compor o emprego de novos processos que possam agregar valor à subprodutos gerados a partir de frutas, bem como a preocupação com uma alimentação mais saudável, aliada à diversidade de pesquisas na área agroindustrial, despertando um perfil mais inovador ao mercado de alimentos associado a importância econômica para região.

### Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão das bolsas de mestrado e doutorado aos autores.

### Referências

ALEXANDRE, E. M.; ARAÚJO, P.; DUARTE, M. F.; DE FREITAS, V.; PINTADO, M.; SARAIVA, J. A. Experimental design, modeling, and optimization of high-pressure-assisted extraction of bioactive compounds from

pomegranate peel. *Food and Bioprocess Technology*, v.10, n.5, p.886-900, 2017.

ALMEIDA, R. L. J.; SANTOS, N. C.; SANTOS PEREIRA, T.; DE ALCÂNTARA SILVA, V. M.; CABRAL, M. B.; BARROS, E. R.; DA SILVA, L. R. I. Determination of bioactive compounds and physicochemical composition of jabuticaba bark flour obtained by convective drying and lyophilization. *Research, Society and Development*, v.9, n.1, p.157911876, 2020.

AMYRGIALAKI, E.; MAKRIS, D. P.; MAUROMOUSTAKOS, A.; KEFALAS, P. Optimisation of the extraction of pomegranate (*Punica granatum*) husk phenolics using water/ethanol solvent systems and response surface methodology. *Industrial Crops and Products*, v.59, p.216-222, 2014.

DURANTE, M.; MONTEFUSCO, A.; MARRESE, P. P.; SOCCIO, M.; PASTORE, D.; PIRO, G.; LENUCCI, M. S. Seeds of pomegranate, tomato and grapes: An underestimated source of natural bioactive molecules and antioxidants from agri-food by-products. *Journal of Food Composition and Analysis*, v.63, p 65-72, 2017.

EIKANI, M. H.; GOLMOHAMMAD, F.; HOMAMI, S. S. Extraction of pomegranate (*Punica granatum* L.) seed oil using superheated hexane. *Food and Bioprocess Technology*, v.90, n.1, p.32-36, 2012.

FENNEMA, O. R.; DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L. *Química de Alimentos de Fennema*. Editorial Acirbia, Espanha, 2010. 1258p.

FRANCIS, F. J. Analysis of anthocyanins. *Anthocyanins as Food Colors*, v.1, p.181-207, 1982.

JALAL, H.; PAL, M. A.; AHMAD, S. R.; RATHER, M.; ANDRABI, M.; HAMDANI, S. Physico-chemical and functional properties of pomegranate peel and seed powder. *The Pharma Innovation Journal*, v.7, n.4, p.1127-1131, 2018.

TAKATA, W.; SILVA, E. G.; CORSATO, J. M.; FERREIRA, G. Germinação de sementes de romãzeiras (*Punica granatum* L.) de acordo com a concentração de giberelina. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.36, n.1, p.254-260, 2014.

KUMAR, N.; NEERAJ. Study on physico-chemical and antioxidant properties of pomegranate peel. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, v.7, n.3, p.2141-2147, 2018.

KUMAR, N.; PRATIBHA, N.; SHARMA, S. K. Effect of solvents on physicochemical properties of freeze-dry romã seed (Cv. Bhagwa). *International Journal of Fruit Science*, sn., p.1-15, 2020.

PANSERA, M. R.; SANTOS, A. C.; PAESE, K.; WASUM, R.; ROSSATO, M.; ROTA, L. D.;

PAULETTI, G. F.; SERAFINI, L. A. Análise de taninos totais em plantas aromáticas e medicinais cultivadas no nordeste do Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, v.13, n.1, p.17-22, 2003.

QU, W.; PAN, Z.; MA, H. Extraction modeling and activities of antioxidants from pomegranate marc. *Journal of Food Engineering*, v.99, n.1, p.16-23, 2010.

SANTOS, E. F.; DE ARAÚJO, R. R.; DE LEMOS, E. E. P.; ENDRES, L. Quantificação de compostos bioativos em frutos de umbu (*Spondias tuberosa* Arr. Câm.) e cajá (*Spondias mombin* L.) nativos de Alagoas. *Revista Ciência Agrícola*, v.16, n.1, p.21-29, 2018.

SANTOS, N. C.; BARROS, S. L.; ALMEIDA, R. L. J.; MONTEIRO, S. S.; NASCIMENTOS, A. P. S.; SILVA, V. M. A.; GOMES, J. P.; LUIZ, M. R.; VIEIRA, D. M. Avaliação da degradação dos compostos bioativos do fruto physalis (*P. peruviana*) durante o processo de secagem. *Research, Society and Development*, v.9, n.1, p.e102911678, 2020.

ROCHA, A. M.; COSTA, S. C.; LIMA, T. S.; SILVA, A. F.; BARÃO, C. E.; PIMENTEL, T. C. USHIROBIRA-ANTONELLI, T. M.; MARCOLINE, V. A. Aplicação do biopolímero de amido de cassava e amido de milho na conservação pós-colheita de guava. *Brazilian Journal of Development*, v.6, n.2, p.6658-6680, 2020.

RODRIGUES, L. A. N.; BELISÁRIO, C. M.; CASTRO, C. F. S.; RODRIGUES, T. G. C.; FERREIRA, A. A. R. Fenólicos totais e capacidade antioxidante de

extratos de casca, folhas e frutos do Miricizeiro. *Tecnologia & Ciência e Agropecuária*, v.12, n.5, p.55-60, 2018.

SANTOS, M. A. I.; SIMÃO, A. A.; MARQUES, T. R.; SACKZ, A. A.; CORRÊA, A. D. Efeito de diferentes métodos de extração sobre a atividade antioxidante e o perfil de compostos fenólicos da folha de mandioca. *Brazilian Journal Food Technology*, v.19, e2015067, 2016.

SHIMIZU, G. D.; PAULA, J. C. B.; NEVES, C. S. V. J.; PACHECO, C. A. Quality of pomegranate peel cultivar Valenciana as determined by different drying methods. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.42, n.2, e-431, 2020.

TEIXEIRA, L. N.; STRINGHETA, P. C.; OLIVEIRA, F. A. Comparação de métodos para quantificação de antocianinas. *Revista Ceres*, v.55, n.4, p.297-304, 2008.

THOURI, A. H.; CHAHDOURA, A. E.; AREM, A. O.; HICHRI, R. B.; HASSIN, E. L. ACHOUR. Effect of solvents extraction on phytochemical components and biological activities of Tunisian date seeds (var. Korkobbi and Arechti). *BMC Complement Altern. Med.*, v.17, n.248, p.1-10, 2017.

TÜRKYILMAZ, M.; TAĞI, Ş.; ÖZKAN, M. Effects of extraction solvents on polyphenol contents, antioxidant and antibacterial activities of pomegranate parts. *Academic Food Journal/Akademik GIDA*, v.15, n.2, 2017.

WATERHOUSE, A. Folin-ciocalteau micro method for total phenol in wine. *American Journal of Enology and Viticulture*, p.3-5, 2006.

## Capítulo 5

# LIOFILIZAÇÃO DE POLPA DE SERIGUELA (*Spondias purpúrea*) COM ADIÇÃO DE CULTURA PROBIÓTICA

**Jonas Leite Cavalcante Neto<sup>1</sup>**  
**Thais Jaciane Araujo Rodrigues<sup>2</sup>**  
**Aline Pacheco Albuquerque<sup>3</sup>**  
**Yolanda Albertina Silva Beserra<sup>4</sup>**  
**Layanne Rodrigues da Silva<sup>5</sup>**  
**Matheus Augusto de Bittencourt Pasquali<sup>6</sup>**  
**Ana Paula Trindade Rocha<sup>7</sup>**

<sup>1</sup>Acadêmico de Engenharia de Alimentos, UFCG/CTRN/Campus Campina Grande, jonasleite3@hotmail.com

<sup>2,3</sup>Pós-graduando em Engenharia Agrícola, UFCG/CTRN/Campus Campina Grande, thaisjaraujo@hotmail.com; aline-quimicaindustrial@hotmail.com

<sup>4,5</sup>Pós-graduando em Engenharia de Alimentos UFCG/CTRN/Campus Campina Grande, yolanda.beserra@hotmail.com; laayanne@hotmail.com

<sup>6,7</sup>Professor Adjunto UFCG/CTRN/UEAli/Campus Campina Grande, matheuspasquali@gmail.com; ana\_trindade@yahoo.com.br

### Introdução

As frutas do gênero *Spondias* apresentam importância econômica significativa para o Nordeste do Brasil. Nas regiões Norte e Nordeste encontram-se inúmeras frutas nativas e exóticas pouco conhecidas e exploradas fora de suas áreas de produção, a exemplo da seriguela (*Spondias purpúrea* L.), com potencial para o consumo como fruta fresca ou processada. A seriguela, também chamada siriguela, ceriguela, ou ciriguela é uma árvore da família das anacardiáceas, possui porte médio podendo atingir até 6 metros de altura. Devido ao seu excelente sabor e odor atrativo, o fruto vem sendo explorado cada vez mais, tanto na forma de polpas industriais quanto na elaboração de novos produtos (SOARES, 2011; NEGRI et al., 2017).

Apesar de possuir uma grande aceitação no mercado, por ser um fruto climatérico torna-se muito perecível acarretando em grandes perdas no período após a safra, sendo assim, um possível processamento que pode ser realizado a fim de agregar valor para esse fruto é a associação de microrganismo probiótico a polpa da seriguela, uma vez que, atualmente existe um grande interesse no desenvolvimento de alimentos denominados funcionais (TRIPATHI & GIRI, 2014).

As bactérias mais utilizadas em alimentos probióticos são pertencentes aos gêneros *Lactobacillus* e *Bifidobacterium*, ambos, naturalmente presente no intestino humano e

considerados seguros para consumo (TRIPATHI & GIRI, 2014; ANVISA, 2019). A ingestão de micro-organismos probióticos vem sendo estudada atualmente, uma vez que, vem sendo demonstrado que a microbiota presente na flora intestinal concebe diversos efeitos benéficos para a saúde humana principalmente quando estão em condições adequadas de concentração (HUANG et al., 2016).

Visando aumentar o prazo de armazenamento e conseqüentemente o tempo de prateleira, a preservação de polpas de frutas probiótica através de técnicas de secagem pode ser utilizada como uma excelente alternativa industrial (TONTUL & TOPUZ, 2017), tanto para manutenção da viabilidade dos microrganismos durante o armazenamento prolongado (BROECKX et al., 2016) quanto das propriedades funcionais nutricionais; uma vez que se pode encapsular as células probióticas após a desidratação, protegendo-as contra condições adversas durante a estocagem (HUANG et al., 2016).

Como alternativa ao suprimento da demanda e garantia de comercialização e estocagem do fruto em períodos de entressafra, o processo de liofilização foi adotado com o intuito de inibir reações de alterações químicas favorecendo a retenção de componentes aromáticos voláteis, disponibilizando ao mercado consumidor um produto estável e seguro. Ao liofilizar um produto ocorre a perda de água do mesmo, resultando assim em uma concentração e melhoria das propriedades

nutricionais e de qualidade, por utilizar temperatura baixas (negativas) que conseguem conservar a grande maioria dos compostos presentes na estrutura do produto *in natura*, além da obtenção de um pó com higroscopicidade ideal a reidratação fácil e rápida (DUARTE et al., 2017; LAMEIRO et al., 2019).

Sendo assim, em termos científicos e tecnológicos a execução do presente trabalho tem como principal objetivo a obtenção da polpa de seriguela probiótica em pó utilizando a secagem por liofilização, buscando um adjuvante de secagem que propicie a melhor conservação das propriedades nutricionais e preservem as características de um alimento probiótico.

## Material e Métodos

### Matéria-prima

Foram utilizados frutos de seriguela em estágio de maturação maduro, provenientes do cariri paraibano, cultura comercial probiótica liofilizada de *Bifidobacterium animalis* ssp. lactis (DELVO®PRO LAFTI B94), como adjuvantes de secagem utilizou-se maltodextrina de dextrose equivalente (DE 10) e goma arábica.

### Processamento da seriguela para obtenção da polpa

Inicialmente os frutos foram recepcionados, selecionados e pesados para posterior higienização. Estes foram submetidos a uma lavagem com água corrente, visando remover sujidades e materiais estranhos, sendo sanitizados logo após em solução de hipoclorito de sódio, a 50 ppm de cloro ativo, por 15 minutos e, posteriormente, enxaguados em água corrente a fim de se retirar o excesso da solução. Após a higienização obtenção da polpa de seriguela foi realizada em despulpadeira horizontal de aço inoxidável. A polpa obtida foi armazenada em garrafas plásticas de polietileno e estocada em freezer vertical, a -18°C, para posterior realização das análises químicas e físico-químicas.

Após o processo de despulpagem foram contabilizados os rendimentos e perdas como consta na Tabela 1.

Tabela 1. Rendimento total

Frutos da seriguela	
Peso total	100%
Polpa total	68,8%
Resíduos	25,5%
Perdas	5,7%

### Inoculação do micro-organismo polpa

A cultura probiótica comercial foi adicionada polpa de seriguela em uma concentração de 1% (m/m), conforme método de Paim et al. (2016). O micro-organismo foi incubado em pH inicial ajustado para 7, com NaOH, visto que esta base é considerada um aditivo alimentar com função de reguladora da acidez (ANVISA, 2007), foi utilizada uma temperatura de incubação de 37°C por um período de 24 horas. Salienta-se que testes preliminares foram realizados para ajustes de metodologia.

### Número de células viáveis

A contagem do micro-organismo probiótico foi realizado a partir da diluição seriada em água peptonada 1% (m/v) de acordo com metodologia da International Dairy Federation (ISO 20128 | IDF 192, 2006). O plaqueamento foi realizado em placas de Petri por inoculação em profundidade em ágar MRS, adicionado de L-cisteína a 0,05% (m/v) com adição de sobrecamada (DE MAN et al., 1960), incubadas a 37°C por 72 horas em jarras de anaerobiose contendo sistema de remoção de oxigênio, seguida da contagem de unidades formadoras de colônia (UFC), comprometida entre  $10^8$  e  $10^9$  para enquadramento como alimento funcional.

### Potencial antioxidante reativo total (TRAP) e reatividade antioxidante total (TAR) da polpa integral e probiótica

A Solução AAPH (concentração final de 120 mM) foi preparada adicionando o reagente AAPH em tampão de glicina 100 mM, pH 8,6 (20 mL de volume final), seguido pela adição de luminol (4 µL, concentração final de 0,001 mM) no escuro. Diferentes concentrações de blendas foram adicionadas, e a luminescência produzida pelo radical livre a reação foi quantificada em um contador de cintiladores líquidos (Wallac 1409, Perkin-Elmer, Boston, MA, EUA) por 2 h. Os dados foram transformados em a área sob curva (AUC) usando o software (GraphPad software © San Diego, CA, EUA; versão 5.0). A reatividade total antioxidante (TAR) foram obtidas na mesma experiência. Estes resultados foram calculados como a razão da luz intensidade na ausência de amostras (I0) / intensidade luminosa após adição de mistura (MORESCO et al., 2017).

*Viabilidade da polpa probiótica liofilizada durante armazenamento*

Para a avaliação da viabilidade da polpa probiótica, a mesma foi submetida ao armazenamento sob refrigeração ( $4 \pm 2^\circ\text{C}$ ) por 28 dias, sendo analisadas após 1, 7, 14, 21 e 28 dias, onde o acompanhamento da estabilidade da bactéria probiótica foi efetuado na polpa de seriguela probiótica e no meio controle, composto por meio de cultura Man Rogosa Sharpe- MRS, com adição de L-cisteína 0,05%. Para obtenção dos parâmetros de pH, acidez, sólidos solúveis totais ( $^\circ\text{Brix}$ ) foram utilizadas as metodologias propostas por Zenebon et al. (2008), bem como o acompanhamento da contagem das culturas probióticas através do número de células viáveis seguindo a

metodologia proposta por International Dairy Federation (ISO 20128 | IDF 192, 2006.).

*Obtenção da polpa de seriguela probiótica em pó*  
O liofilizador utilizado foi o modelo ALPHA 1-2 LD plus. Inicialmente a polpa probiótica foi distribuída em bandejas e previamente congelada em freezer a  $-18^\circ$  por 48h. Decorrido esse período as amostras foram desidratadas durante 48h em liofilizador.

Os ensaios de secagem foram realizados conforme as formulações elaboradas, como mostra a Tabela 2, com as concentrações de maltodextrina e goma arábica correspondentes, além da formulação controle, onde não houve a adição de nenhum adjuvante de secagem.

Tabela 2. Formulações para ensaios de secagem

Formulação	Maltodextrina	Goma Arábica
Controle	-	-
3M	3%	-
6M	6%	-
9M	9%	-
3G	-	3%
6G	-	6%
9G	-	9%

*Caracterização físico-química e química da polpa da seriguela integral e probiótica e da polpa probiótica em pó*

As amostras foram caracterizadas quanto aos parâmetros físico-químicos e químicos de: pH, acidez, sólidos solúveis totais, teor de água, sólidos totais, carboidratos redutores, compostos fenólicos e teor de ácido ascórbico. Todas as análises foram realizadas em triplicata.

Os procedimentos analíticos realizados conforme as instruções Associação Oficial de Análises Químicas (ZENEBO et al., 2008) foram as análises de: pH, acidez, sólidos solúveis totais, teor de água e sólidos totais. Já as análise de carboidratos redutores, com base no método proposto por Miller (1959), o teor de ácido ascórbico conforme metodologia descrita por Keller e Schwager (1977), a obtenção do teor de compostos fenólicos totais de acordo com método descrito por Singleton e Rossi (1965) utilizando o reagente Folin-Ciocalteu e o teor de carotenoides totais segundo Lichtenthaler (1987).

*Análise estatística*

Os dados das caracterizações, químicas e físico-químicas foram submetidos ao delineamento

inteiramente casualizado e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando o programa Assistat versão 7.7 beta.

**Resultados e Discussão***Caracterização físico-química e química da polpa da seriguela integral e probiótica*

Na Tabela 3 encontram-se os valores obtidos para os parâmetros físico-químicos e químicos da polpa de seriguela integral e probiótica.

O pH da polpa integral quantifica-se em 3,5, estudo conduzido por Gondim et al. (2013) ao avaliarem frutos de umbu-cajá pertencentes ao mesmo gênero da polpa em análise determinaram um valor médio de 3,40, sendo atribuída classificação de ácido em ambos. Esse comportamento no aumento do pH e na redução da acidez titulável total ao comparar-se a polpa integral com a polpa probiótica também se observa no estudo de Nogueira et al. (2018) ao elaborar e avaliar um frozen yogurt com polpa de laranjinha de pacu concentrada e culturas probióticas liofilizadas (*Lactobacillus acidophilus* e *Bifidobacterium* sp.). O pH da laranjinha de pacu foi inferior ao encontrado nesse estudo 3,19 e o alimento probiótico

elaborado apresenta-se com valor de 4,32, como variação na acidez titulável de 4,94% para 1,18% ressalta-se que mesmo a polpa comparada apresentar características semelhantes a polpa em questão o produto probiótico elaborado diverge com relação a uma das culturas probióticas utilizadas e a matriz por tratar-se da utilização de alimento de origem vegetal (leite).

A alteração verificada no pH da polpa probiótica resulta da necessidade no ajuste do mesmo na polpa integral para conceber um meio propício ao desenvolvimento da bactéria,

tendo em vista que a mesma se desenvolve em pH próximo da neutralidade. O pH final da polpa probiótica é de 5,2, valor esse justificado pela atuação da bactéria que ao se desenvolver gera um declínio no pH do meio.

O comportamento inverso é constatado na acidez, por se tratar de um parâmetro inversamente proporcional ao pH, onde segundo Gallina, Ormenese e Garcia (2018), a baixa acidez favorece a aceitabilidade do produto e ocasiona um menor decréscimo da viabilidade de microrganismos probióticos.

Tabela 3. Caracterização físico-química da polpa integral e probiótica de seriguela

Parâmetro	Polpa de seriguela integral	Polpa de seriguela probiótica
pH	3,50	5,20
AT (% C <sub>6</sub> H <sub>8</sub> O <sub>7</sub> )	1,825	0,276
SST (°Brix)	19,40	17,10
TA (%)	77,74	77,10
TS (%)	22,26	22,90
TF (mg/100mL)	9,06	8,19
CR (mg/100mL)	4,46	3,15
AA (mg/100ml)	15,28	15,05
NCV (UFC/mL)	NA*	2,55E+10

AT: Acidez titulável; SST: Sólidos solúveis totais; TA: Teor de água; TS: Teor de sólidos; FT: Fenólicos totais; AA: Ácido ascórbico; CR: Carboidratos redutores; CT: Carotenoides totais; NCV: Número de células viáveis. C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>O<sub>7</sub>: ácido cítrico. NA\*: não se aplica.

O teor de sólidos solúveis totais (SST) encontrado por Soares (2011) foi de 15,20°Brix e Souza (2009) de 16,5° Brix, valores inferiores ao obtido para a polpa integral de seriguela, 19,04°Brix, mas por se tratar de um parâmetro ligado ao grau de maturação e o armazenamento do fruto, ambos valores são aceitos. Entretanto nota-se que ao adicionar a bactéria, ocorre uma redução no teor de sólidos solúveis totais, comportamento observado devido a necessidade de nutrição da mesma, havendo o consumo da oligofrutose presente na polpa para que advenha seu desenvolvimento.

Por se tratar de uma polpa de fruta com algo grau de perecibilidade por consequência da quantidade água presente, o teor de água obtido é elevado, 77,74%, mesmo não havendo adição de água durante a despulpagem da mesma. Valores próximos foram identificados por Souza (2009) ao estudar a polpa de seriguela para outra finalidade, 77,6%. Após inoculação da bactéria probiótica, não se percebe diferença expressiva, mantendo 77% de teor de água. Sendo o teor de sólidos a diferença em 100% do teor de água, a mesma justificativa abordada em relação a polpa integral e probiótica é válida, sendo observado um declínio pequeno ao

inocular a bactéria, devido ao consumo de nutrientes já abordados anteriormente para os sólidos solúveis totais.

O teor de fenólicos, carboidratos redutores e ácido ascórbico configuram comportamento semelhante, havendo uma redução ao adicionar a *Bifidobacterium animalis* ssp. lactis, sendo justificável pelo fato de que a mesma necessita de fonte de nutrientes para desenvolver-se no meio ao qual for inserida, contudo, o declínio não é suficiente para causar uma descaracterização da fruta integral.

Por haver uma dose mínima diária da cultura probiótica indicada 10<sup>9</sup> unidades formadoras de colônia (UFC), o que corresponde ao consumo de 100 g de produto contendo 10<sup>7</sup>/g, para garantir suas propriedades funcionais (ANVISA, 2017), a polpa de seriguela probiótica se enquadra na legislação apresentando um número de células viáveis de 10 log UFC.mL<sup>-1</sup>, valor superior ao estabelecido por Barbosa e Gallina (2017) que descreveram diversos estudos que classificam um produto probiótico com concentrações de no mínimo 10<sup>8</sup> a 10<sup>9</sup> unidades formadoras de colônia (UFC), logo, comprova-se que a polpa de seriguela pode ser considerada um meio

propício ao desenvolvimento da bactéria utilizada na elaboração de alimento classificado como probiótico.

*Potencial antioxidante reativo total (TRAP) e reatividade antioxidante total (TAR) da polpa integral e probiótica*

A Figura 1 ilustra os resultados obtidos da atividade antioxidante por meio da análise do potencial antioxidante reativo total (TRAP) e reatividade antioxidante total (TAR) na polpa de seriguela integral e probiótica.

Em frutas e derivados, os antioxidantes naturais são geralmente encontrados como

vitamina C, vitamina E, carotenoides, flavonoides e fenólicos, e podem sofrer interferência de aspectos químicos e físicos, havendo influência do tipo de processamento, armazenamento e transporte. Com isso, observa-se que em ambas amostras, o TRAP, Figura 3a e 3b, apresenta-se significativo em quatro concentrações, de 0,05 a 50 µg/ml, mas obtém-se maior atividade antioxidante na amostra integral da polpa de seriguela, podendo ser justificado pelo fato de que após o processamento efetuado para a adição da bactéria probiótica, ocorre uma redução dessa reatividade.

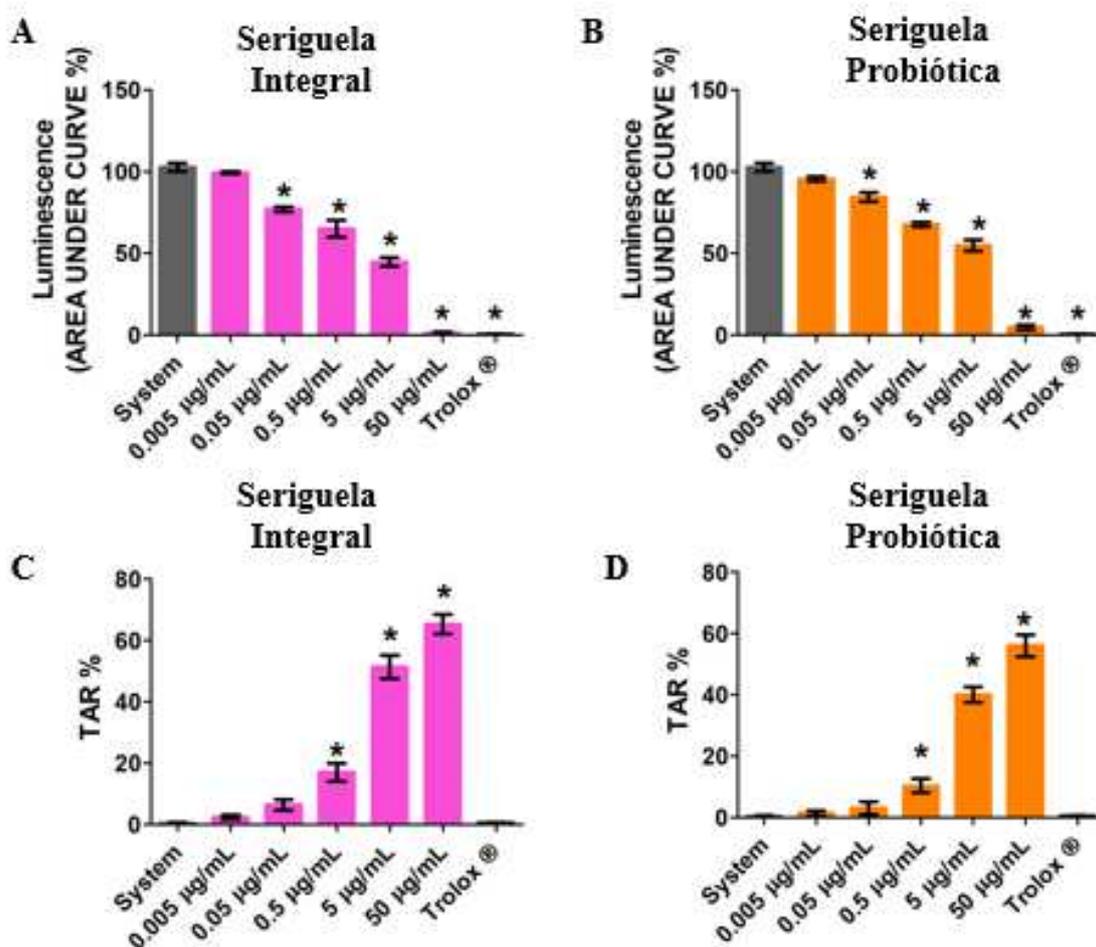


Figura 1. Resultado das análises do potencial antioxidante reativo total (TRAP) e reatividade antioxidante total (TAR) das polpas de seriguela integral e probióticas: a. TRAP polpa integral; b. TRAP polpa probiótica; c. TAR polpa integral; d. TAR polpa probiótica.

Sendo o TAR um medidor da qualidade da atividade antioxidante presente nas amostras, observa-se por intermédio das Figuras 3c e 3d, que as amostras integrais se mantêm em destaque, mas com diferença sem relevância ao comparar as polpas integrais e probióticas.

Sendo ambos significativos em três pontos de concentração de 0,5 a 50 µg/ml. Ou seja, é possível observar que o comportamento da atividade antioxidantes nas amostras, sofrem uma contenção baixa, mas justificável pelo fato da polpa integral ter sido submetida a um

processo de várias etapas para inoculação da cultura, havendo assim um equilíbrio quanto a capacidade nutricional da polpa de seriguela probiótica, pois além de contribuir em forma de alimento funcional em função da característica a ela inserida, a mesma ainda possui uma atividade antioxidante relativamente elevada.

#### *Viabilidade da polpa probiótica liofilizada durante armazenamento*

Na Tabela 4 são observados os parâmetros analisados durante a viabilidade nos 28 dias de acompanhamento, com o intuito de verificar se após esse período a polpa de seriguela probiótica líquida estaria apta a ser denominada um alimento probiótico. A cada 7 dias foram efetuadas análises de pH, acidez, sólidos solúveis totais e número de células viáveis.

Por se tratar de um comportamento característico da bactéria adicionada, ocorre redução do pH com o passar dos dias, mas mantendo a faixa ao qual a mesma se mantém estável. Sendo a mesma justificativa enquadrada para a acidez, mais de forma inversa, ou seja, ocorre o aumento ao passar dos dias de observação da estabilidade da polpa. O teor de sólidos decresce devido a necessidade da bactéria de se alimentar ao passar dos dias para se manter viva a polpa de seriguela ao qual foi inoculada. O que se justifica de acordo com Barbosa e Gallina (2017) que afirmam que a viabilidade de probióticos em alimentos pode ser afetada por diferentes fatores, como a presença de alguns ácidos orgânicos e baixos valores de pH, elucidando a variação dos parâmetros de forma discrepante no decorrer da estocagem para cultura incubada no meio de controle.

Tabela 4. Resultados da caracterização durante o estudo de estabilidade da polpa probiótica de seriguela

<b>DIAS</b>	<b>pH</b>	<b>AT (% C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>O<sub>7</sub>)</b>	<b>SST (°Brix)</b>	<b>NCV (UFC/mL)</b>
<b>1</b>	5,400± 0,100c	0,274± 0,036e	15,667± 0,152a	2,72E+10±2,15E+09 <sup>a</sup>
<b>7</b>	5,597± 0,005b	0,364± 0,025d	15,100± 0,100b	2,55E+10±2,87E+09 <sup>b</sup>
<b>14</b>	5,700± 0,100a	0,389± 0,018c	15,000± 0,005b	1,94E+10±2,52E+09 <sup>c</sup>
<b>21</b>	5,733± 0,057a	0,423± 0,018b	14,833± 0,288c	1,11E+10±1,12E+09 <sup>d</sup>
<b>28</b>	5,667± 0,057ab	0,468± 0,031 <sup>a</sup>	14,767 ± 0,115c	8,60E+09±7,00E+08 <sup>e</sup>

AT: Acidez titulável; SST: Sólidos Solúveis Totais; NCV: Número de Células Viáveis. C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>O<sub>7</sub>: ácido cítrico. Média ± Desvio padrão. Letras iguais na mesma coluna não diferem estatisticamente (P ≤ 0,05) do padrão segundo teste de Tukey a 5% de significância.

O número de células viáveis é o principal parâmetro observado neste estudo de estabilidade da bactéria, pois em conjuntos com os demais, consegue trilhar o desenvolvimento da bactéria no meio, observando-se quais parâmetros reduzem ao ser reduzido o número de células vivas presentes. Neste caso, o número de células viáveis diminui com o passar dos dias, iniciando (dia 1) com 2,72E+10 UFC/mL e finalizando (dia 28) com 8,60E+09 UFC/mL, mas mesmo havendo uma redução significativa, a polpa de seriguela encontra-se dentro da margem para ser considerado um alimento probiótico, segundo a ANVISA (2017). Gallina et al. (2011) verificaram contagens de bifidobactérias de 6 log UFC.mL<sup>-1</sup> para leites fermentados com e sem adição de

frutooligossacarídeos (FOS) durante 28 dias de estocagem refrigerada. Gallina et al. (2012) observaram que a viabilidade da cultura probiótica em uma bebida desenvolvida com uma mistura (50/50%) de leite fermentado (com cultura de iogurte e bifidobactérias) e polpa de goiaba, com e sem a adição de FOS, se manteve com valores entre 6 e 7 log UFC.mL<sup>-1</sup>, durante 30 dias de estocagem refrigerada

#### *Parâmetros obtidos na polpa de seriguela em pó*

Na Tabela 4 são observados os valores obtidos nas caracterizações físico-química e química, além do rendimento e número de células viáveis nas diferentes formulações ao qual foram realizadas as secagens em liofilizador.

Tabela 5. Resultados da polpa probiótica de seriguela em pó

Ensaio	pH	AT (% C <sub>6</sub> H <sub>8</sub> O <sub>7</sub> )	TA (%)	TS (%)	FT (mg/g)	CR (mg/g)	AA (mg/g)	R (%)	NCV (UFC/g)
Controle	5,823a	1,327a	9,800a	90,200d	41,469c	4,370E-05b	0,174bcd	10,146e	1,326+10d
3M	5,873a	0,822ef	8,833b	91,166c	40,305c	3,359E-05d	0,163e	37,344c	1,381E+10d
6M	5,833a	0,916de	7,500c	92,500b	47,433a	3,528E-05c	0,187a	43,540b	1,813E+10b
9M	5,923a	0,790f	8,433b	91,566c	47,556a	4,677E-05a	0,171cd	48,482a	2,070E+10 <sup>a</sup>
3G	5,510b	0,433c	8,666b	91,333c	45,840ab	1,884E-05g	0,179b	22,775d	1,846E+10b
6G	5,346c	0,969cd	7,883c	92,116b	42,946bc	2,437E-05f	0,177bc	23,300d	1,540E+10c
9G	5,316c	1,169b	6,900d	93,100a	41,006c	2,947E-05e	0,170d	25,243d	1,156E+10e

AT: Acidez titulável; TA: Teor de água; TS: Teor de sólidos; FT: Fenólicos totais; AA: Ácido ascórbico; CR: Carboidratos redutores; CT: Carotenoides totais; R: Rendimento; NCV: Número de células viáveis. C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>O<sub>7</sub>: ácido cítrico; UFC: Unidades formadoras de colônia. Letras iguais na mesma coluna não diferem estatisticamente ( $P \leq 0,05$ ) do padrão segundo teste de Tukey a 5% de significância.

Ao analisar o pH das amostras, é possível verificar que o ensaio controle e os com adição de maltodextrina não apresentam diferença significativa entre si, mas apresentam diferença entre os ensaios com adição de goma arábica. Mas, ambas as formulações demonstram comportamento semelhante, estando na faixa de pH entre 5,0 e 6,0 onde a bactéria ainda se encontra em um ambiente favorável. Além disso é possível observar que o processo de liofilização não apresenta alteração quando comparado com a polpa probiótica (Tabela 3).

Quanto a acidez total, quantificada em porcentagem de ácido cítrico, observa-se a existência de diferença estatisticamente significativa entre todas as formulações. As formulações de 9% de maltodextrina e a controle, respectivamente, apresentam o menor e o maior valor para o parâmetro discutido. Este mesmo comportamento foi observado por Oliveira et al. (2014), que ao liofilizar polpa de cajá obteve uma maior acidez para o pó sem adjuvante, e uma menor acidez com a adição de maltodextrina.

Observa-se também, variações no teor de água presente nas polpas, apresentando uma diminuição significativa quando comparada a polpa *in natura*, devido ao processo de liofilização ao qual as amostras foram submetidas, havendo uma desidratação das mesmas e conseqüentemente a redução da água presente. Ao analisar o comportamento dos adjuvantes quanto ao teor de água, observa-se que a amostra controle é a que apresenta maior quantificação (9,80%), sendo justificado devido ao elevado teor de carboidratos de baixo peso molecular, sem que houvesse um adjuvante, considerado um carboidrato de alto peso molecular para equilibrar a temperatura de transição vítrea durante o processo de secagem. Já para as amostras com adição de maltodextrina (3M, 6M e 9M), temos que a

amostra com menor teor de água é a com 6% de maltodextrina, havendo um comportamento impar ao ter valores semelhantes para 3 e 9%, sendo possível assim afirmar que, um maior gasto de suprimentos não resulta em um melhor resultado para esse parâmetro. Ao utilizar a goma arábica, nota-se que ocorre uma seqüência esperada, onde a menor quantidade de adjuvante traz maior teor de água e vice-versa.

O teor de fenólicos responsável em sua grande maioria por uma contribuição significativa na atividade antioxidante do produto apresenta valores aceitáveis, sendo observado que ao adicionar 6 e 9% de maltodextrina ocorre um melhor incremento desse teor, sendo a diferença observada ao analisar a amostra controle. Já ao utilizar a goma arábica observa-se um melhor resultado no ensaio 3G, ou seja, de menor porcentagem. Além disso, não ocorre diferença estatisticamente significativa entre as amostras 6M e 9M e entre as amostras 3M e 9G.

Os resultados obtidos para carboidratos redutores, são inferiores aos observados na polpa integral e probiótica líquida, podendo ser justificável pela degradação durante o processo de secagem. Nas formulações observa-se um comportamento semelhante, onde, quanto maior a quantidade de adjuvante, maior o teor de carboidratos da amostra. Contudo, o resultado mais semelhante ao da formulação controle, é o com a adição de 9% de maltodextrina, sendo possível observar assim a conservação desse parâmetro mesmo adicionando uma alta concentração do adjuvante.

O ácido ascórbico não apresenta diferença relevante entre aos ensaios, mesmo apresentando diferença estatisticamente entre todas as amostras. Os valores variam de 0,163 a 0,187 mg/g, sendo correspondente respectivamente as concentrações de 3 e 6% de

maltodextrina. Ao observar as amostras líquidas probiótica e integral, nota-se um declínio, podendo ser justificado não exclusivamente pela degradação por temperatura, devido a temperatura utilizada no método de secagem escolhido buscar uma maior conservação das características finais do produto, mas por contato com a luminosidade no interior dos balões ou coluna no liofilizador durante o processo.

A utilização dos adjuvantes proporciona resultados satisfatórios, pois a formulação sem adição dos mesmos resulta em aproximadamente 10% de rendimento. Com isso nota-se a importância na utilização da maltodextrina ou da goma arábica com intuito de melhorar a eficiência do processo de secagem. Um comportamento padrão nas formulações é observado, mostrando que, quanto maior a concentração dos adjuvantes maior a rendição do pó probiótico liofilizado, porém quando analisadas as formulações contendo as concentrações mais elevadas dos adjuvantes em questão, a maltodextrina apresenta um rendimento superior a goma arábica. Outro fenômeno observado é que a formulação 3M com 3% de maltodextrina apresenta rendimento superior a formulação 9G com 9% de goma arábica, mostrando assim uma melhor eficiência da atuação da maltodextrina no processo de liofilização da polpa probiótica de seriguela.

O número de células viáveis apresenta resultados para seu enquadramento com a legislação vigente para ser considerado um alimento com ações probióticas (ANVISA, 2017). Já as amostras com maltodextrina apresentam crescimento das células à medida que se adiciona maiores concentrações do adjuvante, mostrando assim que, a maltodextrina não apresenta características de competitividade com as células vivas presentes, mas sim dá-se como uma fonte de nutrientes para o desenvolvimento das mesmas. Comportamento esse inverso ao observado ao adicionar goma arábica, pois quanto maior a concentração menor o número de células probióticas nos ensaios, demonstrando assim uma inviabilidade em incorporar as formulações concentrações elevadas desse adjuvante.

### Conclusão

Por meio dos estudos conduzidos foi possível observar que, a utilização da polpa de seriguela como matriz na elaboração de um

alimento probiótico, permitiu a manutenção de diversas características tornando-a uma excelente matéria prima para o desenvolvimento de novos produtos probióticos, principalmente conciliando o método de liofilização, a fim de melhorar seu armazenamento sem alterações dessas propriedades.

A utilização de adjuvantes para melhorar as características físico-químicas e químicas, de rendimento e número de células viáveis do produto final foi de extrema importância, visto que ambos adjuvantes utilizados trouxeram resultados satisfatórios, tendo que a maltodextrina apresentou destaque em parâmetros importantes para sua classificação como funcional, ou seja, à sua associação de um alimento que além de suprir as necessidades calóricas promove benefícios à saúde de seu consumidor, atribuindo desta forma a utilização de 9% do adjuvante maltodextrina uma maior relevância.

### Referências

- ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Alimentos com alegação de propriedades funcionais e ou de saúde. Probióticos: Construção da Lista de Linhagens Probióticas, 2017. Disponível em: <[http://portal.anvisa.gov.br/documents/3845226/0/An%C3%A1lise+das+Linhagens+de+Probi%C3%B3ticos\\_23042018.pdf/6e37da13-2151-4330-85b0-0f449dbb0e95](http://portal.anvisa.gov.br/documents/3845226/0/An%C3%A1lise+das+Linhagens+de+Probi%C3%B3ticos_23042018.pdf/6e37da13-2151-4330-85b0-0f449dbb0e95)>. Acesso em: 10 de maio de 2020.
- ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Guia para instrução processual de petição de avaliação de probióticos para uso em alimentos. 2019. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/documents/10181/5280930/21.pdf/1c99eeb1-7143-469a-93ff-7b2b0f9187c0>. Acesso em: 18 nov. 2019.
- ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Informe Técnico nº33, de 25 de outubro de 2007. Hidróxido de sódio - INS 524, 2007. Disponível em: [http://portal.anvisa.gov.br/resultado-de-busca?p\\_p\\_id=101&p\\_p\\_lifecycle=0&p\\_p\\_state=maximized&p\\_p\\_mode=view&p\\_p\\_col\\_id=column-1&p\\_p\\_col\\_count=1&\\_101\\_struts\\_action=%2Fas\\_set\\_publisher%2Fview\\_content&\\_101\\_assetEntryId=2775154&\\_101\\_type=content&\\_101\\_groupId=33916&\\_101\\_urlTitle=informe-tecnico-n-33-de-25-de-outubro-de-2007&inheritRedirect=true](http://portal.anvisa.gov.br/resultado-de-busca?p_p_id=101&p_p_lifecycle=0&p_p_state=maximized&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-1&p_p_col_count=1&_101_struts_action=%2Fas_set_publisher%2Fview_content&_101_assetEntryId=2775154&_101_type=content&_101_groupId=33916&_101_urlTitle=informe-tecnico-n-33-de-25-de-outubro-de-2007&inheritRedirect=true). Acesso em: 08 dez. 2019.

- BARBOSA, P. DE P. M.; GALLINA, D. A. Viabilidade de bactérias (starter e probióticas) em bebidas elaboradas com iogurte e polpa de manga. *Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes*, v.72, n.2, p. 85–95, 2017.
- BROECKX, G.; VANDENHEUVEL, D.; CLAES, I. J.; LEBEER, S.; KIEKENS, F. Drying techniques of probiotic bacteria as an important step towards the development of novel pharmabiotics. *Int. J. Pharm*, v.505, n.1-2, e303-18, 2016.
- DE MAN, J. C.; ROGOSA, M.; SHARPE, M. E. A medium for the cultivation of Lactobacilli. *Journal of Applied Bacteriology*, v.23, n.1, p.130–135, 1960.
- DUARTE, E. L.; CARLOS, L. A.; GONÇALVES, C. R.; DE ANDRADE, R. M.; DE OLIVEIRA, K. G. Influência da liofilização sobre os carotenoides de frutos do cerrado e comportamento higroscópico dos pós-liofilizados. *Biológicas & Saúde*, v.7, n.23, p.22-33, 2017.
- GALLINA, D. A.; SILVA, A. T.; DE SOUZA TRENTO, F. K. H.; CARUSI, J. L. Caracterização de Leites Fermentados Com e Sem Adição de Probióticos e Prebióticos e Avaliação da Viabilidade de Bactérias Lácticas e Probióticas Durante a Vida-de-Prateleira. *Journal of Health Sciences*, v.13, n.4, 2011.
- GALLINA, D. A.; ANTUNES, A. E.; AZAMBUJA-FERREIRA, N. C.; MENDONÇA, J. B.; NORBONA, R. A. Caracterização de bebida obtida a partir de leite fermentado simbiótico adicionado de polpa de goiaba e avaliação da viabilidade das bifidobactérias. *Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes*, v.67, n.386, p.45-54, 2012.
- GALLINA, D. A.; ORMENESE, R. C. S. C.; GARCIA, A. O. Iogurte probiótico com polpa de frutas vermelhas: caracterização físico química e microbiológica, aceitabilidade sensorial e viabilidade dos probióticos. *Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes*, v.73, n.4, p.196–208, 2018.
- GONDIM, P. J.; SILVA, S. D. M.; PEREIRA, W. E.; DANTAS, A. L.; CHAVES NETO, J. R.; SANTOS, L. F. D. Qualidade de frutos de acessos de umbucajazeira (*Spondias* sp.). *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.17, n.11, p.1217–1221, 2013.
- HUANG, S.; CAUTY, C.; DOLIVET, A.; LE LOIR, Y.; CHEN, X. D.; SCHUCK, P.; JEANTET, R. Double use of highly concentrated sweet whey to improve the biomass production and viability of spray-dried probiotic bacteria. *Journal of Functional Foods*, v.23, p.453-463, 2016.
- ISO 20128 | IDF 192: 2006: Milk products - Enumeration of presumptive Lactobacillus acidophilus on a selective medium - Colony-count technique at 37°C. *IDF Publications Catalogue*, 2006. Disponível em: <<https://store.fil-idf.org/product/milk-products-enumeration-of-presumptive-lactobacillus-acidophilus-on-a-selective-medium-colony-count-technique-at-37-c/>>. Acesso em: 27 nov. 2019.
- KELLER, T. H.; SCHWAGER, H. Air pollution and ascorbic acid. *For. Pathol*, v.7, p.338–350, 1977.
- LAMEIRO, M. D. G. S.; MACHADO, M. I. R.; MACHADO, A. R.; ZAMBIAZI, R. C. Características físico-químicas da amora-preta (*Rubusfruticosus*) e mirtilo (*Vacciniumasheireade*) em seus produtos liofilizados. *Global Science and Technology*, v.12, n.1, p.173-182, 2019.
- LICHTENTHALER, H. K. Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembranes. In: *Methods in Enzymology, Plant Cell Membranes*. Academic Press, p.350–382, 1987.
- MILLER, G. L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Anal. Chem*, v.31, p.426–428, 1959.
- MORESCO, K. S.; SILVEIRA, A. K.; SCHNORR, C. E.; ZEIDAN-CHULIA, F.; BORTOLIN, R. C.; BITTENCOURT, L. D. S.; MINGORI, M.; HEIMFARTH, L.; RABELO, T. K.; MORRONE, M. D. S.; CARINI, J. P.; GELAIN, D. P.; BASSANI, V. L.; MOREIRA, J. C. F. Supplementation with achyrocline satuireioides inflorescence extracts to pregnant and breastfeeding rats induces tissue specific changes in enzymatic activity and lower neonatal survival. *Biomedicines*, v.5, n.3, p.53-67, 2017.
- NEGRI, T. C.; BERNI, P.; BRAZACA, S. Valor nutricional de frutas nativas e exóticas do Brasil. *Biosaúde*, v.18, n.2, p.82-96, 2017.
- NOGUEIRA, L. M. S.; FIGUEIREDO, P. S.; CANDIDO, C. J.; MIYAGUSKU, L.; CAMPOS, R. P.; HIANE, P. A.; ARÉCO, A. E. T. Caracterização e aceitação sensorial de frozen yogurt formulado com polpa de laranjinha de pacu (*Pouteira glomerata* (Miq.) Radlk) e culturas probióticas. *Ambiência*, v.14, n.1, p.174-185, 2018.
- OLIVEIRA, G. S.; DA COSTA, J.; AFONSO, M. R. Caracterização e comportamento higroscópico do pó da polpa de cajá liofilizada. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.18, n.10, p.1059-1064, 2014.
- PAIM, D. R. S. F.; COSTA, S. D. O.; WALTER, E. H. M.; TONON, R. V. Microencapsulation of probiotic jussara (*Euterpe edulis* M.) juice by

spray drying. *LWT - Food Science and Technology*, v.74, p.21-25, 2016.

SINGLETON, V. L.; ROSSI, J. A. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *Am. J. Enol. Vitic*, v.16, p.144-158, 1965.

SOARES, A. A. J. Avaliação físico-química e bromatológica da polpa de *Spondias purpurea* L. (ciriguela) na região do semiárido central paraibano. 63f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, 2011.

SOUZA, J. S. Secagens de misturas de frutas tropicais em leito de jorro. 178f. Tese (Doutorado). Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2009.

TONTUL, I.; TOPUZ, A. Spray-drying of fruit and vegetable juices: Effect of drying conditions on

the product yield and physical properties. *Trends in Food Science & Technology*, v.63, n.1, p.91-102, 2017.

TRIPATHI, M. K.; GIRI, S. K. Probiotic functional foods: Survival of probiotics during processing and storage. *Journal of Functional Foods*, v.9, p.225-241, 2014.

ZENEBON, O., PASCUET, N. S., TIGLEA, P., LUTZ, A., ZENEBON, O., PASCUET, N. S., ... & TOLEDO, H. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. 4<sup>a</sup> ed. Instituto Adolfo Lutz, São Paulo, p. 98; 104; 578; 579; 581, 2008. Disponível em: <<https://wp.ufpel.edu.br/nutricaoobromatologia/files/2013/07/NormasADOLFOLUTZ.pdf>>. Acesso em: 10 de maio de 2020.

## Capítulo 6

# GROWTH OF COMMON BEAN (*Phaseolus vulgaris*) CULTIVATED IN CONCRECTIONARY PETRIC PLINTHOSOL

Marcio Nikkel<sup>1</sup>  
Saulo de Oliveira Lima<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Doutor em Produção Vegetal, UFT, Gurupi-TO, markel.26@hotmail.com

<sup>2</sup>Doutor em Agronomia, Prof. Associado IV, UFT, Gurupi-TO, saulolima@mail.uft.edu.br

### Introduction

Bean (*Phaseolus vulgaris*) is a legume of American origin, consumed in much of the world, of great importance for food security mainly in developing countries (HAYAT et al., 2014). It is an excellent food because it provides essential nutrients to humans, such as proteins, iron, calcium, magnesium, zinc, carbohydrates, fibers and vitamins, such as the B complex. It represents the main protein source of low-income populations and constitutes a product of outstanding nutritional, economic and social importance. It also represents one of the most traditional foods in the Brazilian diet, due to this, its contribution as a source of protein is quite significant. As for calorie intake, beans occupy third place among foods consumed (MESQUITA et al., 2007).

The bean plant has a ramified root system with a main root in which in the root collar, after emergence, secondary roots develop. Other secondary roots appear and laterally tertiary roots are formed on the secondary ones and new branches arise successively. The amplitude of the root system varies according to the soil physical conditions, such as structure, porosity, aeration, moisture retention capacity and temperature (ARAÚJO et al., 1996). It presents trifoliolate leaves, zygomorphic flowers which are pentamery, diclamids, hermaphrodites, gamesepale where the dipetals have free stamens. Its fruits are mostly dehiscent vegetables. According to CONAB (2018), Brazilian bean production in the 2017/2018 harvest was over 3.3 million tons, where the states of Paraná, Minas Gerais and Mato Grosso are the largest producers state producers. The production in Tocantins state was 58,600 tons, in the same harvest.

One of the characteristics of the Tocantins' soils is the huge quantity of Plinthosols (SEPLAN, 2015). Plinthosols are mineral soils, formed under the condition of restriction to water percolation, subject to the

temporary effect of excess moisture, usually poorly or imperfectly drained, with significant plinthitisation, with or without ironstones (EMBRAPA, 2018). Plinthite is a formation from clay mixture, poor in organic carbon and rich in iron, or iron and aluminum, with quartz grains and other minerals. It is a distinct material from the soil, since it is rich on iron oxide where it can be found in laminar, nodular, spheroidal and irregular forms with diameters greater than 2mm, being firm when wet and very hard when dry, plinthite ironstones on the other hand, after repeated cycles of wetting and dryness undergo vigorous consolidation, gaining irreversible petric appearance (EMBRAPA, 2018). Despite the undesirable presence from the agronomic point of view (AZEVEDO & BUENO, 2017), the agricultural use of this soils is not an obstacle, with the cultivation of species of economic interest, such as soybean and beans (NIKKEL & LIMA, 2017) which require considerable agricultural mechanization. However, farmers comment that the yield of crops grown on this soil is smaller when compared to other soils, such as Oxisols, for example. Since concretions of ironstones may act as a restrictive environment for the free growth of the roots and, according to Zakaria et al. (2020), remains unclear the cause of growth reduction of plants subjected to root restriction, it could be possible that plants may be spending a greater amount of photoassimilates in the root system.

For this reason, a study on the interaction of this soil and plants is justified. Therefore, the plant morphology comprises the study of the plant anatomy and reflects the ecological adaptation of plants, due to the strong relation between form and its functioning, since it has an intense relation with the physiology. Plant phenology is also reflected by ecological and genetic characteristics (ASSEFA et al., 2014). Benincasa (2003) says that growth analysis is still the most accessible and accurate way to evaluate growth and to

understand the contribution of different physiological processes to plant behavior.

From the growth data we can estimate the causes of growth variations among plants submitted to different environments, which can be studied through different measures, such as: plant height, stem length and diameter; number of structural units, such as leaf and flower counts; surface measurements such as the determination or estimation of the photosynthetically active surface of plants and mass of the dry matter, which is the constant mass of a given sample (SILVA et al., 2000; PEIXOTO & PEIXOTO, 2009; PEIXOTO et al., 2011).

Since the influence of ironstones concretions in the soil on the development of crops of agronomic interest is still uncertain, this work aims to evaluate, through morphological evaluations, the interference of plinthite ironstones on the growth of common bean.

## Material and Methods

The study was conducted at the Universidade Federal do Tocantins (UFT), Brazil, Gurupi University Campus, located in the southern region of Tocantins state at 11 ° 43 'S and 49 ° 04' W, at 280 m height. The local climate, according to the Köppen classification, is Tropical Savannah (Aw) (DUBREUIL et al., 2018). The annual average temperature is 27°C and annual rainfall is 1.500mm, being rainy summer, dry winter and high-water deficit between May and October. The soil, described and classified (Table 1) (Figures 1 and 2) as the Concretionary Petric Plinthosol (EMBRAPA, 2018) was collected in a Savannah native area in the arable layer of 0.0-0.20 m and dried in the sun. Part of the soil was sieved in sieves with mesh up to 3.10mm in order to separate the plinthite ironstones (NIKKEL, 2019), which corresponded to more than 65% of the soil mass.

Table 1. Studied soil morphological characteristics in Gurupi, Brazil

Depth (cm)	Hor.	Textur e	Color	Structure			Consistency			Transitio n
				Type	Class	Grade	Dry	Moist	Wet	
0 - 27	Ag	sandy-clay-loam-gra	7,5YR 3/3	weak	very fine	granular	loose, very friable	slightly sticky	slightly plastic	sharp and smooth
27 - 44	ABg	sandy-clay-gra	7,5YR 4/4	weak	very fine	granular	loose, very friable	slightly sticky to plastic	slightly sticky to sticky	sharp and wavy
47 - 138	Btg	clay-gra	5YR 5/8	weak	blocky subangular that crumbles in	weak very fine granular	loose, very friable	slightly sticky to plastic	slightly plastic and slightly sticky	-
138 - 150+	F	-	2,5YR 4/4	very much	gravel		Very hard, to extremely hard, extremely firm	Non plastic, non sticky	very cohesive	-

<sup>(1)</sup>hor = horizon; gra = gravel; g = presence of gravel.

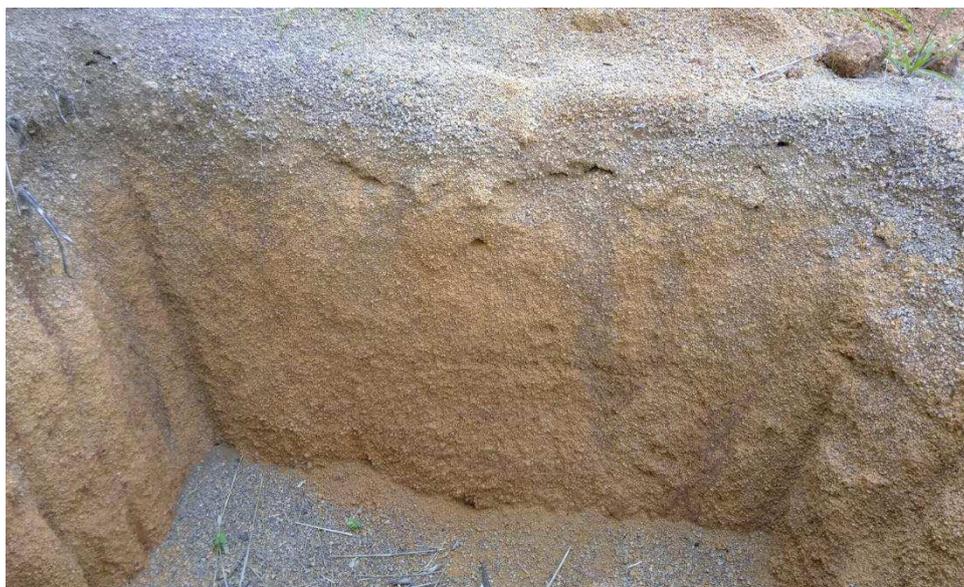


Figure 1. Concretionary Petric Plinthosol horizon.



Figure 2. Plinthite ironstones.

Table 2 shows values of the granulometry of the soil collected and its composition of concretions in the soil.

Table 2. Granulometry of Petric Plinthosol collected on layer 0,0 – 0,20 m in Gurupi, Brazil

<b>Mesh (mm)</b>	<b>12,00</b>	<b>10,00</b>	<b>7,93</b>	<b>6,39</b>	<b>4,00</b>	<b>3,10</b>	<b>&lt; 3,10</b>
Weight <sup>1</sup> (g.1000 g <sup>-1</sup> )	4,24	6,636	38,75	103,27	362,4	159,4	325,35
%	0,42	0,66	3,87	10,33	36,24	15,94	32,54

<sup>1</sup>The values refer to the weight of concretions retained in the sieves.

Two treatments were then obtained, soil with plinthite ironstones and soil without these concretions (Figures 3 and 4). Soil samples were collected in the 0,0-0,20 m layer where fractions greater than 2mm in diameter were removed according to the Manual of Soil Analysis Methods (EMBRAPA, 2017) for physicochemical analyzes. The textural analysis

showed that the soil has 645 g.kg<sup>-1</sup> of sand, 50 g.kg<sup>-1</sup> of silt and 305 g.kg<sup>-1</sup> of clay. Based on the results of the chemical analysis, the soil was incubated for Al neutralization, pH elevation and Ca and Mg supply in the quantity of limestone of 820 kg.ha<sup>-1</sup>. It was attempt to fertilize the experiments in a basic way, so that the plants had sufficient conditions to develop,

since the objective was not to evaluate production, but the behavior of the species with the least possible interference of the fertilization and to stimulate the growth that

could to reflect on the variables evaluated, since higher amounts of nutrients in the soil could mask the experiments.

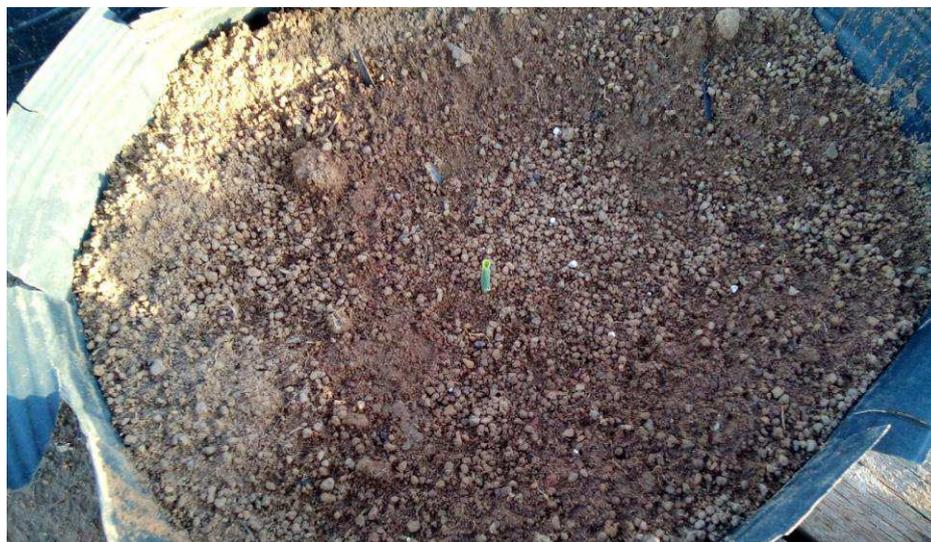


Figure 3. Soil without plinthite ironstones.

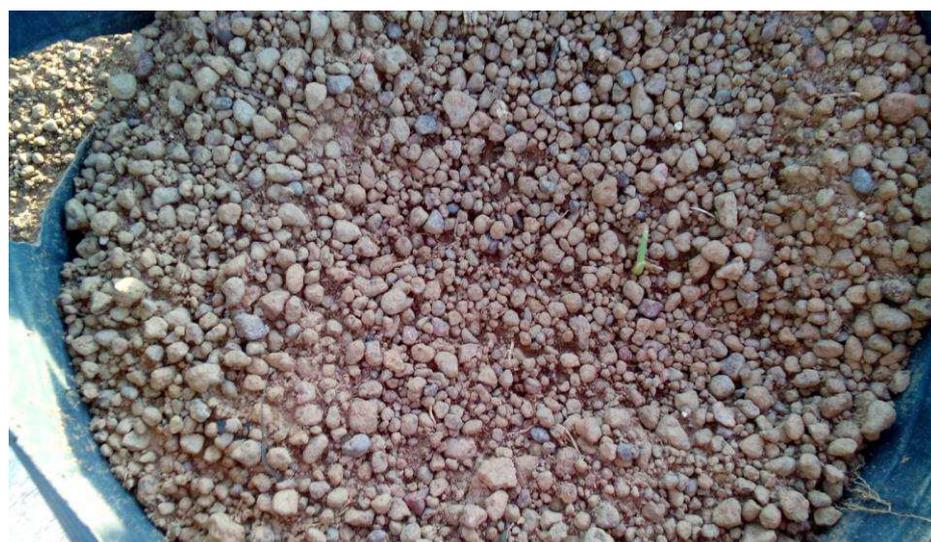


Figure 4. Soil with plinthite ironstones.

The soil was fertilized based on the recommendation of Ribeiro et al. (1999) with  $60 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$  whose source was single superphosphate and  $30 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  of  $\text{K}_2\text{O}$  with potassium chloride as the source. For the experiment, plastic bags with 14 L volume were filled with soil and later seeded with five seeds per bag, previously inoculated with bacteria of the genus *Bradyrhizobium*. Sowing occurred in May 2017 and three days after the emergency (DAE), thinning was done, leaving only one plant per plastic bag. The irrigation was supplemented, every two days, so that the soil reached 80% of the field capacity. Each treatment (bags with and without ironstones) had seven replications which were placed on

the ground on wooden boards at free sky. An application of Thiamethoxam and Lambda-cyhalothrin ( $22 \text{ mL}$  of active ingredient  $\text{ha}^{-1}$ ) at five DAE for control of the larvae (*Liriomyza spp*) was performed. Morphological evaluation of height was conducted at 16, 32 and 48 DAE, where the measurement was from the soil to the apical meristem of the plant and later, absolute growth rate was calculated.

At 55 DAE, the field experiment was concluded. The aerial part and the root system were separated, which were washed in running water and then placed in a drying oven with forced circulation at  $65^\circ \text{ C}$  for 72 h (GOMES FILHO et al., 2019). The dry masses were then weighed on a precision scale to obtain root dry

mass, dry shoot mass, total dry mass and root shoot ratio.

The test for the verification of the normality of the data used was not carried out, since it is not advisable to carry out the test on samples of sizes less than or equal to ten, but to proceed directly to a non-parametric analysis strategy (TORMAN et al., 2012; LE BOEDEC, 2016). The averages were compared using the Wilcoxon test for independent samples at the 5% probability level, using the Actionstat supplement (ESTATCAMP, 2014) for Excel (MICROSOFT, 2016). The factorial analyzes were performed using the Kruskal-Wallis test at

the 5% probability level, using the Actionstat supplement (ESTATCAMP, 2014) for Excel (MICROSOFT, 2016).

## Results and Discussion

Table 3 shows the growth averages (cm) of common bean at 16, 32 and 48 DAE and the absolute growth rate, from 16 to 32 DAE (AGR<sup>1</sup>) and from 32 to 48 DAE (AGR<sup>2</sup>) cultivated in soil with plinthite ironstones and without plinthite ironstones. It can be observed that there was a significant difference in the 16, 32 DAE and in the AGR<sup>1</sup> with greater growth of the plants cultivated in soil with ironstones.

Table 3. Height mean (in cm) of common bean (*Phaseolus vulgaris*) plants measured at three times and absolute growth rate (AGR) grown in soil with and without plinthite ironstones in Gurupi, Brazil

	16 DAE	32 DAE	48 DAE	AGR <sup>1</sup>	AGR <sup>2</sup>
Soil with ironstones	7,50 b	13,91 b	75,10 a	0,40 b	3,73 a
Soil without ironstones	9,91 a	28,30 a	74,60 a	1,14 a	3,01 a

DAE: days after emergence. Means followed by equal letters in the column do not differ statistically from each other by independent Wilcoxon test at 5% probability; Variation Coefficient: 16 DAE, 19%, 32 DAE, 41%; 48 DAE, 23%; TCA<sup>1</sup>, 58%; TCA<sup>2</sup>, 31%.

At 16 DAE the beans cultivated in soil with ironstones presented value of 7.50 cm since the bean cultivated in soil without ironstones 9.91 cm. At 32 DAE, the bean cultivated in soil with ironstones presented a value of 13.91 cm and the bean cultivated in soil without ironstones 28,30 cm. In relation to TCA<sup>1</sup>, the bean cultivated in soil with ironstones presented growth of 0.40 cm and the bean cultivated in soil without ironstones 1.14 cm. It can be observed that at 48 DAE, and that reflected in the TCA<sup>2</sup>, there was no significant statistical difference, which may be an indication that the root system of beans cultivated in soil with ironstones began to adapt to the soil in which it was inserted.

Collares et al. (2008) when evaluating in a Red Oxisol, with clayey texture, soil properties and morphological variables in wheat and beans, due to the influence of soil management and soil compaction states, observed that in the area that was planted beans in a no-till plantation system with additional compaction, four parallel and overlapping passes of an articulated loader, the growth of the bean plants was restricted, which was reflected in the height of the plants in all evaluated periods.

Modolo et al. (2011) studied the effects of the combination of sowing depths and loads applied by the sowing-fertilizer compactor

wheel on morphological variables, including plant height, in bean culture, in Alumino-ferric Red Oxisol with clay texture, under no-tillage system, at 21 DAS (days after sowing), found no statistical differences between treatments nor interaction between treatments.

Making a relation with this work, the results of Modolo and collaborators (2011) makes sense, since the compaction of the seed in the planting by the compactor wheels of the sowing machine, in the experiment with a maximum load of 190 N, does not manage to create a compacted soil environment, just increase the contact of seed and soil and does not interfere with the root system to the point of urge plants to spend additional photoassimilates to transpose the compacted soil layer, which is a system of root restriction. Contrary to the experiment by Collares et al. (2008), where a restrictive environment was created, causing difficulty for the free root growth, since it caused the concentration of roots in superficial layers and later reduced its productivity.

Table 4 presents the values of dry mass of the aerial part (DMA), dry mass of the root part (DMR); total dry mass (TDM) and shoot root ratio (DMA.DMR<sup>-1</sup>) of common bean (*Phaseolus vulgaris*).

Table 4. Mean (in g) of dry mass of the aerial part (DMA), dry mass of the root part (DMR); total dry mass (TDM) and shoot root ratio (DMA.DMR<sup>-1</sup>) of common bean (*Phaseolus vulgaris*) at 55 DAE grown in soil with and without plinthite ironstones in Gurupi, Brazil

	DMA	DMR	TDM	DMA.DMR <sup>-1</sup>
Soil with ironstones	17,58 b	13,53 a	31,1 b	1,30 a
Soil without ironstones	20,07 a	14,19 a	34,3 a	1,42 a

Means followed by equal letters in the column do not differ statistically from each other by independent Wilcoxon test at 5% probability; Variation Coefficient: DMA, 9%; DMR, 8%; TDM, 7%; DMA.DMR<sup>-1</sup>, 10%.

It can be observed that DMA and TDM had a statistically significant difference, whereas DMR and DMA.DMR<sup>-1</sup> did not. Bean plants cultivated in soil without ironstones presented higher values of DMA than those grown in soil with ironstones, with a weight of 17.58 g of beans grown in soil with ironstones and 20.07 g of beans grown in soil without ironstones (Table 4). Regarding TDM, the beans cultivated in soil with ironstones presented a value of 31.1 g and the bean cultivated in soil without ironstones 34.3 g.

Guimarães et al. (2002) studied the effect of different soil densities on the development of the root system and the aerial part of the common bean, which showed that the increase of soil compaction, an environment of root restriction, negatively affected the development of the root system and aerial part of the bean, but that in this work was only visible in DMA and TDM.

There are indications that beans grown in soil with ironstones had greater difficulty in development, since DMR and DMA.DMR<sup>-1</sup> were statistically the same, the smaller growth at 16 and 32 DAE reflected in the weight of TDM at 55 DAE, even with growth rate at 48 DAE and AGR<sup>2</sup> were statistically the same as those grown on soil without ironstones.

## Conclusion

Plinthite ironstones concretions interfere with the growth and/or vegetative development of common bean.

In the mode in which the experiment was conducted, common bean has less vegetative development in the initial phenological stages when cultivated in soil with concretions of ironstones.

## Acknowledgements

This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (Capes) - Finance Code 001.

## References

- ARAÚJO, R. S.; AGUSTÍN-RAVA, C.; STONE, L. F.; ZIMMERMANN, M. J. de O. Cultura do feijoeiro comum no Brasil. Piracicaba: Potafós, 1996. 786p.
- ASSEFA, Y.; ROOZEBOOM, K. L.; THOMPSON, C.; SCHLEGEL, A.; STONE, L.; LINGENFELSER, J. Corn and grain sorghum comparison: all things considered. Waltham: Academic Press, 1994. 119p.
- AZEVEDO, J. R.; BUENO, C. R. P. Capabilities and limitations of agricultural soils in settlement of land reform in the municipality of Chapadinha-MA. *Scientia Agraria*, v.17, n.3, p.1-13, 2017.
- BENINCASA, M. P. Análise de crescimento de plantas. Jaboticabal: Funep, 2003. 41p.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira de grãos. Brasília: Conab, 2017. 140p.
- COLLARES, G. L.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M.; KAISER, D. R. Traffic-induced compaction of an Oxisol and its relation with growth and yield of common bean and wheat. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.32, n.3, p.933-942, 2008.
- DUBREUIL, V.; FANTE, K. P.; PLANCHON, O.; NETO, J. L. S. A. Les types de climats annuels comme marqueurs du changement climatique au Brésil de 1964 a 2015. *Revue Franco-Brasilienne de Géographie*, v.37, p.406-411, 2018.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Manual de métodos de análise de solo. Brasília: EMBRAPA, 2017. 574p.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília: EMBRAPA, 2018. 356p.
- ESTATCAMP. Action, v.2.3. São Carlos: Software, 2014.
- GOMES FILHO, A.; RODRIGUES, E. N.; RODRIGUES, T. C.; SANTOS, V. J. N.; ALCÂNTARA, S. F.; DE SOUZA, F. N. Estresse hídrico e salino na germinação de sementes de feijão-caupi cv. BRS Pajeú. *Colloquium Agrariae*, v.15, n.4, p.60-73, 2019.
- GUIMARÃES, C. M.; STONE, L. F.; MOREIRA, J. A. Soil compaction in a bean crop. II: Effect on root and shoot development. *Revista Brasileira de*

Engenharia Agrícola e Ambiental, v.6, n.2, p.213-218, 2002.

HAYAT, I.; AHMAD, A.; MASUD, T.; AHMED, A.; BASHIR, S. Nutritional and health perspectives of beans (*Phaseolus vulgaris* L.): an overview. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, v.54, n.5, p.580-592, 2014.

LE BOEDEC, K. Sensitivity and specificity of normality tests and consequences on reference interval accuracy at small sample size: a computer-simulation study. *Veterinary Clinical Pathology*, v.45, n.4, p.648-656, 2016.

MESQUITA, F. R.; CORRÊA, A. D.; DE ABREU, C. M. P.; LIMA, R. A. Z.; ABREU, A. Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) lines: chemical composition and protein digestibility. *Ciência e Agrotecnologia*, v.31, n.4, p.1114-1121, 2007.

MICROSOFT. Microsoft Office Excel v.16. Redmond: Software, 2016.

MODOLO, A. J.; TROGELLO, E.; NUNES, A. L.; MODERNE DA SILVEIRA, J. C.; KOLLING, E. M. Effect of soil compaction upon the seed on the development of bean culture. *Acta Scientiarum Agronomy*, v.33, n.1, p.89-95, 2011.

NIKKEL, M. Culturas agrícolas em Plintossolo Pétrico Concrecionário. 81f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal). Universidade Federal do Tocantins. Gurupi, 2019.

NIKKEL, M.; LIMA, S. O. Spatial distribution of soil organic matter under the use of different center pivots. *Acta Iguazu*, v.6, n.3, p.56-64, 2017.

SEPLAN. Secretaria do Planejamento e Orçamento do Tocantins. Produto cartográfico, solos do Tocantins. Palmas: SEPLAN, 2015. 80p.

PEIXOTO, C. P.; CRUZ, T. V.; PEIXOTO, M. F. S. Análise quantitativa do crescimento de plantas: conceitos e prática. *Enciclopédia Biosfera*, v.7, n.13, p.51-76, 2011.

PEIXOTO, C. P.; PEIXOTO, M. de F. da S. P. Dinâmica do crescimento vegetal. In: CARVALHO, C. A. L. de; DANTAS, A. C. V. L.; PEREIRA, F. A. de C.; SOARES, A. C. F.; MELO FILHO, J. F. de; OLIVEIRA, G. J. C. de. Tópicos em ciências Agrárias. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas: 2009. p.39-53.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. V. H. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5. Aproximação. Viçosa: CFSEMG, 1999. 359p.

SILVA, L. C.; BELTRÃO, N. D. M.; AMORIM NETO, M. D. S. Análise do crescimento de comunidades vegetais. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2000. 18p.

TORMAN, V. B. L.; COSTER, R.; RIBOLDI, J. Normality of variables: diagnosis methods and comparison of some nonparametric tests by simulation. *Revista Hospital das Clínicas de Porto Alegre*, v.32, n.2, p.227-234, 2012.

ZAKARIA, N. I.; ISMAIL, M. R.; AWANG, Y.; MEGAT WAHAB, P. E.; BERAHIM, Z. Effect of root restriction on the growth, photosynthesis rate, and source and sink relationship of Chilli (*Capsicum annum* L.) grown in soilless culture. *BioMed Research International*, v.2020, p.1-14, 2020.

## Capítulo 7

# DIAGNÓSTICO DE DRENAGEM DA SUB-BACIA URBANIZADA DO CÓRREGO MUTUCA, GURUPI-TO

**Luara de Carvalho Silva Gama<sup>1</sup>**  
**Thainara Delmônico Remigio<sup>2</sup>**  
**Alesi Teixeira Mendes<sup>3</sup>**  
**Nelita Gonçalves Faria de Bessa<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Graduanda em Eng. Civil, UnirG, Gurupi-TO, luaragama10t@gmail.com

<sup>2</sup>Graduanda em Eng. Civil, UnirG, Gurupi-TO thairemigio@gmail.com

<sup>3</sup>Me. Prof. Assistente, UnirG, Gurupi-TO, alesit Mendes@gmail.com

<sup>4</sup>Dra. Profa. Titular, UnirG, Gurupi-TO, eduambiental@unirg.edu.br

### Introdução

A Lei nº 11.445/07 caracteriza o Saneamento Básico como o conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais de transporte, limpeza urbana, manejo de resíduos sólidos e drenagem de águas pluviais nas áreas urbanas (BRASIL, 2007).

O conjunto de atividades operacionais interligadas no sistema de planejamento de uma cidade para realizar a coleta, o transporte e o lançamento final das águas superficiais deve ser entendido como o sistema de drenagem urbana. E o gerenciamento dessas atividades nas cidades brasileiras, de modo geral, é realizado pelas prefeituras municipais através do Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) (PALMAS, 2014).

O município de Gurupi, localizado às margens da BR-153 é a terceira maior cidade do Estado do Tocantins, possui um PMSB datado de 2017. Os PMSB acompanham a atualização do Plano Plurianual, deste modo é de se esperar que o de Gurupi passe por processos de atualização, o que torna ainda mais evidente a necessidade de estudos atuais que possam auxiliar essa atualização (GURUPI, 2017).

Outros instrumentos legais que se associam a política municipal de saneamento devem estar alinhados para assegurar um desenvolvimento eficiente e sustentável, como por exemplo, o Plano Diretor de Drenagem Urbana (PDDU), documento que faz parte do Plano Diretor, e legisla sobre a Política de Desenvolvimento Municipal. O PDDU, geralmente, tem como finalidade a gestão do planejamento da infraestrutura relacionada ao escoamento das águas pluviais e dos rios na área urbana. Este planejamento objetiva garantir melhoria das condições de saúde e

meio ambiente da cidade e evitar perdas econômicas (TUCCI, 2002).

De acordo com Canholi (2014), a grande responsável pelo estado caótico do controle das enchentes nas áreas urbanas brasileiras é a falta de visão sistêmica no planejamento da macrodrenagem. Além disso, os sistemas de escoamento das águas pluviais das cidades devem ser eficientes, sustentáveis e capazes de evoluir conforme a evolução das cidades para atender as necessidades da população e garantir uma qualidade de vida adequada no decorrer do tempo (MENDES, 2019).

As cheias urbanas são um dos maiores problemas enfrentados atualmente e que estão diretamente ligadas à drenagem, trata-se de um desafio presente em grandes cidades de países em desenvolvimento, onde, têm-se recursos escassos, e que a ideia de urbanização nem sempre foi acompanhada pela infraestrutura que seria necessária para este crescimento (MIGUEZ et al., 2013).

Os sistemas de drenagem inadequados ou ineficientes têm contribuído na determinação da forma como as cidades se desenvolvem, associados à falta de planejamento, falta de controle do uso do solo e ocupação de áreas de risco (DIAS et al., 2010).

Os benefícios oriundos da implantação de um correto sistema de drenagem pluvial são inúmeros, podendo destacar alguns como melhoramento de tráfego rodoviário e pedestre; redução de gastos com manutenção das vias públicas e áreas adjacentes permeáveis e impermeáveis; escoamento mais intenso das águas superficiais; eliminação de águas estagnadas; nível freático adequado; e uma considerável redução da erosão hídrica do solo (LOURENÇO, 2014).

Diante da necessidade de otimização dos sistemas convencionais de Drenagem Urbana, os modelos de desenvolvimento sustentável, que há cerca de quatro décadas já são utilizados nos países desenvolvidos, tem ganho espaço no Brasil (TUCCI, 2003).

Palmas, a capital do Estado do Tocantins, teve em 2019 seu Plano Diretor revisado. No novo documento a ideia de sustentabilidade está aliada a gestão da drenagem do município, incentivando a adoção dos sistemas de drenagem sustentável em área urbana em complemento à drenagem artificial (MENDES, 2019). Já o Plano Diretor de Gurupi, não apresenta diretrizes específicas para a drenagem urbana no município, mas instituiu uma política de meio ambiente para apontar as necessidades de investimento e propor estratégias e programas a serem implementados para alcançar as metas (GURUPI, 2018).

É de se esperar que os demais municípios do estado acompanhem a mudança da capital. Gurupi, a terceira maior economia do Tocantins, é um exemplo da ausência de visão sistêmica no planejamento, não apresentando um plano de drenagem urbana eficiente, embora os sinais de degradação já sejam recorrentes, incorrendo em alagamentos em vários pontos da cidade, com evidente falta de medidas que garantam o escoamento eficiente das águas pluviais (MENDES, 2019).

A ausência de dados sistematizados e regionalizados que auxiliem no planejamento e gestão marca a realidade da maioria dos municípios tocantinenses. As prefeituras municipais raramente possuem os registros locais referentes ao volume de precipitação e eventos críticos, por exemplo (MENDES & ZUKOWSKI JUNIOR, 2019). Desta maneira, é essencial que os órgãos gestores dos municípios possuam um banco de dados com informações atuais das condições dos dispositivos de drenagem existentes.

A Engenharia Civil, em específico o setor de Infraestrutura Urbana, em articulação com as políticas públicas de desenvolvimento urbano e áreas afins, tem responsabilidade pela preservação e conservação do ecossistema das áreas urbanizadas e em processo de urbanização, o que requer a aplicação de medidas que preservem as áreas de infiltração natural, usam adequadamente o solo, preservam os mananciais, manejam as águas pluviais e permitem a recarga das águas subterrâneas, além de tratar os efluentes, entre

outras. Os parâmetros resultantes do diagnóstico quanto à drenagem de um curso hídrico, tal qual o Mutuca, já bastante antropizado, assume fundamental importância no processo de requalificação urbana, ainda em tempo possível de tomada de decisão antes de seu comprometimento irreversível. O conhecimento acerca das variáveis morfométricas e a caracterização dos dispositivos atuais de drenagem podem contribuir com a melhoria deste cenário atual local (BESSA et al., 2016).

Contudo, é positivo que reconheçamos na atualidade sobre alguns avanços quanto as metodologias de drenagem em meio urbano, especialmente. Dentre os aprimoramentos, novas técnicas vem sendo adotadas ao longo dos últimos anos com propósito de amortecer a velocidade do escoamento superficial, aumentar a infiltração, preservar o tempo e vazão de pico, reter e deter o fluxo drenado antes de ser lançado nas galerias, adotando assim, no propósito da drenagem sustentável os pavimentos permeáveis, valas e poços de infiltração, bacias de retenção ou retenção, dissipadores de energia, canais e rampas dentadas ou com degraus, o uso das águas pluviais em edificações familiares (LINARD, 2017; CAUDURO et al., 2019).

De acordo com Coaduro et al. (2019) torna-se um desafio sobretudo para os profissionais da engenharia, em específico o setor de infraestrutura urbana, atuar frente a uma realidade de infraestrutura urbana pautada no descaso e baixos investimentos destinados a drenagem urbana, justificando cada vez mais estudos de técnicas de drenagem complementares e alternativas para a solução e contenção de inundações e enchentes, fato que já ocorre em arranjos populacionais brasileiros onde em sua maioria, 64,3%, conta com até 100.000 habitantes o que é chamado de pequenas municipalidades. Segundo os autores, isto passa pelo entendimento cada vez maior quanto as suas responsabilidades, que vão desde a preservação do ecossistema das áreas urbanizadas e em processo de urbanização, o que se dá a partir do planejamento e execução de práticas que associem a redução do impacto ambiental à aplicação de medidas que preservem as áreas de infiltração natural, usam adequadamente o solo, preservam os mananciais, manejam as águas pluviais e permitem a recarga das águas subterrâneas, assim como tratam os efluentes, entre outras.

Desta maneira, o objetivo desse estudo é

classificar a sub-bacia urbana do córrego Mutuca na cidade de Gurupi - TO e analisar a condição do seu sistema de drenagem, destacando algumas práticas alternativas sustentáveis e desafios para drenagem urbana no município.

## Material e Métodos

### Área de estudo

O estudo foi desenvolvido na bacia de drenagem do Córrego Mutuca, em Gurupi, município do sul do Estado do Tocantins. A cidade conta com uma área de 1.836 km<sup>2</sup> e uma população de 77.114 habitantes (IBGE, 2010). A seleção da área de análise deu-se pela necessidade de se obter dados do sistema de drenagem da sub-bacia a fim de contribuir com políticas futuras de intervenção na realidade local. A sub-bacia está inserida na Região Hidrográfica Tocantins-Araguaia (RHTA) que possui uma área de aproximadamente, 920 mil km<sup>2</sup> (10,8% do território nacional), a maior parte se situa na região Centro-Oeste, desde as nascentes dos rios Araguaia e Tocantins até a sua confluência, e daí, para jusante, entra na Região Norte até a sua foz (ANA, 2015)

Segundo o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), a precipitação média anual na RH Tocantins-Araguaia é de 1.774mm, bem menor do que o valor da média nacional de 1.761mm. O município de Gurupi possui precipitação anual média de 1.804mm, caracterizada por um inverno seco e um verão chuvoso (SILVA et al., 2007).

De acordo com a classificação climática de Thornthwaite, Gurupi possui um clima do tipo C2wA'a', caracterizado por um clima úmido subúmido com moderada deficiência hídrica no inverno, evapotranspiração potencial média anual de 1.500mm, distribuindo-se no verão em torno de 420mm ao longo dos três meses consecutivos com temperatura mais elevada (TOCANTINS, 2012).

Dentro das ações antrópicas, Lima et al. (2000), afirma que em um todo, a evolução geológica do estado pode ser caracterizada com diferentes tipos de rochas e grande oscilação fisionômica, onde a microrregião onde está inserido Gurupi conta com rochas do tipo gnaisse, relevo do tipo plano a suave-ondulados e vegetação variante dos tipos cerrados, campo cerrado e campo sujo. Já em relação ao solo pode ser caracterizado como Podzólico Vermelho-Amarelo, Latossolo Vermelho-Amarelo e Cambissolo. O que nos leva a um potencial erodibilidade dos solos dessa região.

No que diz respeito ao Córrego Mutuca, com sua nascente e foz localizadas no município de Gurupi-TO, que em grande parte em meio a área já urbanizada. Tem sua relevância destacada, ainda, por desembocar no córrego Água Franca, sendo esta, a atual bacia hídrica de abastecimento público. Além disso, sua nascente pertence à uma área de proteção ambiental APA. Percorre o perímetro urbano do distrito no sentido Oeste-Leste e faz parte da bacia do Rio Santo Antônio, município de Gurupi-TO, com área 3.057,4 Km<sup>2</sup>, representando 1,1% da bacia do Rio Tocantins, no qual o Mutuca, especificamente, possui uma área de preservação permanente de aproximadamente 0,30 Km<sup>2</sup> e largura aproximada de 5 Km (BESSA et al., 2019).

O córrego está inserido numa região com grande urbanização, o que gera impacto na infraestrutura e leva à degradação deste recurso hídrico. Atualmente, em decorrência do grande volume de descargas de água pluvial da zona urbana, junto ao seu leito, encontra-se assoreado (GURUPI, 2014).

### Delimitação da sub-bacia

A delimitação da sub-bacia do córrego Mutuca foi realizada com a ferramenta TauDEM (*Terrain Analysis Using Digital Elevation Models*), instalada no programa QGIS versão 2.18. O MDT utilizado na delimitação da parcela urbana foi gerado a partir de um levantamento planialtimétrico, com curvas de nível de 1 metro da área urbana da cidade, fornecido pela Secretaria de Infraestrutura e Obras de Gurupi.

A análise morfométrica foi realizada a fim de obter as características de geometria, relevo e de drenagem da bacia. Foram determinados na caracterização geométrica a área e o perímetro da bacia, bem como seu coeficiente de compacidade (Kc), fator de forma (Kf), a densidade hidrográfica (Dh) e extensão da bacia. O Kc é uma relação entre a forma da bacia com um círculo. Constitui a relação entre o perímetro da bacia e a circunferência de um círculo de área igual ao da bacia, esse coeficiente é sempre maior que 1, quanto menor o Kc, mais circular é a bacia e maior a tendência de haver picos de enchente. O Kf, por sua vez, é a razão entre a largura média e o comprimento axial da bacia, quanto menor o Kf, mais comprida é a bacia e, portanto, menos sujeita a picos de enchente (MENDES, 2018).

Na análise da Dh foi utilizada a classificação proposta por Lollo (1995), na qual a densidade hidrográfica é separa nas seguintes

faixas de valores de acordo com o apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. Classificação da densidade hidrográfica (Dh) de bacias

Dh (km/km <sup>2</sup> )	Denominação
< 3	Baixa
3 - 7	Média
7 - 15	Alta
> 15	Muito Alta

Fonte: Adaptado de Lollo (1995).

#### Caracterização do uso e ocupação do solo

A caracterização do uso e ocupação do solo se deu por meio de classificação supervisionada de imagem de alta resolução da área de estudo, pelo método de máxima verossimilhança (MAXVER), de acordo com Mendes (2019). A imagem utilizada na classificação foi a do satélite Plêiades do ano de 2015 com resolução espacial de 0,50 m, resolução radiométrica de 8 bits por célula e composição colorida em 3 bandas (*red, green e blue*), com coordenadas de latitude 11°44'07.55" S e longitude 49°04'23.61" W.

Foram determinadas, além das

características geométricas da microbacia, as características de cobertura do solo, levando em consideração o *curve number* (CN) (VALLE et al., 2019; COSTA et al., 2019; BABAEI et al., 2018). Na supervisão da imagem foram considerados três tipos distintos de solo na área: áreas com vegetação, campos abertos sem vegetação e áreas impermeabilizadas. Foram consideradas áreas com vegetação com CN igual a 61, campos abertos sem vegetação igual a 69 e áreas impermeabilizadas igual a 98 (MENDES, 2019; MENDES et al., 2020).

#### Diagnóstico da situação do sistema de macrodrenagem da bacia

O diagnóstico da situação do sistema de macrodrenagem da bacia foi construído por meio de visitas *in loco* para a coleta de informações utilizando a metodologia adotada por Pereira et al. (2019).

#### Resultados e Discussão

##### Delimitação morfométrica da sub-bacia

Quanto aos aspectos morfométricos da bacia de drenagem, pode-se observar na Tabela 2 os valores encontrados.

Tabela 2. Delimitação da sub-bacia urbanizada do córrego Mutuca, Gurupi-TO

Parâmetros	Valores
Área (km <sup>2</sup> )	7,47
Perímetro (km)	13,54
Talvegue principal (km)	4,54
Fator de forma (Kf)	0,35
Coefficiente de compacidade (Kc)	1,42
Índice de circularidade (Ic)	0,49
Densidade de drenagem (km/km <sup>2</sup> )	0,63
Cota máxima (m)	332,00
Cota mínima (m)	272,00
Amplitude (m)	60,00

Observa-se que a sub-bacia do Córrego Mutuca possui área de 7,47 km<sup>2</sup>, um perímetro de 13,54 km e talvegue principal com 4,54 km (Tabela 2). Os valores encontrados estão próximos dos apresentados no PMSB de

Drenagem do município (GURUPI, 2014).

A Figura 1 apresenta a representação dos parâmetros de delimitação da sub-bacia urbanizada do córrego Mutuca.

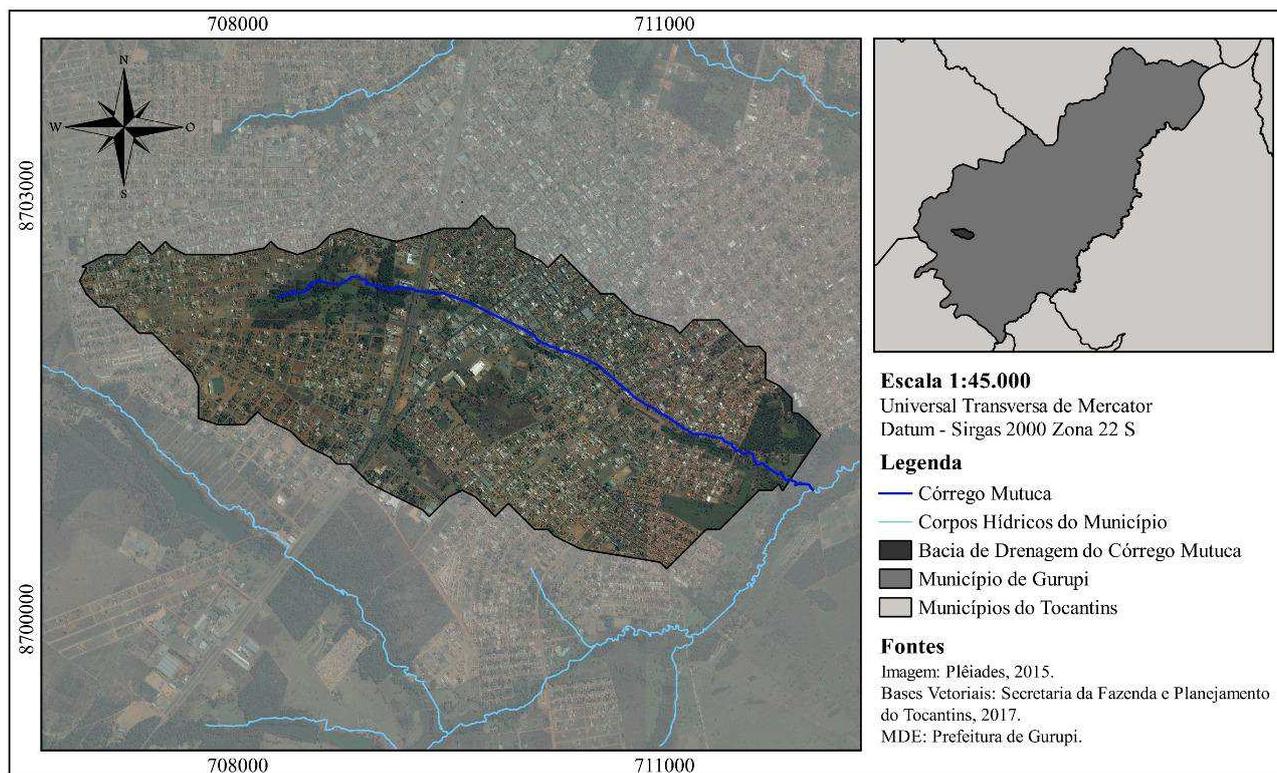


Figura 1. Delimitação da Sub-bacia urbanizada do córrego Mutuca, Gurupi-TO.  
 Fonte: adaptado de Plêiades (2015); TOCANTINS (2017); PMGU (2012).

A bacia possui um coeficiente de compacidade ( $K_c$ ) igual a 1,42, considerado baixo, típico de bacias mais alongadas, característica que indica ser susceptível ao escoamento com baixos riscos de ocorrência de cheias.

Com relação ao fator de forma ( $K_f$ ), a sub-bacia apresenta um valor baixo de 0,35, isso implica em uma menor possibilidade de ocorrência de enchentes em condições normais de precipitação. O índice de circularidade, determinado em 0,49, resulta em uma bacia de forma alongada, ratificando o  $K_c$  apresentado na Tabela 2. Essas características de bacias irregulares e alongadas tenderem menos a eventos de inundações são evidenciados nos trabalhos de Santos et al. (2012), Nunes, Ribeiro e Fiori (2006), Hiruma e Pançano (1994), Mendes (2019) e Mendes et al. (2020).

A densidade de drenagem ( $D_d$ ) é a relação entre o comprimento total do canal e a área da sub-bacia, como  $D_d$  depende do comportamento hidrológico dos solos, nos mais impermeáveis as condições para ocorrer escoamento superficial são melhores, aumentando a densidade de drenagem (SANTOS, et al., 2012). O índice de densidade de drenagem estimado para a sub-bacia é de 0,63  $\text{km}/\text{km}^2$ , o que demonstra um sistema de drenagem com baixa capacidade, segundo a

classificação de Lollo (1995).

Na Tabela 3 podem-se observar os valores encontrados das taxas de declividades em porcentagem.

Tabela 3. Declividade

Declividade (%)	
> 0,5	0,59
0,5 - 1,0	0,00
1,0 - 1,5	3,40
1,5 - 2,0	0,00
2,0 - 2,5	2,36
2,5 - 3,0	0,00
< 3,0	0,81
<b>Total</b>	<b>7,16</b>
Declividade Mín.	0,98
Declividade Máx.	3,91
Declividade Méd.	1,75
Relevo	Plano

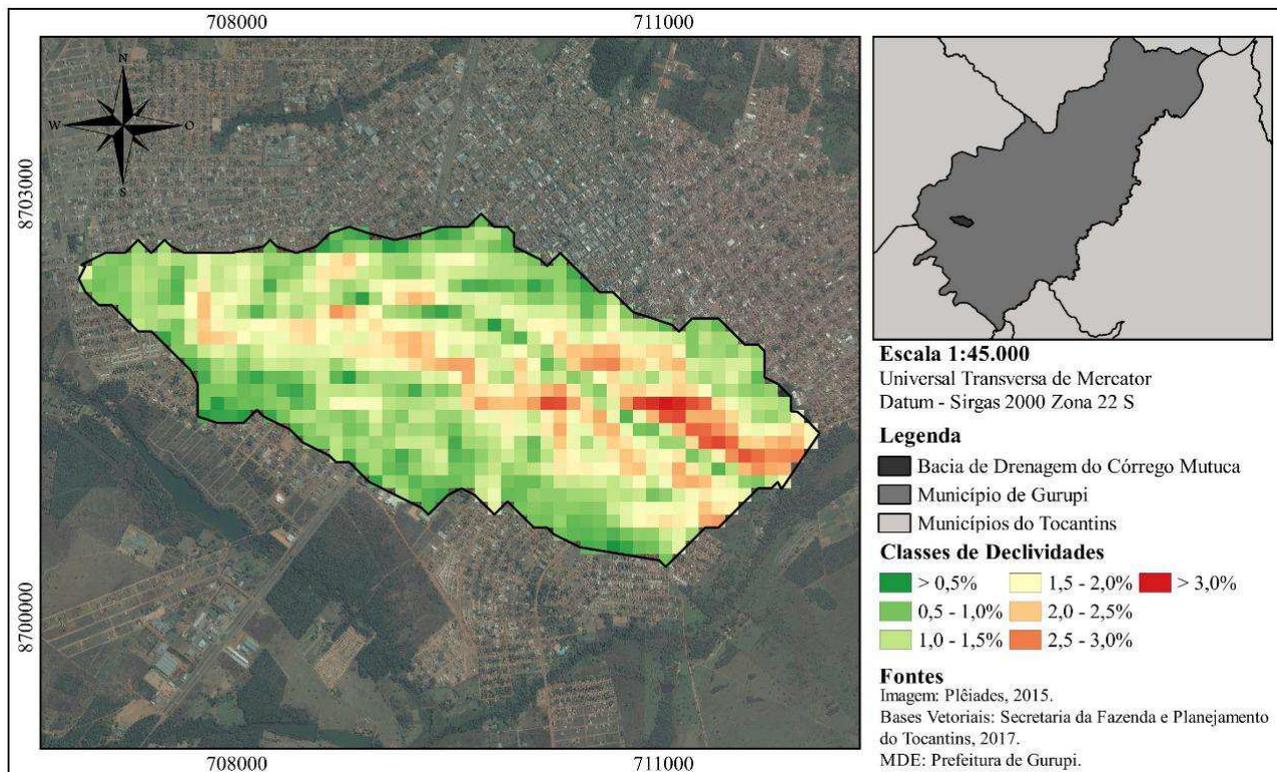
De acordo com Santos et al. (2012), dependentemente do relevo pode existir um grande desnível entre a cabeceira e o exutório da bacia, o que resulta em uma maior declividade média da bacia. Neste caso, por ser uma área com relevo plano, amplitude de 60 m, as taxas de declividade não possuem grandes alterações conforme apresenta a Tabela 3.

No que diz respeito à análise da declividade, a microbacia possui valores típicos

de áreas urbanas em regiões planas, as quais em seus valores extremos as declividades não são menores que 0,5% e nem maiores que 3%. Outros trabalhos desenvolvidos no Estado, apresentam análises de relevo em que se percebe a predominância de relevos planos no Tocantins (BOGNOLA et al., 1997). No trabalho

desenvolvido por Mendes (2018) na bacia do Rio Santo Antônio, a qual Gurupi está incluído, é identificado relevo suave e plano com valores abaixo de 3%.

A Figura 2 apresenta o mapa de declividades da bacia de drenagem do córrego Mutuca.



**Uso e ocupação do solo**

A Tabela 4 apresenta os valores de uso e

cobertura do solo encontrados na análise supervisionada na imagem da área de estudo.

Tabela 4. Uso e ocupação do solo

Tipo de Cobertura	Área (km <sup>2</sup> )	Percentual (%)	CN	CN <sub>final</sub>
Áreas com vegetação	1,34	18	61	
Campos abertos sem vegetação	0,57	8	69	89,11
Áreas impermeabilizadas	5,55	74	98	
Total	7,47	100		

\*CN = Número de Curva.

Evidencia-se pela análise do uso e ocupação da área de estudo o elevado valor de CN, típico de áreas densamente urbanizadas, o que acarreta volumes acentuados de escoamento superficial. Esse escoamento é conduzido quase que inteiramente para um único corpo hídrico receptor, o Córrego Mutuca. Barros et al. (2019) reforça isso salientando que o córrego recebe contribuição de águas pluviais de outras áreas da cidade, o que implica na

necessidade e urgência de adequação do sistema de drenagem.

O maior percentual encontrado na análise de uso e ocupação do solo são das áreas de solo impermeabilizadas que representam 74% da área total da sub-bacia, áreas com vegetação com 18%, e 8% para as áreas de campos abertos sem vegetação, representados na Figura 3.

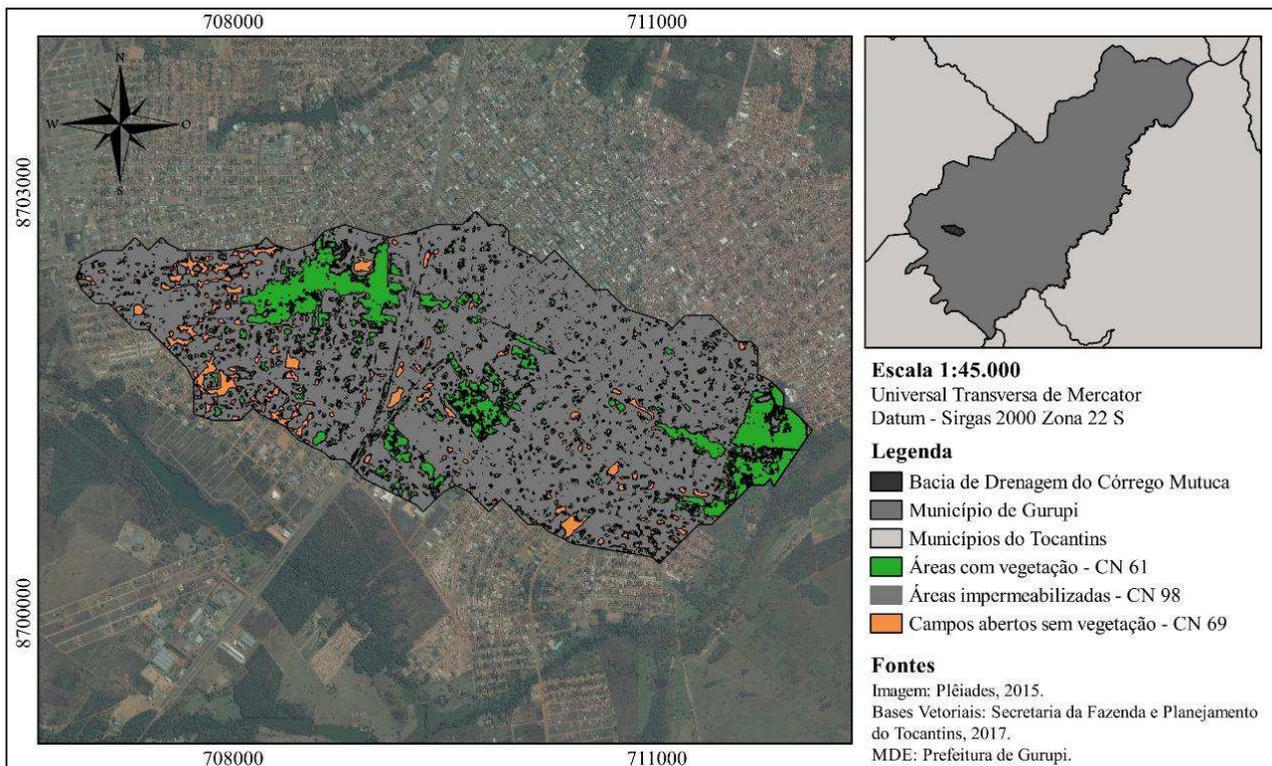


Figura 3. Uso e cobertura do solo da sub-bacia urbanizada do córrego Mutuca, Gurupi-TO.  
 Fonte: adaptado de Plêiades (2015); TOCANTINS (2017); PMGU (2012).

#### Caracterização dos dispositivos de drenagem

No sistema de drenagem da sub-bacia do Mutuca são identificados dispositivos convencionais, tais como bocas de lobo, galerias, poços de visita, sarjetas, canalização do córrego e parque linear. E alguns dispositivos de baixo impacto, como a parque linear do Mutuca, cuja área preservada dos processos de urbanização, auxilia o processo de infiltração de água no solo.

Entretanto, como destaca Machado e Poleza (2017), medidas estruturais são de grande importância para a solução de grande parte dos problemas das inundações, porém isoladas não representam soluções eficazes e sustentáveis, sem contar com os altos custos de sua implantação e manutenção. Por outro lado, Melo (2007) aponta que a implantação exclusiva de medidas não-estruturais em áreas já urbanizadas e degradadas não garante proteção completa contra problemas como enchentes e alagamentos. Logo, conforme

salienta Mendes (2019) em ambos os casos as medidas quando implantadas isoladamente são deficientes para resolver os problemas de drenagem das cidades, assim evidencia-se a necessidade de integração nas medidas de drenagem.

Por meio das visitas *in loco* observou-se que, o canal e o parque linear, apesar de contribuírem com a drenagem atuando como áreas de inundação em chuvas intensas, não passam por manutenções periódicas. A vegetação retém muita água, retarda a velocidade de escoamento e ocasiona o transbordamento do canal. A referida situação é reforçada por Barros et al. (2019) o qual pondera que em Gurupi, à medida que se inicia o período chuvoso verificam-se muitos problemas de erosão e inundações na área em estudo resultando na dificuldade no tráfego de veículos e pedestres, como se pode observar na Figura 4 (a, b, c e d).



Figura 4. (a) Canal sem manutenção periódica; (b) Transbordamento do canal; (c) Canal sem manutenção periódica; (d) Alagamento da via.

### Conclusão

Concluiu-se que a microbacia do Córrego Mutuca por natureza apresentou baixo potencial para ocorrência de inundações devido a sua geometria alongada. Todavia, boa parte da microbacia que cobre a região urbana apresentou área densamente impermeabilizada e, em virtude desse adensamento estará suscetível a eventos de alagamento.

Dadas as condições da região é válido ressaltar, também, que ocorre a necessidade de realização de manutenções periódicas do sistema de drenagem, visando auxiliar na redução do número de alagamentos que oferecem risco à saúde da população e deterioração das propriedades públicas e particulares.

### Referências

ANA. Agência Nacional de Águas. 2015. Disponível em: <http://conjuntura.ana.gov.br/>. Acesso em: 20 de maio de 2020.  
BABAIEI, S.; GHAZAVI, R.; ERFANIAN, M. Urban flood simulation and prioritization of critical urban sub-catchments using SWMM model and PROMETHEE II approach. Physics and

Chemistry of the Earth, Parts A/B/C, v.105, p.3-11, 2018.

BARROS, H. D. B.; RODRIGUES, C. R.; STIVAL, A. H. S. M. Estudo Hidrológico para fins de Drenagem Urbana em Gurupi-TO. Revista Científica Semana Acadêmica, v.1, n.183, p. 1-19, 2019.

BESSA, N. G. F.; COELHO, M. C. B.; GOMES, A. S. B.; SILVA, M. V. C.; ATAÍDE, Y. S. B.; ERPEN, M. L.; BARILLI, J. Densidade e sucessão ecológica das áreas ciliares na micro bacia urbanizada do município de Gurupi-TO. In: Encontro Nacional de Comitês de Bacias Hidrográficas, 21, 2019, Foz do Iguaçu. Anais... Foz do Iguaçu, 2019.

BESSA, N. G. F.; COELHO, M. C. B.; LIMEIRA, M. M. C.; GREGÓRIO, W. M.; GOERGEN, S. F.; TAVARES, B. R. D.; SILVA, M. V. C.; ATAÍDE, Y. S. B.; VIEIRA, K. P.; GOMES, A. S. B. Antropização de microbacia urbanizada dos Rios Santo Antônio e Santa Tereza do município de Gurupi-TO: Indicadores Fitossociológicos. In: Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental e Sustentabilidade, 2016, João Pessoa. Anais...João Pessoa, 2016.

BOGNOLA, I. A.; MIRANDA, E. E.; SARRAIPA, L. A. S.; LUCENA JÚNIOR, J. F.; MATTOS, C. O.

- Erodibilidade potencial dos solos do Estado do Tocantins. Embrapa-NMA, 1997. 19p.
- BRASIL. Lei nº 11445, de 05 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. Diário Oficial da União: Brasília, DF, seção 1, p. 3, 08 jan. 2007.
- CANHOLI, A. P. Drenagem urbana e controle de enchentes. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2014. 384p.
- CAUDURO, F.; MÜLLER, C. R.; ROSA, G. G. Proposta de drenagem sustentável para uma municipalidade de pequeno porte – Estudo de caso. Águas Subterrâneas - Seção Estudos de Caso e Notas Técnicas. Associação Brasileira de Águas Subterrâneas, v.33, n.2, p.8, 2019.
- COSTA, F. F.; PAZ, A. R.; PICCILLI, D. G. A. Modified NRCS-CN-TUH methods for distributed rainfall-runoff modeling. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v.24, n.21, p.1-15, 2019.
- DIAS, F. S.; ANTUNES, P. T. S. C. Estudo comparativo de projeto de drenagem convencional e sustentável para controle de escoamento superficial em ambientes urbanos. 116f. Monografia. Escola Politécnica. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2010.
- GURUPI. Prefeitura Municipal de Gurupi. Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Sustentável do Município de Gurupi, 2018. Lei Complementar nº 28, de 09 de novembro de 2018. Gurupi. p.1-100, 2018.
- GURUPI. Prefeitura Municipal de Gurupi. Plano Municipal de Saneamento Básico de Gurupi, 2017. Lei Ordinária nº 2377, de 29 de dezembro de 2017. Gurupi. p.1-433, 2017.
- HIRUMA, S. T.; PONÇANO, W. L. Densidade de drenagem e sua relação com fatores geomorfopedológicos na área do alto rio Pardo, SP e MG. Revista do Instituto Geológico, v.15, n.1-2, p.49-57, 1994.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2010. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 20 de maio de 2020.
- INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>. Acesso em: 20 de maio de 2020.
- LIMA, A. A. C.; OLIVEIRA, F. N. S.; AQUINO, A. R. L. Solos e aptidão agrícola das terras do Estado do Tocantins. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2000. Cap.31, 27p.
- LINARD, P. A. R. G. Drenagem compensatória e sua aplicação em uma área da UFRN. 71f. Monografia (Bacharel em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2017.
- LOLLO, J. A. O uso da técnica de avaliação do terreno no processo de elaboração do mapeamento geotécnico: sistematização e aplicação na quadrícula de Campinas. 268f. Tese (Doutorado em Geotecnia). Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo. São Carlos, 1995.
- LOURENÇO, R. R. A.; SOUSA, J. J. O. Sistemas urbanos de drenagem sustentáveis, 145f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil - Especialização em Construção Urbana). Instituto Politécnico de Coimbra. Instituto Superior de Engenharia de Coimbra. Coimbra, 2014.
- MACHADO, O. J.; POLEZA, M. M. Medidas estruturais e não estruturais implementadas para minimizar impactos com as inundações no município de Taió. 2017. Disponível em: <http://www.uniedu.sed.sc.gov.br/wp-content/uploads/2017/09/Orli-Jos%C3%A9-Machado.pdf> Acesso em: 25 de maio de 2020.
- MELO, M. J. V. Medidas estruturais e não-estruturais de controle de escoamento superficial aplicáveis na bacia do rio Fragoso na cidade de Olinda. 172f. Tese (Doutorado em Ciências de Engenharia Civil). Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2007.
- MENDES, A. T. Delimitação da bacia hidrográfica do Rio Santo Antônio pela ferramenta de delimitação automática TauDEM. Revista Brasileira de Geografia Física, v.11, n.3, p.973-986, 2018.
- MENDES, A. T.; ANDRADE, R. S. Dispositivos de drenagem urbana de baixo impacto para diminuição da vazão no sistema de microdrenagem da bacia urbana do córrego Brejo Comprido. 119f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Universidade Federal do Tocantins. Palmas, 2019.
- MENDES, A. T.; IOPP, P. L.; CAMARGO, D. L. Q. Delimitação morfométrica e determinação do curve number da microbacia hidrográfica do córrego Brejo Comprido, Palmas-TO. In: FRANCISCO, P. R. M. et al. Ciência, Desenvolvimento e Inovação na Engenharia e Agronomia Brasileira. Campina Grande: EPGRAF, 2020. Cap.2, p.18-28.
- MIGUEZ, M. G.; VEROL, A. P.; REZENDE, O. M. Manejo de águas urbanas e sua relação com o desenvolvimento urbano em bases sustentáveis integradas — estudo de caso dos rios Pilar-Calombé, em Duque de Caxias/RJ. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v.18, n.2, p.1-15, 2013.

NUNES, F. G.; RIBEIRO, N. C.; FIORI, A. P. Propriedades morfométricas e aspectos físicos da bacia hidrográfica do rio Atuba: Curitiba-Paraná. In: Simpósio Nacional de Geomorfologia, 4, 2006, Goiânia. Anais...Goiânia, 2006.

PALMAS. Prefeitura Municipal de Palmas. Plano Municipal de Saneamento Básico de Palmas-TO. Anexo III ao Decreto nº 700, de 15 de janeiro de 2014. v. III: Drenagem Urbana. Palmas. p. 5,2014.

PALMAS. Prefeitura Municipal de Palmas. Plano Municipal de Saneamento Básico de Palmas-TO. Anexo III ao Decreto nº 700, de 15 de janeiro de 2014. v. III: Drenagem Urbana. Palmas. p. 5,2014.

PEREIRA, M. C. S.; MARTINS, J. R. S.; MARTINS, R. S. Potencial de aplicação de infraestrutura verde na bacia de drenagem do córrego Belini. Revista Labverde, v.9, n.2, p.36-60, 2019.

SANTOS, A. M.; TARGA, M. S.; BATISTA, G. T.; DIAS, N. W. Análise morfométrica das sub-bacias hidrográficas Perdizes e Fojo no município de Campos do Jordão, SP, Brasil. Revista Ambiente & Água, v.7, n.3, p.195-211, 2012.

SILVA, R. R.; FREITAS, G. A.; SIEBENEICHLER, S. C.; MATA, J. F.; CHAGAS, J. R. Desenvolvimento inicial de plântulas de *Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) Schum. sob influência de sombreamento. Acta Amazonica, v.37, n.3, p.365-370, 2007.

TOCANTINS. Atlas do Tocantins: subsídios ao planejamento da gestão territorial. 6. ed. 2012. 80p.

TUCCI, C. E. M. Drenagem urbana. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v.55, n.4, p.36-37, 2003.

TUCCI, C. E. M. Gerenciamento da drenagem urbana. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v.7, n.1, p.5-27, 2002.

VALLE JUNIOR, L. C. G.; RODRIGUES, D. B. B.; OLIVEIRA, P. T. S. Initial abstraction ratio and curve number estimation using rainfall and runoff data from a tropical watershed. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v.24, n.5, p.1-9, 2019.

ZUKOWSKI JUNIOR, J. C.; MENDES, A. T. Caracterização do Regime Pluviométrico do Município de Araguaína-TO. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 34, n. 4, p. 449-458, 2019.

## Capítulo 8

# DETERMINAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS DE UM SUCO MISTO EM PÓ

**Silvana Belém de Oliveira Vilar<sup>1</sup>**

**Inácia dos Santos Moreira<sup>2</sup>**

**Ana Júlia de Brito Araújo<sup>3</sup>**

**Newton Carlos Santos<sup>4</sup>**

**Sâmela Leal Barros<sup>5</sup>**

**Nailton de Macedo Albuquerque<sup>6</sup>**

**Juliana Cantalino dos Santos<sup>7</sup>**

**Andressa Ribeiro de Oliveira<sup>8</sup>**

<sup>1,3,7</sup>Professora do Instituto Federal do Sertão Pernambucano, IF Sertão/Campus Petrolina-PE, silvana.belem@ifsertao-pe.edu.br; ana.julia@ifsertao-pe.edu.br; juliana.cantalino@ifsertao-pe.edu.br;

<sup>2</sup>Tecnóloga em Alimentos, Doutora em Engenharia Agrícola, inaciamoreira@gmail.com

<sup>4</sup>Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, UFRN/CCT/DEQ, Campus Natal-RN, newtonquimicoindustrial@gmail.com

<sup>5</sup>Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Ciências e Tecnologia dos Alimentos, Universidade Federal do Ceará, UFC/CCA/DCTA, Campus do Pici, Fortaleza-CE, samelaleal7@gmail.com

<sup>6</sup>Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, UFCG/CTRN/UAEA, juniornailton99@gmail.com

<sup>8</sup>Graduanda em Tecnologia em Alimentos. IF Sertão/Campus Petrolina-PE, dressar005@gmail.com

### Introdução

Os sucos de frutas são bebidas extremamente populares, seu consumo é realizado em todo o mundo, por apresentarem sabor atrativo e elevada qualidade nutricional (ZHOU et al., 2017). O desenvolvimento de produtos alimentícios a partir da mistura de dois ou mais tipos de frutas ou hortaliças tem sido frequente realizada na indústria de alimentos, pois possibilitam maior variedade de produtos no mercado e maior valor agregado ao produto final (LEMOS et al., 2019).

Além disso, os produtos se tornam mais atrativos através da combinação das características intrínsecas das frutas como na cor, aparência e disponibilidade de nutrientes como vitaminas e minerais, além do aumento no poder antioxidante, proporcionando diversos benefícios à saúde humana (SILVA et al., 2016a; IBIAPINA et al., 2018).

O desenvolvimento de alimentos funcionais tem sido considerado como uma tendência atual, pois os consumidores ainda mais conscientes de que a melhoria da qualidade de vida está diretamente relacionada com a boa alimentação (MACHADO et al., 2017). Os sucos funcionais, receberam a denominação popular de sucos *detox* e são considerados como uma fonte de energia e de vitaminas, são compostos geralmente por frutas e pelo menos

uma hortaliça (ZULUETA et al., 2007; SCHEFFERS et al., 2019; FRAGA et al., 2020).

De acordo com o Decreto nº 6.871 de 2009, que regulamenta a Lei n. 8918 de 1994, suco misto é o suco obtido pela mistura de frutas, combinação de fruta e vegetal, combinação das partes comestíveis de vegetais ou mistura de suco de fruta e vegetal, sendo a denominação constituída da expressão suco misto, seguida da relação de frutas ou vegetais utilizados, em ordem decrescente das quantidades presentes na mistura (BRASIL, 2009; MACHADO et al., 2017).

Após a colheita, os frutos passam por inúmeras transformações químicas e bioquímicas até atingir o estado de senescência em que já não possui nenhuma utilidade tecnológica. Logo quando o fruto não é consumido durante o estágio de maturação adequado, são gerados inúmeros resíduos. Para minimizar os desperdícios relacionados as degradações químicas e bioquímicas, a produção de suco em pó é uma alternativa viável para os pequenos produtores e para o setor industrial, pois a redução no teor de umidade e de atividade de água possibilitam a manutenção da qualidade microbiológica e organoléptica do produto por um longo período de tempo (SILVA et al., 2016b; FEITOSA et al., 2017).

A redução da atividade de água em valores inferiores a 0,6 é suficiente para garantir a segurança microbiológica do produto, sendo este o motivo pelo qual os alimentos desidratados possuem uma vida útil mais longa (SOUSA et al., 2016). Além do consumo após a reconstituição, os sucos em pó podem ser utilizados como ingredientes em diversos produtos, como molhos, balas, iogurtes, sorvetes, barras de cereais, dentre outros. Atendendo ainda à crescente demanda por produtos com características mais próximas do natural (GOMES et al., 2017).

De acordo com Sousa et al. (2019), avaliar as propriedades físicas dos pós é extremamente importante, pois representam a qualidade do produto, afetando intrinsecamente seu comportamento durante o armazenamento, manuseio e processamento. Portanto, o objetivo desse trabalho é desenvolver um suco misto em pó e determinar suas propriedades físicas.

### Material e Métodos

O presente trabalho foi desenvolvido no Laboratório Experimental de Alimentos (LEA)

Tabela 1. Descrição das matérias-primas utilizadas para elaboração do suco misto e suas respectivas proporções e pesos

Matéria-prima	Proporção (%)	Peso (g)
Abacaxi ( <i>Ananas comosus</i> ), estágio 9 de maturação	20	800
Manga ( <i>Mangifera indica</i> ), estágio 5 de maturação	20	800
Banana ( <i>Musa acuminata</i> ), estágio 2 de maturação	10	400
Folhas de espinafre ( <i>Spinacia oleracea</i> )	15	600
Folhas de couve ( <i>Brassica oleracea</i> )	15	600
Folhas de hortelã ( <i>Mentha spicata</i> )	10	400
Raízes de gengibre ( <i>Zingiber officinale</i> )	10	400

### Secagem do suco misto

O processo de secagem do suco foi realizado pelo método em camada de espuma (*foam-mat drying*) utilizando as porcentagens de 4% de goma arábica (diLuca®) e 3,5% de emulsificante (Emustab Selecta®). A espuma foi alcançada após um período de 20 minutos de mistura em batedeira planetária Orbital Cadence® - 400W Orbit Colors BAT504 utilizando a velocidade máxima (Figura 1).



Figura 1. Espuma de suco misto.

do Instituto Federal do Sertão Pernambucano – Campus Petrolina.

### Elaboração do suco misto

As matérias primas (Tabela 1) utilizadas para elaboração do suco misto foram adquiridas no comércio local de Petrolina-PE, sendo transportadas ao Laboratório Experimental de Alimentos (LEA). Em seguida, foram sanificadas incluindo os utensílios e mesa de preparação em solução de água clorada a 100ppm por 15 minutos, após esse tempo, foram enxaguadas em água corrente.

O processamento do suco foi realizado através da mistura das frutas e hortaliças de acordo com as proporções descritas na Tabela 1 e diluídas em 4 litros de água potável, com auxílio de um liquidificador industrial (JL COLOMBO) com capacidade de 5L por 20 minutos. Posteriormente, o suco foi homogeneizado e armazenado em sacos de polietileno de baixa densidade com capacidade para 500g, selados e congelados em freezer a -20°C.

peso constante (Figura 2). Após secagem o material foi retirado da estufa, pulverizado em almofariz por 10 minutos e estocado em sacos de polietileno de baixa densidade, envolvido

com papel alumínio e guardados sob refrigeração (8°C) até o momento da determinação das propriedades físicas.



Figura 2. Disposição da camada de espuma de suco misto no secador de bandejas e suco misto em pó.

#### Determinação das propriedades físicas

O suco em pó foi caracterizado quanto aos seguintes parâmetros físicos descritos a seguir.

A Densidade aparente ( $\rho_a$ ) foi determinada através da pesagem de 6 g do pó de suco misto em proveta graduada de 10 mL, sem compactação, para determinação do volume total ocupado pelo sólido, de acordo com o método utilizado por Souza et al. (2010). A densidade aparente foi calculada de acordo com a Equação 1.

$$\rho_a = \frac{M_s}{V} \text{ (Eq.1)}$$

Onde:  $M_s$  é massa do sólido (g);  $V$  é o volume ocupado ( $\text{cm}^3$ ).

Para a determinação da Densidade compactada ( $\rho_c$ ) pesou-se uma massa do pó até completar uma proveta graduada de 10 mL. A densidade compactada foi determinada a partir da massa de pó contida na proveta depois de ser batida manualmente 50 vezes sobre a superfície de bancada a uma altura de 10 cm (TONON et al., 2013). A densidade compactada foi calculada de acordo com a Equação 2.

$$\rho_c = \frac{M_s}{V_c} \text{ (Eq. 2)}$$

Onde:  $M_s$  é massa do sólido (g);  $V_c$  é o volume ocupado após compactação ( $\text{cm}^3$ ).

Fator de Hausner (FH) foi determinado de acordo com a metodologia de Hausner (1967), onde o fator está correlacionado com a fluidez de um pó ou material granulado, sendo calculado conforme a Equação 3.

$$FH = \frac{\rho_a}{\rho_c} \text{ (Eq. 3)}$$

Onde: FH (adimensional);  $\rho_a$  é a densidade aparente;  $\rho_c$  é a densidade compactada.

Índice de Carr (IC) foi determinado segundo a metodologia de Carr (1965) e calculado de acordo com a Equação 4.

$$IC = \frac{\rho_c - \rho_a}{\rho_c} \times 100\% \text{ (Eq.4)}$$

Onde: IC é o índice de Carr;  $\rho_a$  é a densidade aparente;  $\rho_c$  é a densidade compactada.

A Molhabilidade foi determinada segundo o método de molhabilidade estático proposto por Ceballos et al. (2012). Esse método consiste em colocar suavemente 1 g de amostra sobre 100 mL de água destilada a 25°C e determinar o tempo necessário para que todas as partículas se molhem, registrando o tempo com o auxílio de um cronômetro. A molhabilidade foi calculada de acordo com a Equação 5.

$$\text{Molhabilidade} = \frac{m}{t} \text{ (Eq.5)}$$

Onde: m é a massa da amostra (g); t é o tempo (s).

O teor de água foi determinado pelo método de secagem das amostras em estufa a 105°C até peso constante, segundo metodologia descrita pelo Instituto Adolfo Lutz (BRASIL, 2008). Pesou-se 5g de pó em cápsulas de porcelana, em seguida, foram levadas para estufa até obter peso constante. Atividade de água (Aw) foi determinada usando o dispositivo Decagon® Aqualab CX-2T a 25°C.

As coordenadas cromáticas foram determinadas por leitura utilizando-se

colorímetro HunterLab XE Plus, modelo 4500 L, com sistema de cor Cielab. As coordenadas determinadas foram: L\* que representa a luminosidade, transição do branco (0) para o preto (100); a\* que representa a transição da cor verde (-a\*) para a cor vermelha (+a\*); e b\* a transição da cor azul (-b\*) para a cor amarela (+b\*). Para a análise, utilizou-se placas de Petri contendo o suco misto em pó, efetuando a leitura das coordenadas embaixo da placa.

### Resultados e Discussão

Na Tabela 2, estão apresentados os valores médios dos parâmetros físicos analisados no suco misto em pó (Figura 3) obtido através do processo de secagem em camada de espuma.

Tabela 2. Parâmetros físico do suco misto em pó

Parâmetros	Valores experimentais
Densidade aparente (g/cm <sup>3</sup> )	2,40 ± 0,05
Densidade compactada (g/cm <sup>3</sup> )	7,70 ± 0,17
Fator de Hausner (FH)	31,16 ± 3,93
Índice de Carr (IC)	68,83 ± 0,01
Molhabilidade	+10 horas
Teor de água (%)	6,84 ± 0,10
Atividade de água (a <sub>w</sub> )	0,321 ± 0,02

Observa-se que a densidade aparente do produto obtido é de 2,40 g/cm<sup>3</sup>, este parâmetro foi determinado com o intuito de verificar o volume ocupado pelo pó, é importante salientar que este valor é maior que o obtido por Oliveira et al. (2006), onde os autores encontraram uma densidade de 1,38 g/cm<sup>3</sup> para o pó de pitanga, dessa forma o pó do presente estudo devido conter matérias que aumentam sua concentração, permitem que ocupe um maior volume.

No entanto, para a densidade compactada obteve-se valor de 7,70 g/cm<sup>3</sup>, esta determinação foi realizada afim de que se elimine o ar, por meio de batidas contínuas, fazendo com que ocupe um espaço menor, onde observa-se que o valor encontrado é superior ao relatado por Ribeiro et al. (2019), no qual obtiveram 0,490 g/cm<sup>3</sup> para um blend liofilizado compostos por kiwi e maracujá.

Quanto ao fator de Hausner (FR) que indica características como fluidez, compatibilidade do pó e a relação com o efeito coesivo de sólidos particulados, o valor encontrado no presente estudo é de 31,16%. De acordo com Hayes (1987), valores de FR superiores a 14% indicam que o material

apresenta classificação de pó coesivo, enquanto materiais que possuem FR inferiores a 12,5% apresentam alta facilidade de escoamento.

O suco em pó apresenta um valor percentual de 68,83% relação ao parâmetro Índice de Carr (IC), que é utilizado frequentemente para dimensionar o nível de fluidez dos materiais. Oliveira (2019) ao secarem polpa de coco verde em camada de espuma nas temperaturas de 65, 75 e 85°C, obtiveram os seguintes valores 15,68, 23,56 e 25,06%, respectivamente. Segundo Santhalakshmy et al. (2015), valores de IC superiores a 20% indicam baixa fluidez.

Através da análise de Molhabilidade verifica-se que o tempo necessário para que todas as partículas do material absorvam água é superior a 10 horas. Valor inferior com relação a este parâmetro foi obtido por Dantas (2018) ao avaliar a molhabilidade de suco de laranja em pó (312 segundos). Diferenças com relação a molhabilidade dos pós ocorrem devido a diversos fatores, como o diâmetro e a porosidade das partículas, que influenciam na facilidade de penetração da água em função da maior quantidade de espaços vazios (OLSZEWSKI, 2013).

O teor de água obtido para o suco misto em pó é de 6,84%. Segundo Ferrão et al. (2019) e Santos et al. (2020), a temperatura de secagem resultou na remoção de água durante o processo de secagem da espuma. O produto obtido apresenta baixo valor de atividade de água 0,321, indicando elevada segurança microbiológica do suco misto em pó. Cavalcante et al. (2018) obtiveram atividade de água de 0,22 para graviola em pó obtida por secagem em *spray dryer*. Segundo Franco e Ladgraf (2008), a

atividade de água é a água de difícil remoção por processos convencionais de secagem, pois se encontram ligadas as macromoléculas, não estando livre para agir como solvente ou para participar de reações químicas, não sendo assim aproveitada pelos microrganismos para a multiplicação celular (ALMEIDA et al., 2020).

Na Tabela 3, pode-se observar os valores médios obtidos para as coordenadas cromáticas ( $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ ) do suco misto em pó.

Tabela 3. Coordenadas cromáticas ( $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ ) do suco misto em pó

Coordenadas cromáticas	Média $\pm$ Desvio Padrão
$L^*$	59,86 $\pm$ 0,63
$a^*$	1,10 $\pm$ 0,05
$b^*$	24,11 $\pm$ 0,15

Com relação aos atributos de luminosidade ( $L^*$ ) é observado um valor de 59,86. Valores superiores ao do presente estudo foram relatados por Silva et al. (2020) que obtiveram 64,36 para pó da casca laranja e 62,89 para o pó da casca de melão. Segundo García et al. (2018), a cor é a primeira propriedade que um cliente avalia durante a compra de um alimento, por ser um indicador da qualidade do produto.

Para a coordenada cromática ( $a^*$ ) o valor obtido no presente estudo é de 1,10. Szeremeta et al. (2018) ao desenvolverem pós de banana verde e banana verde branqueada, obtiveram valores próximos aos do presente estudo, 2,02 e 1,68, respectivamente.

Ao atributo ( $b^*$ ) nota-se um valor considerável (24,11) podendo também ser uma das cores presentes do suco, mesmo que essa não seja a principal dele. A cor consiste em um atributo de grande importância, sendo um parâmetro capaz de influenciar a aceitação dos produtos. De acordo com Wu e Sun (2013), o sistema de cor  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  são os mais utilizados devido a distribuição uniforme de cores, e porque a distância entre duas cores diferentes corresponde, aproximadamente à diferença de cor percebida pelo olho humano.

### Conclusão

O processo de secagem possibilitou o desenvolvimento de suco misto em pó com baixos valores de teor de água e de atividade de água, indicando elevada estabilidade durante o armazenamento. Com relação as propriedades físicas, o produto obtido nesse estudo, apresentou baixa fluidez e classifica-se como coesivo.

### Agradecimentos

Ao Instituto Federal do Sertão Pernambucano (IF-Sertão), Campus Petrolina-PE.

### Referências

- ALMEIDA, R. L. J.; SANTOS, N. C.; PEREIRA, T. S.; SILVA, V. M. A.; CABRAL, M. B.; BARROS, E. L.; SOUZA, N. C.; LUIZ, M. R.; AMORIM, F. V.; SILVA, L. R. I. Determinação de compostos bioativos e composição físico-química da farinha da casca de jabuticaba obtida por secagem convectiva e liofilização. *Research, Society and Development*, v.9, n.1, e157911876, 2020.
- BRASIL. Instituto Adolfo Lutz. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. 4ª ed. 1ª ed. Digital, São Paulo, 2008. 1020p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Decreto nº 6.871, de 4 de junho de 2009. Brasília, DF, 2009.
- CARR, R. L. Evaluating flow properties of solids. *Chemical Engineering*, v.72, n.2, p.163-168, 1965.
- CAVALCANTE, C. E. B.; RODRIGUES, S.; AFONSO, M. R. A.; COSTA, J. M. C. Comportamento higroscópico da polpa de graviola em pó obtida por secagem em *spray dryer*. *Brazilian Journal of Food Technology*, v.21, e2017121, 2018.
- CEBALLOS, A. M.; GIRALDO, G. I.; ORREGO, C. E. Effect of freezing rate on quality parameters of freeze dried sour sop fruit pulp. *Journal of Food Engineering*, v.111, n.2, p.360-365, 2012.
- DANTAS, P. V. S. Influência do congelamento do suco e do fruto da laranja (*Citrus sinensis*) nas propriedades físico-química dos pós de suco obtidos por *spray dryer*. 87f. Monografia (Graduação em Engenharia Química).

Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, 2018.

FEITOSA, R. M.; SILVA, R. C.; AMADEU, L. T.; FIGUEIREDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M.; OLIVEIRA, E. N. A. Modelos matemáticos na predição do comportamento higroscópico para pó do mix de batata yacon e suco de lima. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v.12, n.2, p.319-324, 2017.

FERRÃO, A. C.; GUINÉ, R. P. F.; CORRÊIA, T.; RODRIGUES, R. Analysis of drying kinetics of eggplant through thin layer models and evaluation of texture and colour properties. *Chemistry Research Journal*, v.4, n.1, p.24-32, 2019.

FRAGA, J. L.; SANT'ANA, G. C. F.; SILVA, K. A.; AMARAL, P. F. F. Propriedades físico-químicas do suco verde (detox) e efeito de estabilização de emulsificantes naturais. *Ciência Rural*, v.50, n.3, p.1-10, 2020.

FRANCO, B. D. G. M.; LANDGRAF, M. *Microbiologia dos alimentos*. São Paulo: Editora Atheneu. 2008. 182p.

GARCÍA, J. M.; GIUFFRIDA, D.; DUGO, P.; MONDELLO, L.; OSORIO, C. Development and characterisation of carotenoid-rich microencapsulates from tropical fruit by-products and yellow tamarillo (*Solanum betaceum Cav.*). *Powder Technology*, v.339, p.702-709, 2018.

GOMES, L. D. B. C.; ALMEIDA, E. M.; OLIVEIRA, S. N. Cinética de secagem em camada de espuma e caracterização física de acerola em pó. *Revista Brasileira de Agrotecnologia*, v.7, n.2, p.178-184, 2017.

HAUSNER, H. H. Friction conditions in a mass of metal powder. *Powder Metall*, v.3, p.7-13, 1967.

HAYES, G. D. *Food Engineering Data Handbook*. New York: Wiley, 1987. 83p.

IBIAPINA, A.; AGUIAR, A. O.; TORRES, E. A.; SOARES, C. M. S.; ZUNIGA, A. D. G. Obtenção de pó de polpa detox utilizando liofilização e spray drying como métodos de secagem. *Global Science and Technology*, v.11, n.3, p.269-276, 2018.

LEMO, D. M.; ROCHA, A. P. T.; GOMES, J. P.; OLIVEIRA, E. N. A.; SOUSA, E. P.; SILVA, S. F. Elaboration and characterization of jaboticaba and acerola prebiotic jelly. *Brazilian Journal of Food Technology*, v.1, p.1-13, 2019.

MACHADO, P. G.; SPERONI, C.; FERRAZ, J. F.; FIGLESKI, P. D.; SEVERO, J. Elaboração de suco misto de frutas com potencial funcional e comparação com suco comercial "detox".

*Revista do Congresso Sul Brasileiro de Engenharia de Alimentos*, v.3, n.1, p.1-7, 2017.

OLIVEIRA, A. G. P. Secagem da polpa de coco verde pelo método de camada de espuma. 48f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química). Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2019.

OLIVEIRA, F. M. N.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M. Análise comparativa de polpas de pitanga integral, formulada e em pó. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, v.58, p.25-33, 2006.

OLSZEWSKI, S. M. Influência do diâmetro do tubo e da solubilidade dos materiais particulados nas medidas de molhabilidade por ascensão capilar. 29f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2013.

RIBEIRO, V. H. A.; BARROS, S. L.; SANTOS, N. C.; SILVA, V. M. A.; MELO, M. O. P.; NASCIMENTO, A. P. S. Liofilização e caracterização físico-química de blend composto por kiwi e maracujá. *Caderno Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v.9, n.7, e-6834, 2019.

SANTHALAKSHMY, S.; BOSCO, S. J. D.; FRANCIS, S.; SIBEENA, M. Effect of inlet temperature on physicochemical properties of spray-dried jamun fruit juice powder. *Powder Technology*, v.274, n.1, p.37-43, 2015.

SANTOS, N. C.; BARROS, S. L.; ALMEIDA, R. L. J.; MONTEIRO, S. S.; NASCIMENTO, A. P. S.; SILVA, V. M. A.; GOMES, J. P.; LUIZ, M. R.; VIEIRA, D. M. Avaliação da degradação dos compostos bioativos do fruto *Physalis* (*P. peruviana*) durante o processo de secagem. *Research, Society and Development*, v.9, n.1, e102911678, 2020.

SCHEFFERS, F.; BOER, J. M. A.; VERSCHUREN, W. M. M.; VERHEUS, M.; VAN DER SCHOUW, Y. T.; SLUIJS, I.; SMIT, H. A.; WIJGA, A. H. Pure fruit juice and fruit consumption and the risk of CVD: The European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition–Netherlands (EPIC-NL) study. *British Journal of Nutrition*, v.121, n.3, p.351-359, 2019.

SILVA, B. V.; BARREIRA, J. C. M.; OLIVEIRA, M. B. P. P. Natural phytochemicals and probiotics as bioactive ingredients for functional foods: Extraction, biochemistry and protected-delivery Technologies. *Trends in Food Science & Technology*, v.50, p.144-158, 2016a.

SILVA, R. M.; DE FIGUEIRÊDO, R. M. F.; DE MELO QUEIROZ, A. J.; FEITOSA, R. M. Processamento e caracterização físico-química do suco misto

melancia com pepino. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v.11, n.3, p.65-68, 2016b.

SILVA, R. M.; SILVA, S. N.; WANDERLEY, R. O. S.; PAIVA, A. C. C.; MEDEIROS, A. P. Caracterização química e colorimétrica de farinhas de cascas de laranja, melão e abacaxi. *Research, Society and Development*, v.9, n.7, e139973912, 2020.

SOUSA, E. M. P.; FARIA, L. J. G.; COSTA, W. J. P.; ARAÚJO NETO, C. A. S.; PEREIRA, R. R.; SILVA, C. L. F. Estudo higroscópico da polpa em pó do fruto da pitaya (*Hylocereus costaricensis*) em diferentes concentrações de maltodextrina. *Revista de la Facultad de Agronomía*, v.118, n.2, p.1-9, 2019.

SOUSA, S. L.; MORAIS, B. A.; RIBEIRO, L. C.; COSTA, J. M. C. Stability of cashew apple juice in powder dehydrated in spouted bed. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.20, n.7, p.678-682, 2016.

SOUZA, R. L. A.; OLIVEIRA, L. S. C.; SILVA, F. L. H.; AMORIM, B. C. Caracterização da poligalacturonase produzida por fermentação semi-sólida utilizando-se resíduo do maracujá como substrato. *Revista Brasileira de*

*Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.14, n.9, p.987-992, 2010.

SZEREMETA, J. S.; SIGUEL, G.; AMARAL, J. G.; NASCIMENTO, R. F.; CANTERI, M. H. G. Farinhas de banana: desenvolvimento do produto e sua caracterização físico-química e funcional. *Revista Tecnológica*, v.17, n.1, p.1-10, 2018.

TONON, R. V.; BRABET, C.; HUBINGER, M. D. Aplicação da secagem por atomização para a obtenção de produtos funcionais com alto valor agregado a partir do açaí. *Inclusão Social*, v.6, n.2, p.70-76, 2013.

WU, B.; SUN, Y. N. Pharmacokinetics of Peptide-Fc Fusion Proteins. *Journal of Pharmaceutical Sciences*, v.103, p.53-64, 2013.

ZHOU, L.; GUAN, Y.; BI, J.; LIU, X.; YI, J.; CHEN, Q.; ZHOU, M. Change of the rheological properties of mango juice by high pressure homogenization. *Food Science and Technology*, v.82, p.121-130, 2017.

ZULUETA, A.; ESTEVE, M. J.; FRASQUET, I.; FRÍGOLA, A. Vitamin C, vitamin A, phenolic compounds and total antioxidant capacity of new fruit juice and skim milk mixture beverages marketed in Spain. *Food Chemistry*, v.103, n.4, p.1365-1374, 2007.

## Capítulo 9

# CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E FÍSICA DO RESÍDUO PROVENIENTE DA EXTRAÇÃO DE AMIDO DO ACHACHAIRU

**Virgínia Mirtes de Alcântara Silva<sup>1</sup>**

**Newton Carlos Santos<sup>2</sup>**

**Tamires dos Santos Pereira<sup>3</sup>**

**Raphael Lucas Jacinto Almeida<sup>4</sup>**

**Flávia Izabely Nunes Moreira<sup>5</sup>**

**Victor Herbert de Alcântara Ribeiro<sup>6</sup>**

**Soares Elias Rodrigues Lima<sup>7</sup>**

<sup>1,6</sup>Doutorandos do Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão de Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, UFCG/CTRN/Campus Campina Grande-PB, virginia.mirtes2015@gmail.com; victor\_herbert@hotmail.com

<sup>2,4</sup>Doutorandos do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, UFRN/CCT/UAEQ/Campus Natal-RN, newtonquimicoindustrial@gmail.com; raphaelqindustrial@gmail.com

<sup>3</sup>Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos, Universidade Federal de Campina Grande, UFCG/CCT/Campus Campina Grande-PB, tsantosp16@gmail.com

<sup>5</sup>Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal da Paraíba, UFPB/CTDR/DTA, flavia\_izabely@hotmail.com

<sup>7</sup>Engenheiro de Alimentos, Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos, soareselias23@gmail.com

### Introdução

O Brasil dispõe de muitas variedades de frutos exóticos de sabor agradável e que apresentam potenciais benefícios à saúde humana. Dentre eles o achachairu que é uma planta frutífera proveniente da Bolívia, mas que vem ganhando destaque na produção em escala comercial nas diversas regiões do Brasil devido às condições climáticas e de solo satisfatórias para o desenvolvimento das plantas e da produção dos frutos. Além disso, apresenta grande potencial nutricional, sendo também rico em compostos fenólicos com significativa capacidade antioxidante, especialmente na casca e semente (VIRGOLIN et al., 2017; MELO et al., 2017; TOME et al., 2018; OLIVEIRA et al., 2019; BARROS et al., 2019).

O achachairu (*Garcinia humilis*) é uma planta frutífera proveniente da Bolívia, mas que vem ganhando destaque na produção em escala comercial nas diversas regiões do Brasil devido às condições climáticas e de solo satisfatórias para o desenvolvimento das plantas e da produção dos frutos (BARROS et al., 2019).

O achachairu (*Garcinia humilis*) provém de uma árvore perenifólia que exsuda látex amarelado e alcança entre 5 e 12 m de altura, onde o tronco pode alcançar um diâmetro de 40 cm. Os frutos são drupáceos, e geralmente encontrados no interior da copa da árvore. Apresentam uma casca grossa, e contém em

média três sementes alongadas, grandes e de coloração marrom, cobertas por polpa compacta, de sabor ligeiramente ácido. O fruto ovóide pode medir 4 a 5,2 cm por 3 a 4 cm de altura e diâmetro, com um peso médio de cerca de 40 g. Em geral, o achachairu é composto por aproximadamente 40% de polpa, 47% de casca e 13% de sementes (MORTON et al., 2013; LORENZI et al., 2006; MELO et al., 2017).

Tendo em vista a atual conjuntura, é imprescindível a reflexão e conscientização dos indivíduos quanto ao controle da geração dos resíduos, considerando práticas de prevenção do desperdício, como a utilização integral dos alimentos, pensando no aproveitamento das partes, normalmente desperdiçadas, mas que apresentam valor nutricional, sendo tal procedimento uma das estratégias para a solução do acúmulo de diversos rejeitos. Priorizando a prática do aproveitamento, pode-se minimizar boa fração dos impactos negativos causados ao meio ambiente (CARDOSO et al., 2015; SILVA, 2017).

O processo de secagem implica nas variações do produto observadas na textura, sabor, aroma, cor e redução da qualidade nutricional. Realização de estudos sobre processos e sistemas de secagem, por meio de modelagem matemática, permite o design, otimização e avaliação da aplicação do processo de secagem em escala comercial. É possível

observar um produto final de melhor qualidade (HERNANDEZ-CARRION et al., 2015) por meio dos parâmetros físico-químicos.

Diante do exposto, o presente trabalho tem como objetivo realizar a caracterização físico-química e física do resíduo proveniente da extração de amido do achachairu, após sua secagem tendo em vista seu uso como fonte alimentar alternativa.

## Material e Métodos



Figura 1. Frutos do achachairu.

### Obtenção e secagem do resíduo

O resíduo foi obtido após a extração de amido do seu endocarpo segundo a metodologia descrita por Adebawale et al. (2005). Após a extração o resíduo úmido foi submetido ao processo de secagem convectiva, realizado em estufa com circulação de ar na temperatura de 50°C durante 24 horas. Após o processo de secagem o resíduo foi triturado em liquidificador industrial e armazenado em embalagens laminadas até o momento das caracterizações.

### Caracterização físico-química

O resíduo seco foi caracterizado quanto aos seguintes parâmetros físico-químicos: umidade, sólidos totais, cinzas e proteínas de acordo com Brasil (2008). O teor de lipídeos foi realizado através do método de Folch, Less e Stanley (1957). A determinação do teor de fibra bruta (FB) foi realizada segundo metodologia proposta por Van Soest e Wine (1967). A estimativa do teor de carboidratos totais foi obtida por diferença a partir da análise prévia individual dos teores de umidade, cinzas, lipídeos, proteínas e fibra bruta das amostras,

A matéria-prima utilizada no desenvolvimento desse trabalho consistiu de frutos do achachairu (*Garcinia humilis*) (Figura 1) em estágio de maturação maduros, adquiridos no comércio local da cidade de Campina Grande-PB. Os frutos foram selecionados, lavados, higienizados e sanitizados em hipoclorito de sódio em solução (200ppm) por 10 minutos e em seguida com auxílio de uma faca doméstica foi separado as suas frações em casca, polpa e endocarpo.

somados e subtraídos da amostra total (FA, 2003; ALMEIDA et al., 2020a). O pH e a acidez foram determinados de acordo com as metodologias propostas por Brasil (2008).

### Caracterização física

O resíduo seco foi caracterizado quanto aos seguintes parâmetros físicos:

A densidade real ( $\rho_r$ ) foi determinada a partir da relação entre a massa e o volume da amostra, através do deslocamento de um líquido (óleo de soja) em proveta graduada segundo os procedimentos descritos por Almeida (2019).

A densidade aparente ( $\rho_a$ ) e densidade compactada ( $\rho_c$ ) foram determinados de acordo com a metodologia descrita por Tonon et al. (2009).

O Índice de Car (IC) e o Fator de Hausner (FH) foram calculados a partir das equações propostas por Wells (1998).

A porosidade foi calculada de acordo com metodologia proposta por Kee (1991).

Absorção de água e óleo para determinação da capacidade de absorção de água e óleo na amostra seguiu-se os

procedimentos descritos por Beuchat (1997), sendo os resultados expressos em percentual (%) de massa absorvida.

## Resultados e Discussão

Tabela 1. Parâmetros físico-químicos do resíduo obtido na extração do amido do achachairu, após secagem

Parâmetros	Média ± Desvio padrão
Umidade (%)	8,54 ± 0,16
Sólidos totais (%)	91,46 ± 0,16
Lipídeos (%)	2,65 ± 0,07
Cinzas (%)	1,82 ± 0,24
Fibra bruta (%)	7,19 ± 0,20
Proteínas (%)	4,39 ± 0,14
Carboidratos (%)	75,41 ± 0,36
pH	4,27 ± 0,05
Acidez total titulável (% de ácido cítrico)	0,14 ± 0,02

O resíduo seco apresenta teor de umidade de 8,54% atendendo de forma satisfatória ao permitido pela legislação brasileira que estabelece um limite máximo de 15% de umidade em farinhas (BRASIL, 2005). O teor de sólidos totais apresenta-se inversamente proporcional ao teor de umidade, apresentando valor de 91,46%. Santos et al. (2020) ao analisarem resíduos (casca) de pitomba obtiveram os seguintes teores de sólidos totais 89,47, 91,43 e 93,15% quando foram secas a 50, 60, e 70°C, respectivamente.

O teor lipídico obtido para o resíduo é de 2,65%. Sousa et al. (2011) em seus estudos com resíduos de frutas obtiveram os seguintes valores de 2,94% para goiaba, 3,59% para acerola, 0,69% para abacaxi, 2,28% para graviola, 3,84% para bacuri e 3,69% para cupuaçu.

Obteve-se no presente estudo um teor de cinzas de 1,82%. Valores próximos ao do presente estudo foram obtidos na literatura para resíduos provenientes de diferentes fontes. Silva et al. (2016) obtiveram 1,95% de cinzas na farinha obtida a partir da casca de maracujá e desidratada a 70°C. Nunes et al. (2017) obtiveram teores de cinzas de 2,82, 2,87 e 2,86% para resíduos de abacaxi secos a 50, 60 e 70°C, respectivamente.

Observa-se na Tabela 1, que o resíduo seco apresenta 7,19% de fibra bruta. Valores inferiores foram obtidos por Almeida et al. (2020a) ao analisarem resíduos obtidos na extração de amido do arroz vermelho, no qual, obtiveram 1,29% de fibras bruta.

Na Tabela 1, estão apresentados os valores médios dos parâmetros físico-químicos analisados no resíduo obtido a partir da extração do amido do achachairu, após secagem.

O teor de proteínas obtido neste trabalho é de 4,39%, Santos (2017) em seus estudos com resíduos provenientes da produção de cerveja artesanal obteve teor de 4,25%. No entanto, valores superiores foram relatados por Almeida et al. (2020b) ao analisarem resíduos (casca) da jabuticaba secas a 50°C (5,78%) e liofilizado (6,67%). Segundo Brasil (2012), um produto pode ser considerado como fonte de proteínas quando apresentar no mínimo 6 g de proteínas em 100 g ou 100 mL. Assim, pode-se considerar que os resíduos em análise não é fonte de proteínas.

Os carboidratos totais obtidos são de 75,41% evidenciando que o resíduo obtido pode ser uma boa fonte de energia para dietas. Valores inferiores ao do presente estudo foram obtidos por Silva et al. (2019) ao elaborarem farinha com casca de maracujá nas temperaturas de 70 e 80°C, quantificaram 48,73 e 48,17%, respectivamente.

O valor de pH obtido é de 4,27 e o valor de acidez total titulável de 0,14% de ácido cítrico. Gonçalves et al. (2016) obtiveram para farinha da casca de banana verde valores de pH variando de 6,15, 6,25 e 6,75 e para acidez titulável valores variando de 3,24, 3,20 e 3,75%, quando a temperatura de secagem aplicada foi de 55, 65 e 75°C, respectivamente.

Na Tabela 2, estão apresentados os valores médios dos parâmetros físicos analisados no resíduo obtido a partir da extração do amido do achachairu, após secagem.

Tabela 2. Parâmetros físico do resíduo obtido na extração do amido do achachairu após secagem

Parâmetros	Média ± Desvio padrão
Densidade real (g/cm <sup>3</sup> )	2,60 ± 0,77
Densidade aparente (g/cm <sup>3</sup> )	0,278 ± 0,09
Densidade compactada (g/cm <sup>3</sup> )	0,326 ± 0,02
Índice de Carr (IC)	17,26 ± 0,85
Fator de Hausner (FH)	1,17 ± 0,05
Porosidade (%)	49,15 ± 0,39
Absorção de água (%)	187,23 ± 0,14
Absorção de óleo (%)	130,14 ± 0,11

O resíduo seco obtido na extração de amido do achachairu apresenta densidade real de 2,60 g/cm<sup>3</sup>. Valores inferiores foram obtidos por Silva et al. (2018) para farinha das cascas da banana (0,41 g/cm<sup>3</sup>) seca a 60°C por 24 horas.

O valor médio obtido para densidade aparente é de 0,278 g/cm<sup>3</sup> e para densidade compactada de 0,306 g/cm<sup>3</sup>. Observa-se que o valor da densidade compactada é sempre maior que ao da densidade aparente, pois a massa ocupa um menor volume. Valores superiores foram observados por Ribeiro et al. (2019) que obtiveram densidade aparente de 0,395 g/cm<sup>3</sup> e densidade compactada de 0,490 g/cm<sup>3</sup> para um *blend* liofilizado de kiwi e maracujá. Segundo Damodaran et al. (2010) as análises das densidades são muito relevantes para a indústria, já que podem determinar a quantidade de material que pode ser armazenada em um tanque ou em embalagem. A densidade é, também, um dos fatores que interfere na molhabilidade, característica muito importante já que consiste na primeira fase da reconstituição de um produto em pó (CEBALLOS et al., 2012).

A capacidade de fluidez (Índice de Carr) apresenta percentual de 17,26%, segundo Santhalakshmy et al. (2015) valores de IC entre 15-20% têm boa fluidez, entre 20-35% pobre fluidez, entre 35-45% fluidez ruim e IC > 45% fluidez muito ruim. A coesividade do resíduo expressa pelo Fator de Hausner (FH), apresentou 1,17, Segundo Santhalakshmy et al. (2015) pós que apresentam FH > 1,4 são considerados de alta coesividade.

O resíduo seco apresenta 49,15% para o parâmetro de porosidade. Valores inferiores foram obtidos por Carneiro et al. (2018) que obtiveram 35,11% para farinha composta (75% de casca de banana e 25% de casca de abacaxi), 30,66% para farinha composta (50% de casca de banana e 50% de casca de abacaxi) e 27,24% para farinha composta (25% de casca de banana e 75% de casca de abacaxi) ambas desidratadas a 60°C por 24 horas.

Para a capacidade absorção de água no resíduo obteve-se valor de 187,23%. No entanto, valores inferiores foram relatados por Oliveira et al. (2016) que encontram capacidade de retenção de água variando de 9,82 a 6,30 para farinha da casca de maracujá seca a 60°C e para a farinha liofilizada variação de 14,99 a 14,91g/mL. Para Freire (2018) a capacidade de absorção de água demonstra a interação da água com o material testado quando este é submetido a uma força centrífuga, força de gravidade ou compressão. Processos como moagem, secagem, aquecimento ou cozimento por extrusão, por exemplo, pode modificar as propriedades físicas da matriz de fibras, também afeta as propriedades de hidratação (ELLEUCH et al., 2011).

Com relação a capacidade absorção em óleo obteve-se valor de 130,14%. Valores inferiores foram relatados por Leite (2017), para farinha da semente germinada de jaca que obteve os seguintes valores 73,55, 74,44 e 74,93%, para as temperaturas de 55, 65 e 75°C, respectivamente. Segundo Elkhalfa et al. (2005), uma capacidade de absorção de óleo elevada sugere que a farinha pode ser útil na formulação de alimentos.

## Conclusão

O resíduo obtido no processo de extração do amido do achachairu apresentou altos teores de carboidratos e fibra bruta mostrando que o resíduo possui um alto valor energético, além disso também apresentou baixo teor de umidade, o que satisfaz a condição para um bom armazenamento. Com relação as características físicas o resíduo apresenta-se com boa fluidez, valores próximos de uma alta coesividade e níveis aceitáveis de absorção de água e óleo.

Com bases nos resultados obtidos no presente trabalho o resíduo seco apresenta potencial para utilização em diversas áreas da tecnologia como alimentação animal, humana e minimização dos impactos ambientais. Com

sugestões de trabalhos futuros, pode-se realizar um estudo sobre a toxicidade do resíduo.

### Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão das bolsas de mestrado e doutorado aos autores.

### Referências

ADEBOWALE, K. O.; OLU-OWOLABI, B. I.; OLAWUMI, E. K.; LAWAL, O. S. Functional properties of native, physically and chemically modified breadfruit (*Artocarpus artilis*) starch. *Industrial Crops and Products*, v.21, n.3, p.343-351, 2005.

ALMEIDA, R. L. J. Produção e caracterização nutricional e tecnológica do amido de arroz vermelho modificado enzimaticamente. 133f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química). Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, 2018.

ALMEIDA, R. L. J.; SANTOS, N. C.; PEREIRA, T. S.; SILVA, V. M. A.; RIBEIRO, V. H. A.; SILVA, L. N.; ALMEIDA, R.; SANTOS, S.; MOREIRA, F.; LIMA, S. Composição físico-químicas de cookies adicionados de resíduos do arroz vermelho. *Research, Society and Development*, v.9, n.1, e151911852, 2020a.

ALMEIDA, R. L. J.; SANTOS, N. C.; PEREIRA, T. S.; SILVA, V. M. A.; CABRAL, M.; BARROS, E.; SOUZA, N.; LUIZ, M.; AMORIM, F.; SILVA, L. Determinação de compostos bioativos e composição físico-química da farinha da casca de jabuticaba obtida por secagem convectiva e liofilização. *Research, Society and Development*, v.9, n.1, e157911876, 2020b.

BARROS, S. L.; SANTOS, N. C.; ALMEIDA, R. D.; SILVA, V. M. A.; ALMEIDA, R. L. J.; NASCIMENTO, A. P. S. Comportamento reológico e perfil de textura de iogurte integral com polpa de achachairu (*Garcinia humilis*). *Revista Principia*, n.47, p.145-152, 2019.

BEUCHAT, L. R. Functional and electrophoretic characteristics of succinylated peanut flour protein. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v.25, p.258-261, 1977.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. RDC nº 54, de 12 de novembro de 2012. Dispõe sobre o Regulamento Técnico sobre Informação Nutricional Complementar. *Diário Oficial da União, Brasília, DF*, 19 nov. 2012.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução nº263, de 2005. Aprova o Regulamento Técnico para Produtos de Cereais, Amidos, Farinhas e Farelos. Disponível em: <<https://www.saude.rj.gov.br/comum/code/MostrarArquivo.php?C=MjIwMw%2C%2C>>.

Acesso em: 10 de abril de 2020.

BRASIL. Instituto Adolfo Lutz. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. 4ª ed. 1ª ed. Digital, São Paulo, 2008. 1020p.

CARDOSO, F. T.; FRÓES, S. C.; FRIEDE, R.; MORAGAS, C. J.; MIRANDA, M. G.; AVELAR, K. E. S. Aproveitamento integral de Alimentos e o seu impacto na Saúde. *Sustentabilidade em Debate*, v.6, n.3, p.131-143, 2015.

CARNEIRO, E.; DA SILVA, R. M.; SILVA, S. D. N.; DE LIMA, T. L. B.; QUEIROZ, A. J. D. M. Propriedades físicas de farinha mista de frutas. In: Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia, 5, 2018 Maceió. Anais... Maceió, 2018.

CEBALLOS, A. M.; GIRALDO, G. I.; ORREGO, C. E. Effect of freezing rate on quality parameters of freeze dried soursop fruit pulp. *Journal of Food Engineering*, v.111, p.360-365, 2012.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. Química de Alimentos de Fennema. 4.ed. Porto Alegre: Artmed. 2010. 900p.

ELKHALIFA, A. E. O.; SCHIFFLER, B.; BERNHARDT, R. Effect of fermentation on the functional properties of sorghum flour. *Food Chemistry*, v.92, n.1, p.1-5, 2005.

ELLEUCH, M.; BEDIGIAN, D.; ROISEUX, O.; BESBES, S.; BLECKER, C.; ATTIA, H. Dietary fibre and fibre-rich by-products of food processing: Characterisation, technological functionality and commercial applications: A review. *Food Chemistry*, v.12, n.2, p.411-421, 2011.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases: report of a joint WHO/FAO expert consultation. World Health Organization, 2003. Disponível em:

<[https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/42665/WHO\\_TRS\\_916.pdf;jsessionid=CC8EA43F29C8EE5B1D1D084E1D838FBC?sequence=1](https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/42665/WHO_TRS_916.pdf;jsessionid=CC8EA43F29C8EE5B1D1D084E1D838FBC?sequence=1)>. Acesso em: 01 de jun. de 2020.

FARNSWORTH, J. P.; LI, J.; HENDRICKS, G. M.; GUO, M. R. Effects of transglutaminase treatment on functional properties and probiotic culture survivability of goat milk yogurt. *Small Ruminant Research*, v.65, p.113-121, 2006.

FOLCH, J.; LESS, M.; STANLEY, S. A simple method for the isolation and purification of total

lipids from animal tissues. *J. Biol. Chem.*, v.226, n.497, p.497-509, 1957.

FREIRE, L. A. Efeito do processamento sobre a composição e o potencial tecnológico da farinha de casca de maracujá amarelo (*Passiflora edulis f. flavicarpa* Degener). 109f. Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição). Universidade Federal do Piauí. Teresina, 2018.

GONÇALVES, J. Q.; DA SILVA, M. A. P.; PLÁCIDO, G. R.; CALIARI, M.; SILVA, R. M.; MOURA, L. C.; SOUZA, D. G. Secagem da casca e polpa da banana verde (*Musa acuminata*): Propriedades físicas e funcionais da farinha. *Global Science and Technology*, v.9, n.3, p.62-72, 2016.

HERNÁNDEZ-CARRIÓN, M.; HERNANDO, I.; QUILES, A. Tissue microstructure, physicochemical properties, and bioactive compound locations in different sweet pepper types. *Food Science and Technology International*, v.21, n.1, p.3-13, 2015.

KEEY, R. B. *Drying of loose and particulate materials*. New York: Hemisphere, p.57, 1991.

LEITE, D. D. F. Obtenção da farinha da semente de jaca germinada. 101f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, 2017.

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

MELO, M. S.; BENETT, C. G. S.; MELO, B. S.; LOURENÇO, S. L. O.; BARBOZA, F. S. Análise físico-química de frutos de achachairu coletados em diferentes partes da planta. *Journal of Neotropical Agriculture*, v.4, n.5, p.17-21, 2017.

MORTON, J. F.; DOWLING, Curtis F. *Fruits of Warm Climates*. 2.ed. Miami: Creative Resource Systems, Inc., 2013. 400p.

NUNES, J. S.; LINS, A. D. F.; GOMES, J. P.; SILVA, W. P.; SILVA, F. B. Influência da temperatura de secagem nas propriedades físico-química de resíduos abacaxi. *Revista Agropecuária Técnica*, v.1, n.1, p.41-46, 2017.

OLIVEIRA, C. F.; GURAK, P. D.; CLADERA-OLIVERA, F.; MARCZAK, L. D. F. Evaluation of physicochemical, technological and morphological characteristics of powdered yellow passion fruit peel. *International Food Research Journal*, v.23, n.4, p.1653-1662, 2016.

OLIVEIRA, K. D. C.; SILVA, S. S.; LOSS, R. A.; GUEDES, S. F. Análise sensorial e físico-química de geleia de achachairu (*Garcinia humillis* (Vahl) C. D. Adam). *Segurança Alimentar e Nutricional*, v.26, n.1, p.1-10, 2019.

RIBEIRO, V. H. A.; BARROS, S. L.; SANTOS, N. C.; SILVA, V. M. A.; MELO, M. O. P.; NASCIMENTO, A. P. S. Liofilização e caracterização físico-química de blend composto por kiwi e maracujá. *Caderno Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v.9, n.7, e-6834, 2019.

SANTHALAKSHMY, S.; BOSCO, S. J. D.; FRANCIS, S.; SABEENA, M. Effect of in let temperature on physicochemical properties of spray-dried jamun fruit juice powder. *Powder Technology*, v.274, n.1, p.37-43, 2015.

SANTOS, N. C. Estudo comparativo da composição centesimal da matéria-prima e do bagaço do malte oriundo da mosturação de cerveja de trigo artesanal. 43f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química Industrial). Universidade Estadual da Paraíba. Campina Grande, 2017.

SANTOS, N. C.; ALMEIDA, R. L. J.; PEREIRA, T.; QUEIROGA, A.; SILVA, V.; AMARAL, D.; ALMEIDA, R.; RIBEIRO, V.; BARROS, E.; SILVA, L. Modelagem matemática aplicada a cinética de secagem das cascas de pitomba (*Talisia esculenta*). *Research, Society and Development*, v.9, n.2, e46921986, 2020.

SILVA, D. A. Utilização da farinha de resíduos de acerola e umbu cajá na produção de bolo tipo cupcake. 89f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente). Universidade Federal de Sergipe. São Cristóvão, 2017.

SILVA, E. C. O.; SILVA, W. P.; GOMES, J. P.; SILVA, C. M. D. P. S.; SOUTO, L. M.; COSTA, Z. R. T. Physico-chemical characteristics of passion fruit flour under removal of flavedo and of maceration. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.23, n.11, p.869-875, 2019.

SILVA, E. C. O.; SILVA, W. P.; SILVA, E. T.; LOPES, J. D.; GUSMÃO, R. P. Obtaining and characterization of passion fruit albedo flour (*Passiflora edulis f. Flavicarpa*) for food use. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v.11, n.3, p.69-74, 2016.

SILVA, S. D. N.; DA SILVA, R. M.; DA SILVA, L. P. F. R.; DA SILVA, P. B.; GOMES, J. P. Atributos físicos de farinha obtida de cascas de banana. In: Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia, 5, 2018, Maceió. Anais...Maceió, 2018.

SOUSA, M. F.; VIEIRA, L. M.; SILVA, M. J. M.; LIMA, A. Nutritional characterization and antioxidant compounds in pulp residues of tropical fruits.

Ciências Agrotecnológica, v.35, n.3, p.554-559, 2011.

TOME, A. C.; MÁRSICO, E. T.; SILVA, F. A.; KATO, L.; NASCIMENTO, T. P.; MONTEIRO, M. L. G. Achachairú (*Garcinia humilis*): chemical characterization, antioxidant activity and mineral profile. *Journal of Food Measurement and Characterization*, v.13, n.1, p.213-221, 2018.

VAN SOEST, J. P.; WINE, R. H. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds: IV. Determination of plant cell wall constituents.

*Journal Association of Official Analytical Chemists*, v.50, p.50-55, 1967.

VIRGOLIN, L. B.; SEIXAS, F. R. F.; JANZANTTI, N. S. Composition, content of bioactive compounds, and antioxidant activity of fruit pulps from the Brazilian Amazon biome. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.52, n.10, p.933-941, 2017.

WELLS, J. I. *Pharmaceutical preformulation: the physicochemical properties of drug substances*. New York: Ellis Horwood Limited, 1988. 553p.

### **Curriculum dos Organizadores**

**Paulo Roberto Megna Francisco:** Pós Doutor em Ciência do Solo pela UFPB. Doutor em Engenharia Agrícola – Irrigação e Drenagem pela UFCG. Mestre em Manejo de Solo e Água pelo CCA/UFPB. Graduado pela UNESP como Tecnólogo Agrícola com especialização em Mecanização. Graduando em Engenharia Agrícola pela UFCG. Atuou como pesquisador DCR pelo CNPq/Fapesq. Participa de Projetos de Pesquisa e Extensão juntamente com a EMBRAPA-Algodão, UFPB-Campus João Pessoa, UFCG-Campus Sumé, IFPB-Campus Campina Grande e Campus Picuí. Ministrou as disciplinas de Mecanização Agrícola, Máquinas e Motores Agrozootécnicos e Máquinas e Motores Agrícolas no CCA/UFPB. Atualmente presta consultoria para o INCRA/PB na realização de PDA's. Consultor Ad hoc do CONFEA como organizador do Congresso Técnico Científico da Engenharia e Agronomia – CONTECC. Editor Chefe da Editora Portal Tecnológico.

**Virgínia Mirtes de Alcântara Silva:** Licenciada em Ciências Biológicas pela Universidade do Vale do Acaraú-CE em 2010, Doutoranda e Mestre em Recursos Naturais pela Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, Especialista em Geoambiência e Recursos Hídricos do Semiárido pela Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, Especialista em Geografia e Gestão Ambiental pela Universidade Integrada de Patos - FIP. Trabalha com temas vinculados a sensoriamento remoto e SIG, desertificação, restauração ecológica, recuperação de áreas degradadas e características climatológicas da região semiárida do Brasil. Atualmente trabalha com temas vinculados a eventos extremos de chuva e sua relação com desastres ambientais relacionados ao movimento de massa.

**Paulo da Costa Medeiros:** Possui graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal da Paraíba - Campus II (1995), mestrado em Pós-Graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal da Paraíba - Campus II (1997) e doutorado em Recursos Naturais pela Universidade Federal de Campina Grande (2011). Atualmente é Professor Adjunto IV da Universidade Federal de Campina Grande. Tem experiência na área de Engenharia Civil, com ênfase em Engenharia Hidráulica. Atuando principalmente nos temas Transformada de Wavelet Contínua, Hidrograma, gestão de recursos hídricos.



Portal Tecnológico  
de Divulgação Científica  
Eventos, Pesquisas e Inovação



 **CNPq**  
Conselho Nacional de Desenvolvimento  
Científico e Tecnológico

  
**CAPES**

