



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE  
PROCESSOS**

**ÁREA DE CONCENTRAÇÃO**  
Secagem de Sólidos

**LIOFILIZAÇÃO DA POLPA DE TAMARINDO (*Tamarindus indica* L.)  
PARA OBTENÇÃO DE SUCOS RECONSTITUÍDOS**

**SONARA DE FRANÇA SOUSA**

**ORIENTADORA: Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup>. Josivanda Palmeira Gomes  
ORIENTADOR EXTERNO: Prof. Dr. Dyego da Costa Santos**

**CAMPINA GRANDE – PB  
DEZEMBRO 2018**

**LIOFILIZAÇÃO DA POLPA DE TAMARINDO (*Tamarindus indica* L.)  
PARA OBTENÇÃO DE SUCOS RECONSTITUÍDOS**

**SONARA DE FRANÇA SOUSA**

Tese de Doutorado, apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos da Universidade Federal de Campina Grande, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Doutor em Engenharia de Processos.

**ÁREA DE CONCENTRAÇÃO:** Secagem de Sólidos  
**ORIENTADOR:** Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Josivanda Palmeira Gomes  
**ORIENTADOR EXTERNO:** Prof. Dr. Dyego da Costa Santos

**CAMPINA GRANDE – PB  
DEZEMBRO 2018**

S7251

Sousa, Sonara de França.

Liofilização da polpa de tamarindo (*Tamarindus indica* L.) para obtenção de sucos reconstituídos / Sonara de França Sousa. – Campina Grande, 2018.

169 f. : il. color.

Tese (Doutorado em Engenharia de Processos) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia, 2018.

"Orientação: Profa. Dra. Josivanda Palmeira Gomes, Prof. Dr. Dyego da Costa Santos".

Referências.

1. Secagem – Polpa de Tamarindo – Cinética de Congelamento.
2. Tamarindo (*Tamarindus indica* L.) – Sucos Reconstituídos.
3. Análise Sensorial – Polpa de Tamarindo – Armazenamento.
4. Higroscopicidade.
5. Maltodextrina. I. Gomes, Josivanda Palmeira. II. Santos, Dyego da Costa. III. Título.

CDU 631.365(043)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
COORDENAÇÃO DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PROCESSOS



**ATA DA DEFESA PARA CONCESSÃO DO GRAU DE DOUTOR EM ENGENHARIA DE PROCESSOS, REALIZADA EM 28 de DEZEMBRO DE 2018.**

**Candidato(a):** Sonara de França Sousa

**Comissão Examinadora: Professores Drs:** Josivanda Palmeira Gomes (UFCG - Orientadora), Dyego da Costa Santos (IFAC - Orientador), Alexandre José de Melo Queiroz (UFCG - Examinador Interno), Ângela Maria Santiago (UEPB - Examinadora Externa), Hofsky Vieira Alexandre (UFCG/CNPq - Examinadora Externa), Bruno Adelino de Melo Inácia dos Santos Moreira (UFCG/PNPD/CAPES - Examinadora Interna).

**Título:** "Liofilização da Polpa de Tamarindo (*Tamarindus indica* L.) para Obtenção de Suesos Reconstituídos"

**Horário e Local da defesa:** 28 de dezembro de 2018, às 14:00 horas, Auditório do LAPP.

Em sessão pública, após exposição de 50 minutos, a candidata foi arguida oralmente pela Comissão Examinadora, tendo demonstrado suficiência de conhecimento e capacidade de sistematização no tema de sua tese sendo "APROVADA". Face a Aprovação declara o Presidente da Banca Examinadora Josivanda Palmeira Gomes, achar-se o(a) candidato(a) legalmente habilitado(a) a receber o grau de Doutor no domínio da Engenharia de Processos, cabendo a Universidade Federal de Campina Grande providenciar a expedição do Diploma a que o mesmo faz jus. Na forma regulamentar foi lavrada a presente ata, que é assinada por mim, Maria de Fátima David Sousa, secretária, e pelos membros da Comissão Examinadora. Campina Grande, 28 de dezembro de 2018.

Maria de Fatima David Sousa (Secretária) .....

**Professores Drs:**

Josivanda Palmeira Gomes (UFCG - Orientadora)

Dyego da Costa Santos (IFAC - Orientador)

Alexandre José de Melo Queiroz (UFCG - Examinador Interno)

Ângela Maria Santiago (UEPB - Examinadora Externa)

Hofsky Vieira Alexandre (UFCG/CNPq - Examinadora Externa)

Bruno Adelino de Melo (PDJ/CNPq - Examinador Externo)

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

Nascestes no lar que precisavas, vestiste o corpo físico que merecias, moras onde melhor Deus te proporcionou, de acordo com teu adiantamento. Possuis os recursos financeiros coerentes com as tuas necessidades, nem mais, nem menos, mas o justo para as tuas lutas terrenas. Teu ambiente de trabalho é o que elegeste espontaneamente para a tua realização. Teus parentes e amigos são as almas que atraíste, com tua própria afinidade. Portanto, teu destino está constantemente sobre teu controle. Tu escolhes, recolhes, eleges, atraís, buscas, expulsas, e modificas tudo aquilo que te rodeia a existência. Teus pensamentos e vontades são a chave de teus atos e atitudes, são as fontes de atração e repulsão na tua jornada e vivência. Não reclames nem te faças de vítima. Antes de tudo, analisa e observa. A mudança está em tuas mãos. Reprograma tua meta, busca o bem e viverás melhor.

“Embora ninguém possa voltar atrás e fazer um novo começo, qualquer um pode começar agora e fazer um novo fim”.

(Chico Xavier)

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pelo caminho lindo que a mim foi dado e por ter me capacitado para conseguir trilhá-lo, sei que surgirão novos desafios, mas não os temerei se Tu estiveres comigo.

Agradeço aos meus pais, Cláudio e Elizete, pelo amor incondicional, pelos valores e pelo apoio em todos os momentos.

Ao meu irmão, Nonato (*in memoriam*). Que falta você me faz! Onde estiver, olhe por mim.

A Joalysson Severo, pelo companheirismo, compreensão e incentivo. Sem você tudo seria mais difícil. Obrigada por tudo e por tanto.

À Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), especialmente ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos, pela obtenção do título de Doutor e por todos os benefícios que ele possa me trazer.

À minha Orientadora, Josivanda Palmeira Gomes, pelos conhecimentos repassados, conselhos e amizade despertada durante esta jornada.

Ao meu orientador, Dyego da Costa Santos, pelas sugestões.

A CAPES, pelo auxílio financeiro.

À Francilânia Batista, pelos momentos compartilhados, pela ajuda nas análises e pela amizade cativada.

À Inácia dos Santos Moreira e Bruno Adelino de Melo, pela ajuda e disponibilidade na finalização da tese.

Aos professores e colegas do Bloco CZ (Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola), em especial ao Professor Francisco de Assis Cardoso Almeida, sempre atencioso e solícito durante o período em que estive fazendo meus experimentos. Agradeço pela partilha do saber e pelas valiosas contribuições para este trabalho.

A todas as pessoas que contribuíram direta ou indiretamente, no passado ou no presente, para a concretização deste sonho. Não citarei nomes devido ao alto risco de omissão, deixo apenas o meu humilde: Muito obrigada!

## SUMÁRIO

|   |           |
|---|-----------|
| <b>LISTA DE FIGURAS .....</b>   | <b>8</b>  |
| <b>LISTA DE TABELAS.....</b>  | <b>12</b> |
| <b>RESUMO.....</b>  | <b>16</b> |
| <b>ABSTRACT.....</b>  | <b>17</b> |
| <b>1.INTRODUÇÃO .....</b>   | <b>18</b> |
| 1.1.Objetivo geral .....  | 19        |
| 1.2.Objetivos específicos.....  | 19        |
| <b>2.REVISÃO DE LITERATURA.....</b>   | <b>21</b> |
| 2.1. Tamarindo.....   | 21        |
| 2.2. Liofilização.....  | 23        |
| 2.3.Adjuvantes de secagem .....   | 24        |
| 2.3.1. Maltodextrina.....   | 24        |
| 2.4.Cinética de congelamento.....   | 25        |
| 2.5.Armazenamento de polpa em pó .....  | 26        |
| 2.6.Sucos de frutas desidratados.....   | 27        |
| 2.7.Análise Sensorial .....   | 28        |
| 2.8.Referências bibliográficas .....  | 30        |
| <b>3.CARACTERIZAÇÃO FÍSICA, FÍSICO-QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA DE<br/>POLPAS DE TAMARINDO INTEGRAIS E LIOFILIZADAS</b> |           |
| 3.1. Introdução.....  | 39        |
| 3.2. Material e métodos .....   | 40        |
| 3.3.Resultados e discussão .....  | 44        |
| 3.4.Conclusões.....   | 52        |
| 3.5.Referências bibliográficas .....  | 53        |
| <b>4.CONGELAMENTO DE POLPAS DE TAMARINDO COM DIFERENTES<br/>CONCENTRAÇÕES DE MALTODEXTRINA</b>                      |           |
| 4.1.Introdução.....   | 61        |
| 4.2.Material e métodos .....  | 63        |
| 4.3.Resultados e discussão .....  | 65        |
| 4.4.Conclusões.....   | 71        |
| 4.5.Referências bibliográficas .....  | 72        |
| <b>5. CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE POLPA DE TAMARINDO SOB<br/>ARMAZENAMENTO CONGELADO</b>                     |           |
| 5.1.Introdução.....   | 76        |
| 5.2.Materiais e métodos.....  | 78        |

|   |            |
|---|------------|
| 5.3.Resultados e discussão .....  | 79         |
| 5.4.Conclusões.....   | 88         |
| 5.5.Referências bibliográficas .....  | 88         |
| <b>6. CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA POLPA DE TAMARINDO LIOFILIZADA DURANTE O ARMAZENAMENTO</b>                           |            |
| 6.1. Introdução.....  | 92         |
| 6.2. Material e métodos .....   | 93         |
| 6.3. Resultados e discussão.....  | 95         |
| 6.4. Conclusões.....  | 105        |
| 6.5. Referências bibliográficas .....   | 106        |
| <b>7.CINÉTICA DE DEGRADAÇÃO DO ÁCIDO ASCÓRBICO E DA COR EM POLPAS DE TAMARINDO CONGELADAS</b>                               |            |
| 7.1. Introdução.....  | 109        |
| 7.2.Material e métodos .....  | 111        |
| 7.3.Resultados e discussão .....  | 113        |
| 7.4.Conclusões.....   | 119        |
| 7.5.Referências bibliográficas .....  | 120        |
| <b>8.COMPORTAMENTO HIGROSCÓPICO DA POLPA DE TAMARINDO LIOFILIZADA</b>   |            |
| 8.1. Introdução.....  | 124        |
| 8.2.Material e métodos .....  | 124        |
| 8.3.Resultados e discussão .....  | 129        |
| 8.4.Conclusões.....   | 137        |
| 8.5.Referências bibliográficas .....  | 137        |
| <b>9.PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISE SENSORIAL DE SUCOS RECONSTITUÍDOS OBTIDOS A PARTIR DA POLPA DE TAMARINDO EM PÓ</b> |            |
| 9.1. Introdução.....  | 143        |
| 9.2.Material e métodos .....  | 145        |
| 9.3.Resultados e discussão .....  | 148        |
| 9.4.Conclusões.....   | 156        |
| 9.5.Referências bibliográficas .....  | 156        |
| <b>10. CONCLUSÕES GERAIS</b> .....  | <b>162</b> |
| <b>APÊNDICES</b> .....  | <b>164</b> |
| APÊNDICE A.....   | 165        |
| APÊNDICE B.....   | 168        |
| APÊNDICE C.....   | 169        |

## LISTA DE FIGURAS

### REVISÃO DE LITERATURA

|                 |                       |           |
|-----------------|-----------------------|-----------|
| <b>Figura 1</b> | Fruto do tamarindeiro | <b>21</b> |
|-----------------|-----------------------|-----------|

### CAPÍTULO 02

|                 |                       |           |
|-----------------|-----------------------|-----------|
| <b>Figura 1</b> | Curva de congelamento | <b>67</b> |
|-----------------|-----------------------|-----------|

|                 |   |           |
|-----------------|---|-----------|
| <b>Figura 2</b> | Plotagem da razão de temperatura versus o tempo das polpas integral e formuladas de tamarindo | <b>69</b> |
|-----------------|---|-----------|

### CAPÍTULO 03

|                 |   |           |
|-----------------|---|-----------|
| <b>Figura 1</b> | Valores médios para teor de água das polpas de tamarindo ao longo de 75 dias de armazenamento | <b>80</b> |
|-----------------|---|-----------|

|                 |   |           |
|-----------------|---|-----------|
| <b>Figura 2</b> | Valores para a ATT das polpas de tamarindo ao longo de 75 dias de armazenamento | <b>82</b> |
|-----------------|---|-----------|

|                 |   |           |
|-----------------|---|-----------|
| <b>Figura 3</b> | Valores médios para o pH das polpas de tamarindo ao longo de 75 dias de armazenamento | <b>83</b> |
|-----------------|---|-----------|

|                 |  |           |
|-----------------|--|-----------|
| <b>Figura 4</b> | Teor do ácido ascórbico nas polpas de tamarindo ao longo de 75 dias de armazenamento | <b>84</b> |
|-----------------|--|-----------|

|                 |  |           |
|-----------------|--|-----------|
| <b>Figura 5</b> | Valores da Luminosidade das polpas de tamarindo ao longo de 75 dias de armazenamento | <b>85</b> |
|-----------------|--|-----------|

|                 |  |           |
|-----------------|--|-----------|
| <b>Figura 6</b> | Valores para a intensidade vermelho das polpas de tamarindo ao longo de 75 dias de armazenamento | <b>87</b> |
|-----------------|--|-----------|

|                 |  |           |
|-----------------|--|-----------|
| <b>Figura 7</b> | Valores médios para a intensidade amarelo das polpas de tamarindo ao longo de 75 dias de armazenamento | <b>88</b> |
|-----------------|--|-----------|

### CAPÍTULO 04

|                 |   |           |
|-----------------|---|-----------|
| <b>Figura 1</b> | Valores do teor de água das polpas de tamarindo formuladas ao longo de 75 dias de armazenamento | <b>96</b> |
|-----------------|---|-----------|

|                 |  |           |
|-----------------|--|-----------|
| <b>Figura 2</b> | Valores para a atividade de água das polpas de tamarindo formuladas ao longo de 75 dias de armazenamento | <b>97</b> |
|-----------------|--|-----------|

|                 |   |            |
|-----------------|---|------------|
| <b>Figura 3</b> | Valores para a acidez total titulável das polpas de tamarindo formuladas ao longo de 75 dias de armazenamento | <b>99</b>  |
| <b>Figura 4</b> | Valores para o pH das polpas de tamarindo formuladas ao longo de 75 dias de armazenamento                     | <b>100</b> |
| <b>Figura 5</b> | Valores para teor de ácido ascórbico das polpas de tamarindo formuladas ao longo de 75 dias de armazenamento  | <b>101</b> |
| <b>Figura 6</b> | Valores para a luminosidade das polpas de tamarindo formuladas ao longo de 75 dias de armazenamento           | <b>103</b> |
| <b>Figura 7</b> | Valores para a intensidade vermelho nas polpas de tamarindo formuladas ao longo de 75 dias de armazenamento   | <b>104</b> |
| <b>Figura 8</b> | Valores para a intensidade amarelo nas polpas de tamarindo formuladas ao longo de 75 dias de armazenamento    | <b>105</b> |

## **CAPÍTULO 05**

|                 |   |            |
|-----------------|---|------------|
| <b>Figura 1</b> | Relação do teor de ácido ascórbico durante o tempo de armazenamento (dias)  | <b>113</b> |
| <b>Figura 2</b> | Ajuste dos dados de degradação do ácido ascórbico de polpa de tamarindo integral e formulada com 10, 15 e 20% de maltodextrina ao modelo de Weibull | <b>116</b> |
| <b>Figura 3</b> | Ângulo de tonalidade das polpas de tamarindo integral e formuladas com 10, 15 e 20% de maltodextrina durante o armazenamento congelado              | <b>117</b> |
| <b>Figura 4</b> | Regressão não linear dos valores do índice de escurecimento nas polpas de tamarindo   | <b>118</b> |

## **CAPÍTULO 06**

|                 |   |            |
|-----------------|---|------------|
| <b>Figura 1</b> | Relação da atividade de água e o tempo para as polpas de tamarindo liofilizadas e mantidas nas temperaturas de 25°C (A), 30°C (B) e 35°C (C)          | <b>129</b> |
| <b>Figura 2</b> | Isotermas de adsorção de umidade das polpas de tamarindo liofilizadas ajustadas ao modelo de Halsey nas temperaturas de 25°C (A), 30°C (B) e 35°C (C) | <b>136</b> |

## **CAPÍTULO 07**

|                 |  |            |
|-----------------|--|------------|
| <b>Figura 1</b> | Perfil sensorial dos sucos obtidos por planejamento experimental         | <b>154</b> |
| <b>Figura 2</b> | Índice de aceitabilidade dos sucos obtidos por planejamento experimental | <b>155</b> |

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO 01

|                 |   |           |
|-----------------|---|-----------|
| <b>Tabela 1</b> | Caracterização física e físico-química da polpa de tamarindo integral e formulada com 10, 15 e 20% de maltodextrina | <b>44</b> |
| <b>Tabela 2</b> | Caracterização física e físico-química da polpa de tamarindo liofilizada a 0, 10, 15 e 20% de maltodextrina         | <b>48</b> |
| <b>Tabela 3</b> | Análises microbiológicas da polpa e do pó integral e tamarindo  | <b>51</b> |

### CAPÍTULO 02

|                 |   |           |
|-----------------|---|-----------|
| <b>Tabela 1</b> | Caracterização físico-química das polpas integral e formuladas de tamarindo | <b>66</b> |
| <b>Tabela 2</b> | Velocidade de congelamento das polpas de tamarindo                          | <b>69</b> |
| <b>Tabela 3</b> | Difusividade térmica das polpas integral e formuladas de tamarindo a -30°C  | <b>70</b> |

### CAPÍTULO 03

|                 |  |           |
|-----------------|--|-----------|
| <b>Tabela 1</b> | Médias do teor de água das polpas de tamarindo com diferentes concentrações de maltodextrina nos diferentes períodos de armazenamento                                      | <b>80</b> |
| <b>Tabela 2</b> | Médias da acidez total titulável (mg (100g) <sup>-1</sup> ) das polpas de tamarindo com diferentes concentrações de maltodextrina nos diferentes períodos de armazenamento | <b>81</b> |
| <b>Tabela 3</b> | Valores de pH das polpas de tamarindo com diferentes concentrações de maltodextrina nos diferentes períodos de armazenamento   | <b>82</b> |
| <b>Tabela 4</b> | Valores do ácido ascórbico (mg (100g) <sup>-1</sup> ) para as polpas de tamarindo com diferentes concentrações de maltodextrina nos diferentes períodos de                 | <b>84</b> |

|                        |  |            |
|------------------------|--|------------|
|                        | armazenamento  |            |
| <b>Tabela 5</b>        | Médias para a luminosidade das polpas de tamarindo com diferentes concentrações de maltodextrina nos diferentes períodos de armazenamento                | <b>85</b>  |
| <b>Tabela 6</b>        | Médias para a intensidade vermelho (+a*) das polpas de tamarindo com diferentes concentrações de maltodextrina nos diferentes períodos de armazenamento  | <b>86</b>  |
| <b>Tabela 7</b>        | Médias para a intensidade amarelo das polpas de tamarindo com diferentes concentrações de maltodextrina nos diferentes períodos de armazenamento         | <b>87</b>  |
| <br><b>CAPÍTULO 04</b> |  |            |
| <b>Tabela 1</b>        | Médias do teor de água das polpas de tamarindo formuladas com maltodextrina nos diferentes períodos de armazenamento                                     | <b>95</b>  |
| <b>Tabela 2</b>        | Médias da atividade de água das polpas de tamarindo formuladas com maltodextrina nos diferentes períodos de armazenamento                                | <b>97</b>  |
| <b>Tabela 3</b>        | Médias da acidez total titulável (g (100g) <sup>-1</sup> ) das polpas de tamarindo formuladas com maltodextrina nos diferentes períodos de armazenamento | <b>98</b>  |
| <b>Tabela 4</b>        | Médias do pH das polpas de tamarindo formuladas com maltodextrina nos diferentes períodos de armazenamento   | <b>100</b> |
| <b>Tabela 5</b>        | Médias do teor de ácido ascórbico (mg (100g) <sup>-1</sup> ) polpas de tamarindo formuladas com maltodextrina nos diferentes períodos de armazenamento   | <b>101</b> |
| <b>Tabela 6</b>        | Médias da luminosidade das polpas de tamarindo formuladas com maltodextrina nos diferentes períodos de armazenamento                                     | <b>102</b> |
| <b>Tabela 7</b>        | Médias da intensidade vermelho nas polpas de tamarindo formuladas com  | <b>103</b> |

|                        |   |            |
|------------------------|---|------------|
|                        | maltodextrina nos diferentes períodos de armazenamento  |            |
| <b>Tabela 8</b>        | Médias da intensidade amarelo nas polpas de tamarindo formuladas com maltodextrina nos diferentes períodos de armazenamento   | <b>104</b> |
| <br><b>CAPÍTULO 05</b> |   |            |
| <b>Tabela 1</b>        | Equação linear e coeficiente de determinação para as polpas de tamarindo integral e formuladas com maltodextrina  | <b>114</b> |
| <b>Tabela 2</b>        | Parâmetros e coeficientes de determinação da equação cinética de Weibull aplicada às polpas de tamarindo  | <b>115</b> |
| <b>Tabela 3</b>        | Parâmetros k e coeficientes de determinação da regressão linear aplicada à tonalidade das polpas de tamarindo armazenadas   | <b>117</b> |
| <b>Tabela 4</b>        | Parâmetros e coeficientes de determinação da regressão não linear aplicada ao índice de escurecimento das popas de tamarindo  | <b>119</b> |
| <br><b>CAPÍTULO 06</b> |   |            |
| <b>Tabela 1</b>        | Modelos matemáticos utilizados para o ajuste das isotermas das polpas de tamarindo liofilizadas   | <b>127</b> |
| <b>Tabela 2</b>        | Parâmetros, coeficientes de determinações, erros médios relativos e desvios-padrão do modelo de Halsey ajustado às isotermas de adsorção das polpas de tamarindo liofilizadas a 25, 30 e 35°C | <b>131</b> |
| <b>Tabela 3</b>        | Parâmetros, coeficientes de determinações, erros médios relativos e desvios-padrão do modelo de GAB ajustado às isotermas de adsorção das polpas de tamarindo liofilizadas a 25, 30 e 35°C    | <b>132</b> |
| <b>Tabela 4</b>        | Parâmetros, coeficientes de   | <b>134</b> |

determinações, erros médios relativos e desvios-padrão do modelo de Hailwood-Horrobin ajustado às isothermas de adsorção das polpas de tamarindo liofilizadas a 25, 30 e 35°C

|                 |   |            |
|-----------------|---|------------|
| <b>Tabela 5</b> | Parâmetros, coeficientes de determinações, erros médios relativos e desvios-padrão do modelo de Hailwood-Horrobin ajustado às isothermas de adsorção das polpas de tamarindo liofilizadas a 25, 30 e 35°C | <b>135</b> |
|-----------------|---|------------|

## **CAPÍTULO 07**

|                 |   |            |
|-----------------|---|------------|
| <b>Tabela 1</b> | Variáveis de entrada e níveis reais e codificados                                       | <b>146</b> |
| <b>Tabela 2</b> | Quantidade definidas para as variáveis sacarose e polpa em pó do tamarindo liofilizada  | <b>146</b> |
| <b>Tabela 3</b> | Caracterização físico-química das polpas formuladas de tamarindo em pó                  | <b>148</b> |
| <b>Tabela 4</b> | Valores do pH nos sucos obtidos por planejamento experimental                           | <b>149</b> |
| <b>Tabela 5</b> | Valores da acidez total titulável nos sucos obtidos por planejamento experimental       | <b>150</b> |
| <b>Tabela 6</b> | Valores para os sólidos solúveis totais nos sucos obtidos por planejamento experimental | <b>151</b> |
| <b>Tabela 7</b> | Valores de ratio nos sucos obtidos por planejamento experimental                        | <b>152</b> |
| <b>Tabela 8</b> | Valores para o teor de ácido ascórbico nos sucos obtidos por planejamento experimental  | <b>153</b> |
| <b>Tabela 9</b> | Intenção de compra das formulações de sucos obtidas por planejamento experimental       | <b>155</b> |

## RESUMO

O tamarindo (*Tamarindus indica* L.) é uma matéria-prima valorizada no mundo todo por causa dos seus componentes nutricionais que contribuem para a saúde humana, no entanto, para viabilizar a exploração agroindustrial dos frutos é necessário estudos de tecnologias que aumentem a sua vida útil e preservem as suas características bioativas, químicas e sensoriais, sendo a secagem por liofilização um meio eficiente para se obter tal resultado. Diante do exposto, objetivou com o presente trabalho caracterizar a polpa do tamarindo integral e liofilizada quanto aos parâmetros físicos, físico-químicos e microbiológicos; realizar a cinética de congelamento na temperatura de  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; realizar testes de armazenamento congelado e a temperatura ambiente; estudar o comportamento higroscópico das amostras e preparar formulações de sucos utilizando o planejamento experimental e posterior análise sensorial dos seus atributos. As amostras foram formuladas com diferentes concentrações de maltodextrina (0, 10, 15 e 20%) e de acordo com os resultados obtidos, a adição deste coadjuvante, bem como, a secagem por liofilização, promoveram modificações nas características estudadas. Dentre os resultados mais expressivos, percebeu-se que a atividade antioxidante reduziu em até 52,14% após a secagem, as polpas liofilizadas apresentaram alta higroscopicidade e excelente qualidade microbiológica. Sobre a cinética de congelamento, a estabilização térmica ocorreu em 12.000 s na polpa integral, 12.500 s na polpa a 10%, 13.000 s na polpa a 15% e 13.100 s na polpa a 20% de maltodextrina. Durante o armazenamento congelado, as polpas não apresentaram variações significativas no teor de água, e o ácido ascórbico apresentou degradação de aproximadamente 50% do seu teor inicial, já o armazenamento a temperatura ambiente, revelou incrementos nos valores de teor de água em até 31,05%, sendo os pós considerados não perceptíveis, de elevada acidez e baixo pH. Sobre o comportamento higroscópico, o modelo de Halsey foi o que obteve os melhores ajustes ( $R^2 \geq 0,971$ ;  $P \leq 0,04\%$ ; e  $SE \leq 1,05 \times 10^{-3}$ ) com curvas em formato sigmóide, do tipo II. Com relação aos sucos, os atributos cor, aparência, aroma e doçura, situaram-se no termo hedônico "gostei ligeiramente", o sabor situou-se no termo hedônico "gostei moderadamente" e os índices de aceitação foram maiores do que 70%, classificando as bebidas como de "boa aceitação".

**Palavras-chave:** análise sensorial, armazenamento, cinética de congelamento, higroscopicidade, maltodextrina

## ABSTRACT

The tamarind (*Tamarindus indica* L.) is a raw material valued throughout the world because of its nutritional components that contribute to human health, however, to make feasible the agroindustrial exploitation of fruits requires studies of technologies that increase their life useful and preserve their bioactive, chemical and sensorial characteristics, the drying by freeze drying an efficient means to obtain such result. In view of the above, the objective of this work was to characterize the pulp of the integral and freeze-dried tamarind in terms of physical, chemical, and microbiological parameters; perform freezing kinetics at  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; perform frozen storage and room temperature tests; to study the hygroscopic behavior of the samples and to prepare juice formulations using experimental planning and later sensorial analysis of their attributes. The samples were formulated with different concentrations of maltodextrin (0, 10, 15 and 20%) and according to the results, the addition of this adjuvant, as well as, lyophilization drying, promoted modifications in the characteristics studied. Among the most expressive results, it was noticed that the antioxidant activity reduced up to 52.14% after drying, the lyophilized pulps presented high hygroscopicity and excellent microbiological quality. Regarding the freezing kinetics, the thermal stabilization occurred at 12,000 s in the whole pulp, 12,500 s in the 10% pulp, 13,000 s in the 15% pulp and 13,100 s in the 20% maltodextrin pulp. During storage, the pulps did not show significant variations in the water content and ascorbic acid presented degradation of approximately 50% of its initial content, and storage at room temperature revealed increases in water content values up to 31,05%, the powders being considered non-perishable, with high acidity and low pH. On the hygroscopic behavior, the Halsey model was the one that obtained the best adjustments ( $R^2 \geq 0,971$ ,  $P \leq 0,04\%$ , and  $SE \leq 1,05 \times 10^{-3}$ ) with sigmoidal curves of type II. Regarding juices, the attributes of color, appearance, aroma and sweetness were in the "mildly liked" hedonic term, the flavor was in the "moderately liked" hedonic term and acceptance rates were greater than 70% classifying drinks as "good acceptance".

**Key words:** sensory analysis, storage, freezing kinetics, hygroscopicity, maltodextrin

### 1. INTRODUÇÃO

O Brasil apresenta uma grande biodiversidade em espécies frutíferas, e o Cerrado pode ser considerado o berço dessa riqueza, pois muitos dos frutos, ainda pouco conhecidos e explorados pela agroindústria, apresentam concentração de nutrientes e características sensoriais únicas (MATTIETTO et al., 2010; ALMEIDA et al., 2011; CARDOSO et al., 2011).

Entre as espécies presentes no Cerrado, destaca-se o tamarindeiro (*Tamarindus indica* L.), as plantas se mostram bem adaptadas em vários Estados, sendo encontrada nas Regiões Norte, Nordeste, Sudeste e Centro-Oeste, em plantações não organizadas e dispersas, devido a pouca ou quase nenhuma atenção dada à cultura. É uma matéria-prima valorizada no mundo todo por causa de seus componentes nutricionais que contribuem para a saúde humana. O seu fruto apresenta significativo teor de vitaminas C, E e do complexo B, além de cálcio, ferro, fósforo, potássio, manganês e fibra dietética. Há também compostos orgânicos que o tornam um poderoso antioxidante e um excelente agente anti-inflamatório (URSZULA et al., 2014).

Para viabilizar a exploração agroindustrial dos frutos do tamarindeiro, é necessário estudos de tecnologias que aumentem a sua vida útil e preservem as suas características bioativas, químicas e sensoriais, responsáveis por sua aceitação no mercado consumidor. Dentre os métodos que podem ser utilizados para tal finalidade, a secagem é a mais empregada, fazendo com que o fruto, que antes era consumido só em sua época de safra, hoje possa ser consumido em qualquer período do ano (OLIVEIRA et al., 2010; MOREIRA et al., 2013).

A liofilização é um método de secagem que se baseia na sublimação da água previamente congelada. O processo ocorre em uma câmara onde a pressão se encontra abaixo do ponto tríplice da água (PARK et al., 2007). A liofilização é indicada para secagem de alimentos que contenham quantidades consideráveis de antioxidantes sensíveis ao calor, como tocoferóis, ácido ascórbico, carotenoides e compostos fenólicos. O método atua aumentando a vida útil dos alimentos por impedir a proliferação de microrganismos e diminuindo a taxa de oxidação lipídica. Sendo assim, o método consegue atingir o mais alto padrão de qualidade no produto seco em relação à cor, sabor, textura e aspectos nutricionais. No entanto, o alto custo operacional e o longo tempo de processo são fatores que minimizam seu uso em escala industrial (SHOFIAN et al., 2011).

Os produtos em pó de polpas de frutas, obtidos com o emprego de secagem, apresentam funcionalidade desejada e são estáveis por um maior período de armazenamento, oferecendo várias vantagens sobre outras formas, de transformação de produtos como, sucos e concentrados devido às possibilidades de uso em formulações inovadoras. Este tipo de produto atende à crescente demanda mundial por alimentos com características mais próximas ao natural pelas indústrias alimentícias (RAJKUMAR et al. 2007; CAPARINO et al., 2012). Segundo a Associação Brasileira de Indústrias de Refrigerantes e Bebidas não Alcoólicas – ABIR (2015), no ano de 2014 foi produzido 4.993.326 mil litros de refrescos em pó, apresentando 4,8% de crescimento em relação ao ano anterior. Também houve crescimento no consumo per capita desse tipo de produto. No ano de 2014 o consumo somou 24,6 litros/habitante/ano, com crescimento de 3,9% em relação ao ano anterior.

Santos et al. (2018) mencionaram que produtos derivados do tamarindo são consumidos em países como a Índia e México, cuja tradição culinária já utiliza o fruto há centenas de anos como ingrediente. No Brasil, no entanto, não é comum a elaboração de produtos, com exceção de sucos e sobremesas geladas, uma vez que existe pouco aproveitamento tecnológico e poucos estudos direcionados à caracterização físico-química do produto desidratado, bem como, a agregação de valor ao mesmo na alimentação humana.

### **1.1. Objetivo geral**

- Liofilizar a polpa do tamarindo para a obtenção do pó e sua posterior utilização na elaboração de sucos reconstituídos.

### **1.2. Objetivos específicos**

- Caracterizar a polpa do tamarindo integral e liofilizada quanto aos parâmetros físicos, físico-químicos e microbiológicos;
- Realizar a cinética de congelamento das polpas de tamarindo integral e formuladas a 10, 15 e 20% de maltodextrina, na temperatura de -30 °C;
- Realizar teste de armazenamento congelado nas polpas integral e formuladas a 10, 15 e 20% de maltodextrina, por 75 dias em embalagens de polietileno de baixa densidade;
- Realizar teste de armazenamento em condições ambientais das polpas em pó integral e formuladas a 10, 15 e 20% de maltodextrina, por 75 dias em embalagens laminadas;

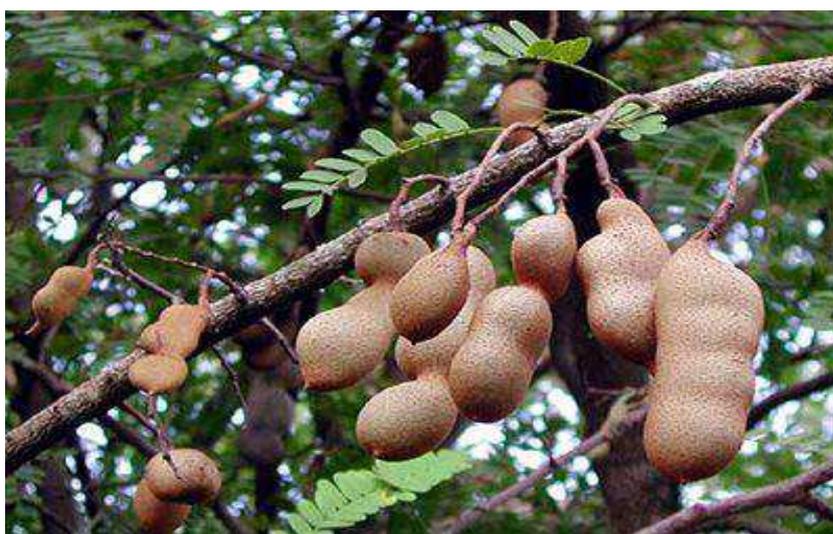
- Analisar a cinética de degradação da cor e do teor de vitamina C das amostras armazenadas por 75 dias em embalagens de polietileno de baixa densidade;
- Construir as isotermas de adsorção de água das polpas em pó formuladas com 10, 15 e 20%, temperaturas de 25, 30 e 35 °C.
- Preparar formulações de sucos utilizando o planejamento experimental e realizar a análise sensorial das amostras.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Tamarindo

O tamarindeiro (*Tamarindus indica* L.) é uma planta frutífera que pertence à família das *Leguminosas*, nativo da África Equatorial, Índia e Sudeste Asiático e que se desenvolve em regiões tropicais e subtropicais, com temperatura média ideal de 25 °C. É uma árvore decorativa, maciça, de crescimento lento e de longa vida, pode alcançar uma altura de 25 m. Seu tronco é dividido em numerosos ramos curvados, fortes, flexíveis e grandes, formando copa densa e ornamental. É considerada uma árvore ideal para regiões semiáridas, tolerando de 5 a 6 meses de condições de seca, mas não sobrevive a baixas temperaturas. Sua disponibilidade é sazonal, no Brasil ocorre, principalmente, na época seca do ano (julho a outubro), mas pode estar no mercado durante todo o ano na forma de polpa congelada (PEREIRA et al., 2011; GARCÍA et al., 2012).

O fruto do tamarindeiro (Figura 1) é uma vagem alongada, com 5 a 15 cm de comprimento, com casca pardo-escura, lenhosa e quebradiça, contendo de 1 a 5 sementes envolvidas por uma polpa parda e ácida (PEREIRA et al., 2011). A Índia é o maior produtor de tamarindo do mundo com uma produção estimada de 250 mil toneladas por ano, sendo destinado a indústrias farmacêuticas, alimentícias e consumo *in natura*, devido apresentar excelentes qualidades nutricionais, aroma agradável e sabor ácido-doce, utilizado na fabricação de refrescos, sorvetes, pastas, doces, licores, geleias e também como ingrediente em condimentos e molhos (ICUC, 2002; GURJÃO, 2006; BOUROU et al., 2010).



**Figura 1** – Fruto do tamarindeiro. Fonte: Ecobotânico (2018)

Pode ser usado para acelerar a função dos intestinos, atuando como laxante suave. A polpa desidratada é um dos melhores purificadores de sangue. É considerado de grande utilidade para corrigir distúrbios biliares, já que sua acidez natural excita a produção da bÍlis. Se ingerido com frequência, baixa o nível do colesterol, e restaura o bom funcionamento do coração. Para dores de garganta, recomenda-se gargarejo com a polpa diluída em água, sendo que, ainda, reverte a deficiência de vitamina C no organismo (IZZU et al., 2005).

O tamarindo é rico em antioxidantes, protegendo as células e mantendo o corpo saudável. Além das condições já descritas, trata cólicas, sensibilidade ao frio, conjuntivite, disenteria grave, gengivite, paralisia, inchaço na córnea, reduz a dor provocada pela artrite e pela artrose, elimina vômitos e as náuseas durante a gravidez, estimula produção de saliva, ameniza os feitos da insolação sendo que é um protetor solar natural potente, acelera a cicatrização de feridas, reduz dores em geral no corpo (HAVINGA et al., 2010).

Hamacek (2012), ao estudar as características físicas do tamarindo, encontrou as seguintes variáveis: comprimento, entre 3,70 a 11,10 cm; peso médio da polpa, 9,30 g; e rendimento de 52,21%. Com relação à composição química, os sólidos solúveis, expressos em °Brix foi de 44,00; a acidez total titulável, expressa em g de ácido cítrico, foi de 18,52 g (100 g)<sup>-1</sup>; a relação entre os sólidos solúveis e a acidez total titulável foi de 2,38; e o pH da polpa apresentou valor de 2,95, sendo considerada muito ácida.

Ferreira et al. (2010) mencionaram que as características importantes para o uso do fruto como matéria-prima para a indústria é a sua baixa umidade (22,0%) e elevada acidez (pH=2,2 a 2,4), propriedades que favorecem a sua conservação e de seus derivados. Somado a estes fatores o sabor pronunciado do fruto, bastante característico e apreciado. Além da presença das fibras solúveis, 4,5 g (100 g)<sup>-1</sup> e insolúveis 6,4 g (100 g)<sup>-1</sup>; este fruto apresenta teor elevado de minerais como potássio: 723 mg (100 g)<sup>-1</sup>; cálcio: 37 mg (100 g)<sup>-1</sup>; magnésio: 59 mg (100 g)<sup>-1</sup>; fósforo: 55 mg (100 g)<sup>-1</sup>; manganês: 0,34 mg (100 g)<sup>-1</sup> e zinco: 0,7 mg (100 g)<sup>-1</sup> (TACO, 2011).

Fonsêca (2012), ao quantificar as polpas de tamarindos comerciais no Estado do Rio Grande do Norte, visando avaliar a qualidade de acordo com os Padrões de Identidade de Qualidade estabelecidos pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), encontrou valores para sólidos totais de 23,8 a 14,7; sólidos solúveis totais de 17,20 a 12,30; pH de 2,35 a 2,15; acidez total titulável, expressa em ácido tartárico, de 3,76 a 2,89 (100 g)<sup>-1</sup> e açúcares totais de 8,41 a 6,35 (100 g)<sup>-1</sup>.

## **2.2. Liofilização**

Segundo Gava (2009), a liofilização é o processo de desidratação de produtos em condições de pressão e temperatura tais que a água, previamente congelada, passa do estado sólido diretamente para o estado gasoso (sublimação). Devido à ausência de água líquida e a baixa temperatura requerida para o processo, a maior parte da deterioração e as reações microbiológicas são cessadas, de modo que garanta alimentos seguros e nutritivos aos consumidores (BORCHANI et al., 2011; VIEIRA et al., 2012). Comparando o processo de liofilização com outros processos de secagem, isto é, secagem em altas temperaturas, à pressão ambiente e sem congelamento prévio, verifica-se que a liofilização apresenta as seguintes vantagens: menor contração do produto; maior solubilidade devido à estrutura esponjosa deixada pela saída de água; evita decomposição pelo calor; reduz a perda de voláteis sem afetar a qualidade do produto; reduz as ações enzimáticas dos microrganismos; evita a desnaturação de proteínas, além de manter a morfologia inicial do material (ORREGO-ALZATE, 2008).

Uma das principais desvantagens da liofilização é o custo elevado quando comparado aos produtos secos por outras técnicas mais acessíveis, dessa forma é necessário pesquisas que minimizem os custos operacionais, ofertando produtos a um preço competitivo (VIEIRA et al., 2012).

Cada vez mais as indústrias alimentícias vêm se adequando à crescente exigência do consumidor moderno. Nesta linha de pensamento, os produtos naturais desidratados por liofilização estão atualmente ocupando o mais alto patamar de qualidade e praticidade nos meios industriais, substituindo com vantagens os produtos *in natura* e em qualidade, os produtos sintéticos (EBLSA, 2016).

Torres et al. (2010), ao estudarem a secagem da casca de duas variedades de uva (Carménère e Cabernet Sauvignon) pelo método de liofilização e secagem em estufa a 60°C, verificaram que a secagem a frio se mostrou menos agressiva, alcançando maior manutenção dos compostos voláteis e fenólicos ao final do processo.

Santos et al. (2012), avaliando a mangaba liofilizada através de parâmetros físico-químicos constataram que o processo de liofilização mostrou-se eficiente para a secagem da fruta pois manteve grande parte das propriedades físico-químicas avaliadas. Segundo os autores, a secagem provocou redução significativa no teor de umidade, entretanto não alterou significativamente o teor de cinzas, pH e sólidos solúveis, obtendo-se um produto reduzido, compacto e homogêneo, o que facilita algumas etapas como armazenamento e transporte, tornando-se assim acessível a outros estados, os quais a fruta não é nativa, fator que propicia o aumento do consumo.

Santos et al. (2013), ao liofilizar o capim-santo (*Cymbopogon citratus* D.C.) e hibisco (*Hibiscus sabdariffa* L.) para a obtenção de extratos, concluíram que a liofilização foi capaz de produzir um produto desidratado com alto teor de sólidos solúveis e qualidade em termos sensoriais, como a cor.

Annegowda et al. (2014), ao estudarem o efeito dos tratamentos de secagem por liofilização (-50°C e pressão de vácuo de 0.12 Tor) e secagem em estufa de ar quente (60°C por 24 h) do mamão verde, em relação a compostos polifenólicos e antioxidantes, constataram que o aquecimento suave da secagem pelo frio auxiliou na manutenção e aumento da quantidade de compostos bioativos (taninos e flavonoides), se mostrando o método mais eficaz.

### **2.3. Adjuvantes de secagem**

O uso de aditivos (adjuvantes de secagem) tem por objetivo facilitar o processo de secagem, melhorar a qualidade do produto final (tempo de prateleira, por exemplo) e reduzir custos de processos (LAVOYER, 2012). A escolha do adjuvante no processo de liofilização é de fundamental importância, já que determina a estabilidade e a qualidade dos produtos obtidos, podendo influenciar suas características de biodisponibilidade. A literatura científica aponta que os adjuvantes mais utilizados para alimentos são maltodextrina, amido e goma arábica (ALI et al., 2009; OLIVEIRA et al., 2009; GOULA & ADAMOPOULOS, 2010; PITALUA et al., 2010; FANG e BHANDARI, 2012; MOSQUERA et al., 2012; BORRMANN et al., 2013).

#### **2.3.1. Maltodextrina**

As maltodextrinas consistem em unidades de  $\alpha$ -D-glicose unidas principalmente por ligações glicosídicas (1→4) e apresentam uma fórmula geral igual a  $[(C_6H_{10}O_5)_nH_2O]$  (KENNEDY et al., 1995). Elas são produzidas industrialmente pela hidrólise enzimática ou ácida, ou ainda uma combinação de ambas, das moléculas de amido. É uma mistura de sacarídeos, principalmente D-glicose, maltose e uma série de oligossacarídeos e polissacarídeos sendo comercialmente encontrada na forma de um pó branco ou de soluções concentradas (CHRONAKIS, 1998).

A maltodextrina é subdividida a partir do grau de dextroses equivalentes (DE). Por sua vez, a dextrose equivalente é uma medida que caracteriza a extensão da hidrólise do amido e também indica uma média do peso molecular. Conforme aumenta o grau de hidrólise, a média do peso molecular diminui e a DE aumenta (ADITIVOS & INGREDIENTES, 2018). Além disso, a aplicabilidade da maltodextrina como carreador do processo de liofilização reduz a oxidação do

produto, atuando como agente encapsulante, devido à formação de filmes com propriedades plásticas (TELIS & MARTINEZ-NAVARRETE, 2009).

Canuto et al. (2014), verificaram que a incorporação de maltodextrina à polpa de mamão liofilizada apresentou aumento no teor de água na monocamada e uma diminuição nas características higroscópicas do pó, apresentando assim, efeito positivo como a melhoria na estabilidade do produto final.

Oliveira et al. (2014) produziram pó liofilizado a partir da polpa de cajá utilizando 17% de maltodextrina e compararam seus resultados com amostra controle liofilizada sem maltodextrina. Foi verificado que a maltodextrina adicionada à polpa de cajá foi efetiva para diminuição da higroscopicidade, do grau de caking e o aumento do conteúdo de água na monocamada, gerando um pó mais estável.

Ribeiro et al. (2016) concluíram que a adição de maltodextrina à polpa liofilizada de acerola garantiu a obtenção de um pó de baixa higroscopicidade e alta solubilidade. Barroso et al. (2017) observaram melhorias dos parâmetros físico-químicos com a incorporação de maltodextrina no processo de liofilização de mangaba. Segundo estes últimos, as formulações desidratadas em concentrações de 0, 10, 20 e 30% de adjuvante exibiram um aumento gradual da luminosidade e pH, redução da atividade de água, umidade e acidez total titulável.

#### **2.4. Cinética de congelamento**

A otimização do processo de congelamento tem uma importância crítica para a liofilização, uma vez que a subsequente taxa de sublimação do gelo é fortemente relacionada à morfologia dos cristais de gelo, bem como a maioria dos parâmetros de textura e de estrutura do produto são estabelecidos durante esta etapa (NAKAGAWA et al., 2007).

De acordo com Amorim et al. (2010) a temperatura recomendada para o congelamento de polpa é de  $-23\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$ , ou inferior, no entanto, o tempo necessário para abaixar a temperatura do produto para  $-5\text{ °C}$  não deve ultrapassar 8 h. A temperatura deverá atingir cerca de  $-18\text{ °C}$  em um tempo máximo de 24 h e deverá ser mantida durante todo o tempo de armazenamento e transporte.

Segundo Cox (1987) a qualidade de um produto congelado depende da velocidade em que é congelado, se acredita que os melhores resultados se obtêm com os alimentos que são submetidos ao “congelamento rápido”, entretanto a cinética de congelamento deve ser estudada devido a sua complexidade em função de um grande número de variáveis.

Araújo et al. (2000), estudando a cinética de congelamento da polpa de acerola, nas temperaturas de  $-22$ ,  $-100$  e  $-196\text{ °C}$ , concluíram que para a temperatura de  $-22,6\text{ °C}$ , o período de resfriamento durou 1.800 s; o de cristalização, 6.000 s; e o período de pós-congelamento, 6.000 s.

Para a temperatura de  $-100\text{ }^{\circ}\text{C}$ , o período de resfriamento da polpa de acerola foi de 360 s; o período de cristalização foi de 1.140 s; e o período de pós-congelamento durou 3.240 s. Para a temperatura de  $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ , o período de resfriamento durou 60 s; o de cristalização 30 s; e o período de pós-congelamento 140 s.

Cavalcanti-Mata et al. (2003), estudando as curvas de congelamento de frutos de cajá (*Spondias lutea L.*) em temperaturas semi-criogênicas ( $-30$ ,  $-60$  e  $-90\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) concluíram que o cajá levou 75 min, na fase de cristalização, para se congelar à temperatura de  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 44 min à temperatura de  $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$  e 40 min à temperatura de  $-90\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

## **2.5. Armazenamento de polpa em pó**

A desidratação proporciona benefícios ao produto, aumentando sua vida de prateleira, redução do volume, facilidade de transporte e prolongamento da oferta em épocas de entressafra (YOUSEFI et al., 2011). Por outro lado, os pós resultantes desse processo caracterizam-se geralmente pela elevada carga de açúcares, os quais tendem a absorver água do entorno, formando aglomerados e aumentando sua higroscopicidade, tornando as partículas pegajosas (CAVALCANTE et al., 2018).

A vida de prateleira de produtos liofilizados pode chegar a um ano em temperaturas ambiente. Porém, durante o armazenamento é necessário utilizar embalagens adequadas por se tratar de produtos sensíveis a oxidação, frágeis e muito higroscópicos (ORDÓÑEZ, 2005).

A utilização de embalagens para conservação dos produtos com umidade adequada e preservação do aspecto original, como a cor e o aroma, é de grande importância, visto que, várias espécies após a secagem, reabsorvem a umidade relativa do ar. Além disso, o uso de embalagens apropriadas protegem os produtos contra os danos causados pelo manuseio, condições atmosféricas extremas de umidade e de outros elementos, que possam degradar o produto durante o transporte e armazenamento (CHITARRA & CHITARRA, 2005; CABRAL-MALHEIROS et al., 2010).

Visando expandir a vida de prateleira de produtos alimentícios, o emprego de embalagens laminadas tem se mostrado eficiente em detrimento das embalagens de polietileno para sucos desidratados, embora essa estimativa necessite de informações sobre a cinética de deterioração (LISBOA et al., 2012; SOUSA, 2016).

Pena et al. (2010), estabeleceram que, para o acondicionamento e armazenamento adequado de açaí em pó, o produto deve ser armazenado em embalagens com baixa permeabilidade ao vapor de água e impermeáveis ao ar e à luz. Os autores mencionaram também que a utilização de embalagens com barreira metálica e embalagem a vácuo ou em atmosfera de nitrogênio preservaram melhor as antocianinas presentes no produto.

Silva (2013), avaliando a qualidade físico-química e sensorial de polpa de juçara (*Euterpe edulis*) desidratada por atomização e liofilização, acondicionadas em embalagens de polietileno (PE) e polietileno revestido com uma camada de alumínio (PA), armazenadas ao abrigo da luz em temperatura ambiente ao longo de 120 dias, observou que os pós exibiram aumento da atividade de água durante o armazenamento, contudo, o liofilizado em PA foi o que obteve a menor taxa de absorção de água no período de armazenamento.

Alexandre et al. (2014), ao estudarem o armazenamento da pitanga em pó obtido pelo processo de secagem em camada de espuma e acondicionado em embalagem flexível e multifolhada (PET/PP) a temperatura e umidade relativa ambiente durante 60 dias, observaram que o teor de ácido ascórbico, umidade, acidez total titulável e açúcares totais pouco variaram ao longo deste período.

Por sua vez, Conegero et al. (2017), em estudos sobre a estabilidade da polpa liofilizada de mangaba, acondicionadas em embalagens de polietileno e laminadas, relataram que, ao longo de 90 dias, houve redução do teor de ácido ascórbico, aumento da atividade de água e pH e sensível escurecimento das amostras, embora as alterações tenham sido de menor intensidade para as amostras acondicionadas nas embalagens laminadas.

Desse modo, a literatura reforça a importância dos estudos sobre a estabilidade das propriedades físicas, químicas e físico-químicas das polpas de frutas desidratadas, demonstrando que a vida de prateleira desses produtos está intrinsecamente ligada ao tempo de estocagem, a temperatura de armazenamento, ao tipo de embalagem empregada e a própria natureza do produto estocado.

## **2.6. Sucos de frutas desidratadas**

Os sucos são apreciados devido ao seu sabor agradável e por suas propriedades funcionais e nutricionais, sendo as vitaminas os compostos com função biológica mais importante na maioria deles (LEONE et al., 2011). O Decreto nº 2.314 do MAPA, de 1997, estabelece os Padrões de Identidade e Qualidade de bebidas, neste documento encontra-se a definição de bebida, como sendo “todo produto industrializado, destinado à ingestão humana, em estado líquido, sem finalidade medicamentosa ou terapêutica. A presente Legislação possui definição para sucos desidratados, a saber, “é o suco sob o estado sólido, obtido pela desidratação do suco integral, devendo conter a expressão suco desidratado” (BRASIL, 2003), no entanto, não existem padrões para a polpa e o suco do tamarindo.

Agregar valor à fruticultura por meio da produção de bebidas a base de frutas é uma alternativa interessante uma vez que ocorreram valorizações dos derivados líquidos de frutas no

exterior nos últimos anos (ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 2012). Além disso, a diversidade de frutas tropicais passíveis de exploração no Brasil abre uma oportunidade no que diz respeito à produção e exportação de sucos e similares, propiciando a oportunidade ao produtor de comercializar seu produto o ano todo (LEONE et al., 2011).

O consumo de sucos de frutas industrializados tem aumentado motivado principalmente pela vida acelerada da população urbana, praticidade fornecida por néctares prontos para beber, facilidade de reconstituição de sucos concentrados ou em pó e pela demanda por produtos que sejam seguros (MATSUURA & ROLIM, 2002; MOREIRA et al., 2013).

Vários estudos envolvendo bebidas a base de frutas já foram conduzidos. González-Molina et al. (2009), desenvolveram bebidas mistas de limão e romã e estudaram sua composição de flavonoides e vitamina C, bem como sua estabilidade, capacidade antioxidante e cor, durante 70 dias de estocagem. A formulação com 75% de suco de romã e 25% de suco de limão apresentou elevada capacidade antioxidante, alto teor de vitamina C e melhores propriedades de cor ao longo desse período.

Barbosa (2010), avaliando a influencia das condições de secagem por *spray-drying* sobre os parâmetros de qualidade de suco em pó obtido pela mistura de frutas (manga, cajá e mamão) verificou que o suco em pó apresentou teor de umidade e atividade de água dentro da faixa encontrada para produto em pó, 2,30-4,36% e de 0,26 a 0,34, respectivamente.

Freitas & Mattietto (2013), avaliaram blends de frutas da Amazônia (açai, cupuaçu, camu-camu, graviola, acerola e cajá) e a concentração de açúcar ideal para os dois blends preferidos utilizando de análise sensorial. Para o blend cupuaçu-acerola-açai, a concentração ótima de açúcar foi 9,5 g.100 mL; já para blend graviola-camu-camu-taperabé a concentração ótima foi 10,7 g.100 mL de açúcar.

## **2.7. Análise sensorial**

A análise sensorial compreende um conjunto de técnicas utilizadas para a medição de atributos sensoriais a partir de respostas humanas, tais como visão, tato, olfato, sabor e audição. As informações obtidas através da avaliação sensorial de um produto são utilizadas por empresas como suporte técnico para a pesquisa e controle de qualidade, bem como para a industrialização e marketing. Do ponto de vista do consumidor, a análise sensorial garante que o produto chegue ao mercado satisfazendo suas necessidades e expectativas (MUÑOZ, 2002; MURRAY et al., 2001). A análise sensorial tem desempenhado uma importante função na avaliação e interpretação das propriedades sensoriais de alimentos (textura, sabor, aroma, aparência e cor), em função de sua composição química, de processamento, condições de embalagem e armazenamento. A análise

sensorial é uma ferramenta moderna utilizada para o desenvolvimento de novos produtos, reformulação dos produtos já estabelecidos no mercado, estudos de vida de prateleira (*shelf life*), determinação das diferenças e similaridades apresentadas entre produtos concorrentes, identificação da preferência do consumidor por um determinado produto e, finalmente, para a otimização e melhoria da qualidade.

A aceitação de certos produtos, por parte dos consumidores, é afetada por uma variedade de características, entre elas, destacam-se a funcionalidade, as características nutricionais, a conveniência, a segurança, o custo e, especialmente, as características sensoriais (MARTIM, 2006).

Os testes afetivos são utilizados quando se necessita conhecer o “status afetivo” dos consumidores com relação ao(s) produto(s) e, para isso, são utilizadas escalas hedônicas. Dos valores relativos de aceitabilidade, pode-se inferir a preferência, ou seja, as amostras mais aceitas são as mais preferidas e vice-versa (KONKEL et al., 2004).

O método pela escala hedônica é um método de graduação da preferência, em níveis de qualidade para alimentos, podendo ser usado como teste de qualidade para outros produtos não alimentícios, em que há necessidade de avaliação subjetiva ou sensorial. O método consiste, basicamente, em apresentar as amostras dos produtos, de maneira inteiramente ao acaso, aos provadores. Sua grande vantagem é que pode ser usada por provadores não treinados, provadores não treinados e amostras de consumidores (CHAVES, 1980).

Com relação aos testes sensoriais com sucos, Branco et al. (2007), desenvolveram um blend de cenoura e suco de laranja a fim de avaliar a aceitabilidade. O estudo avaliou duas concentrações de cenoura (5 e 25%) e duas concentrações de açúcar (15 e 30 °Brix). As formulações com menores concentrações de cenoura foram às preferidas independentes da concentração de açúcar.

Morzelle et al. (2009), desenvolveram um néctar misto de ata (*Annona squamosa*) e maracujá e o produto obteve médias 8 para o atributo avaliação global em uma escala hedônica de 9 pontos. Souza (2011), trabalhando com a desidratação do cupuaçu mediante secagem por liofilização e em camada de espuma, realizou análise sensorial dos pós obtidos através da formulação de sucos. O teste sensorial mostrou que o pó obtido por liofilização teve melhor aceitação, com média de notas para os atributos aroma, sabor e consistência em torno de 6,0, e para o obtido por desidratação em camada de espuma a média foi de 4,4.

## **2.8. Referências Bibliográficas**

ABIR - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE BEBIDAS NÃO ALCOÓLICAS. **Dados de mercado 2011**. Disponível em: < <http://abir.org.br/2011/10/24/dados-demercado-2011/> >. Acesso em: 10 de abril de 2016.

ADITIVOS & INGREDIENTES. **Maltodextrina, características estruturais e aplicações**.

Disponível em:

[http://aditivosingredientes.com.br/upload\\_arquivos/201603/2016030046347001459191801.pdf](http://aditivosingredientes.com.br/upload_arquivos/201603/2016030046347001459191801.pdf).

Acesso em 22 de novembro de 2018.

ALEXANDRE, H. V.; FIGUEIREDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M.; OLIVEIRA, E. N. A. Armazenamento de pitanga em pó. **Comunicata Scientiae**, v.5, n.1, p.83-91, 2014.

ALMEIDA, M. M. B.; SOUZA, P. H. M.; ARRIAGA, A. M. C.; PRADO, G. M.; MAGALHÃES, C. E. C.; MAIA, G. A.; LEMOS, T. L. G. Bioactive compounds and antioxidant activity of fresh exotic fruits from north eastern Brazil. **Food Research International**, v. 44, n. 7, p. 2155-2159, 2011.

ALI, B. H.; ZIADA, A.; BLUNDEN, G. Review: Biological effects of gum arabic: A review of some recent research. **Food and Chemical Toxicology**, v. 47, n.8, p. 1-8, 2009.

AMORIM, G.A.; SANTOS, T. C.; PACHECO, L. S. V.; TAVARES, I. M.C.; FRANCO, M. Avaliação microbiológica, físico-química e sensorial de polpas de frutas comercializadas em Itapetinga-BA. **Enciclopédia Biosfera**, v. 6, n. 11, p. 1-8, 2010.

ANNEGOWDA, H. V.; BHAT, R.; YEONG, K. J.; LIONG, M. T.; KARIM, A. A.; MANSOR, S. M. Influence of drying treatments on polyphenolic contents and antioxidant properties of raw and ripe papaya (*Carica Papaya* L.). **International Journal of Food Properties**, v. 17, n. 2, p. 283-292, 2014.

**ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA**, 2012. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta, 2012.

ARAÚJO, M. S. O.; BRAGA, M. E. D.; MATA, M. E. R. C. Cinética de congelamento de polpa de acerola a baixas temperaturas. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.2, n.1, p.27-34. 2000.

BARBOSA, S. J. **Qualidade de suco em pó de mistura de frutas obtido por spray drying**. 2010. 107p. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal no Semiárido). Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba - MG. 2010.

BARROSO, A. J. R.; ALMEIDA, F. D. C.; FERREIRA, J. P. L.; SILVA, L. M. M.; CASTRO, D. S. Efeito da concentração de maltodextrina no processo de liofilização de mangaba. In: Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia, 73, 2016, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu - PR, 2016.

BORCHANI, C. BESBES, S.; MASMOUDI, M.; BLECKER, C.; PAQUEOT, M.; ATTIA, H. Effect of drying methods on physico-chemical and antioxidant properties of date fibre concentrates. **Food Chemistry**, v. 125, n.4, p. 1194–1201, 2011.

BORRMANN, D., PIERUCCI, A.P.T.R., LEITE, S.G.F., LEÃO, M.H.M.R. Microencapsulation of passion fruit (*Passiflora*) juice with n-octenylsuccinatederivatized starch using spray-drying. **Food and bioproducts processing**, v. 91, n.1, p. 23– 27, 2013.

BRANCO, I. G.; SANJINEZ-ARGANDOÑA, E. J.; SILVA, M. M.; PAULA, T. M. Avaliação sensorial e estabilidade físico-química de um blend de laranja e cenoura. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n.1, p.7-12, 2007.

BRASIL. **Decreto federal Nº 2.314, de 4 de Setembro de 1997. Regulamenta a Lei nº 8.919, de Julho de 2003, que dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. 2003. Disponível em:<http://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1997/decreto-2314-4-setembro-1997-437216-publicacaooriginal-1-pe.html>. Acesso em 26 outubro 2018.

BOUROU, A.; NDIAYE, F.; DIOUF, M.; DIOP, T. Tamarind (*Tamarindus indica* L.) parkland mycorrhizal potential within three agro-ecological zones of Senegal. **Fruits, Paris**, v. 65, n. 6, p. 3-13, 2010.

CABRAL - MALHEIROS, G; HECTHEUER, L; H. R; CANTOL, M. W; BALSAMO, G. M. O tempo e o tipo de embalagem sobre a erva-mate tipo chimarrão durante armazenagem em condições ambientais. **Ciência Rural**, v. 40, n. 3, p. 654 - 660, 2010.

CANUTO, H. M. P.; AFONSO, M. R. A.; COSTA, J. M. C. Hygroscopic behavior of freeze-dried papaya pulp powder with maltodextrin. **Acta Scientiarum Technology**, v.36, n.1 p.179-185, 2014.

CAPARINO, O. A.; TANG, J.; NINDO, C. I.; SABLANI, S. S.; POWERS, J. R.; FELLMAN, J.K. Effect of drying methods on the physical properties and microstructures of mango (*Philippine 'Carabao' var.*) powder. **Journal of Food Engineering**. v.111, n.1, p.135–148, 2012.

CARDOSO, L. M.; MARTINO, H. S. D.; MOREIRA, A. V. B.; RIBEIRO, S. M. R.; PINHEIRO-SANT'ANA, H. M. Cagaita (*Eugenia dysenterica* DC.) of the Cerrado of Minas Gerais, Brazil: Physical and chemical characterization, carotenoids and vitamins. **Food Research International, Netherlands**, v. 44, n. 7, p. 2151–2154, 2011.

CAVALCANTI-MATA, M. E. R. C.; BRAGA, M. E. D.; SILVA, M. Curvas de congelamento de frutos de cajá (*Spondias lutea* L.) a temperaturas semi-criogênicas. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. Especial, n.1, p.55-62, 2003.

CAVALCANTE, C. E. B.; RODRIGUES, S.; AFONSO, M. R. A.; COSTA, J. M. C. Avaliação dos parâmetros de secagem da polpa de graviola em pó obtida por secagem em spray dryer. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.20, e2016015, p.1-8, 2018.

CHAVES, J. B. P. **Avaliação Sensorial de Alimentos: Métodos das análises**. UFV. Viçosa, 1980.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: UFLA. 2ª Ed, p. 196 - 197; p. 544 - 547; p. 673 - 677, 2005.

CHRONAKIS, I.S. On the molecular characteristics, compositional properties, and structural-functional mechanisms of maltodextrins: A Review. **Critical Reviews in Food Science**, v.38, n.7, p.599-637, 1998.

CONEGERO, J.; RIBEIRO, L. C.; COSTA, J. M. C.; MONTEIRO, A. R. G. Stability of ‘mangaba’ pulp powder obtained by freeze drying. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.21, n.9, p.645-650, 2017.

COX, P.M. **Ultracongelación de alimentos: guía de la teoría y práctica**. Tradução de Juan Antonio Ordóñez Pereda. Zaragoza: Editorial A-cribia. 1987. 459p.

EBLSA. **Aplicação de produtos liofilizados na indústria**. Disponível em: <http://urlm.com.br/www.eblsa.com.br> . Acesso em: 02 maio de 2016.

FANG, Z., BHANDARI, B. Comparing the efficiency of protein and maltodextrin on spray drying of bayberry juice. **Food Research International**, v. 48, p. 478–483, 2012.

FERREIRA, R. M. A.; AROUCHA, E. M. M.; SOUSA, A. E. D.; MELO, D. R. M.; PONTES FILHO, F. S. T. Processamento e conservação de geléia mista de melancia e tamarindo. **Revista Verde**, v. 5, n. 3, 2010.

FONSÊCA, P. A. Q. **Análise físico-química de polpas de frutas e avaliação dos seus padrões de identidade e qualidade**. 2012. 60f. Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal (RN). 2012.

FREITAS, D. G. C.; MARTTIETTO, R. A. Ideal sweetness of mixed juices from Amazon fruits. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 33, p. 148- 154, 2013.

**FRUTO DO TAMARINDO**. Disponível em: <https://www.ecobotanico.com/>. Acessado em 29 de dezembro de 2018.

GARCÍA, J. C. V.; RODRÍGUEZ, K. A. F.; LÓPEZ, F. G.; PÉREZ, E. G.; ROSADO, O. L.; ROSAS, F. H. Systems management and marketing of tamarind (*Tamarindus indica L.*) in three municipalities of Veracruz. **Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas**, v. 3, n. 6, p. 1217-1230, 2012.

GAVA, A. J.; SILVA, C. A. B.; FRIAS, J. R. G. **Tecnologia de alimentos: Princípios e Aplicações**. NBL Editora, 2009.

GONZÁLEZ-MOLINA, E.; MORENO, D. A.; GARCÍA-VIGUERA, C. A new drink rich in healthy bioactives combining lemon and pomegranate juices. **Food Chemistry**, v.115, p.1364–1372, 2009.

GOULA, A. M.; ADAMOPOULOS, K.G. A new technique for spray drying orange juice concentrate. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 11, p. 342– 351, 2010.

GURJÃO, K. C. O. **Desenvolvimento, armazenamento e secagem de tamarindo (*Tamarindus indica* L.)**. 2006. 145f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia-PB, 2006.

HAVINGA, R.M.; HARTL, A.; PUTSCHER, J.; PREHSLER, S.; BUCHMANN, C.; VOGL, C.R. *Tamarindus indica* L. (*Fabaceae*): Patterns of use in traditional African medicine. **Journal of Ethnopharmacology**. v.127, n.3, p.573-588, 2010.

HAMACEK, F.R., SANTOS, P.R., BEDETTI, S.D.F., CARDOSO, L.D.M., RIBEIRO, S.M., MARTINO, H.S., MOREIRA, A.V.B.; SANT'ANA, H.M.P. Tamarindo do cerrado mineiro: caracterização física, físico-química, carotenóides e vitaminas. **Nutrire**, v.36, Sup, p.69-69, 2012.

INTERNATIONAL CENTRE FOR UNDERUTILISED CROPS (ICUC). **Tamarind extension manual**. [S. l]: International Centre for Underutilised Crops, 2002. 30 p.

IZZO, A.A.; CARLO, G.D.I; BORRELLI, F.; ERNST, E. Cardiovascular pharmacotherapy and herbal medicines: the risk of drug interaction. **International Journal of Cardiology**, v.98, n.1, p.1-14, 2005.

KONKEL, F.E.; OLIVEIRA, S.M. R. de; SIMOES, D.R.S.; DEMIATE, I.M. Avaliação sensorial de doce de leite pastoso com diferentes concentrações de amido. **Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.24, n.2, p.249-254, 2004.

LAVOYER, F. C. G. **Estudo da secagem de polpa de coco verde e viabilidade de sua utilização na indústria**. 2012. 74 f. Dissertação de Mestrado (Curso de Engenharia e Ciência de Alimentos, Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas). Universidade Estadual Paulista, São José do Rio Preto, 2012.

LEONE, R. S.; RAMOS, A. M.; ROCHA, F. I. G. Assessment of bioactive components in blend by fruits and vegetable during 100 days of storage. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 05, p. 480-489, 2011.

LISBÔA, C. G. C.; FIGUEIREDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M. Armazenamento de figo-da-índia em pó. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.2, p.216-221, 2012.

MATTIETTO, R A.; LOPES, A. S.; MENEZES, H. C. Caracterização física e físico-química dos frutos da cajazeira (*Spondias mombin* L.) e de suas polpas obtidas por dois tipos de extrator. **Brazilian Journal Food Technology**, v.13, n.3, p.156-164, 2010.

MATSUURA, F. C. A. U.; ROLIM, R. B. Avaliação da adição de suco de acerola em suco de abacaxi visando à produção de um “blend” com alto teor de vitamina C. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, n. 1, p. 138-141, 2002.

MARTIM, N.S.P.P. **Estudo das características de processamento da manga (*Mangifera indica* L.) variedade Tommy Atkins desidratada**. 2006. Dissertação de Mestrado (Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Paraná. Setor de Tecnologia, Curitiba-PR, 2006.

MOREIRA, T. B.; ROCHA, E.; AFONSO, M. R.; COSTA, J. Comportamento das isotermas de adsorção do pó da polpa de manga liofilizada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 10, p. 1093-1098, 2013.

MORZELLE, M. C.; SOUZA, E. C.; ASSUNPÇÃO, C. F.; FLORES, J. C. J.; OLIVEIRA, K. A. M. Agregação de valor a frutos de ata através do desenvolvimento de néctar misto de maracujá (*Passiflora edulis sims* ) e ata (*Annona squamosa* L.). **Alimentos & Nutrição**, v.20, n.3, p. 389-393, 2009.

MOSQUERA, L.H.; MORAGA, G.; MARTÍNEZ-NAVARRETE, N. Critical water activity and critical water content of freeze-dried strawberry powder as affected by maltodextrin and arabic gum. **Food Research International**, v. 47, p. 201–206, 2012.

MUÑOZ, A.M. Sensory evaluation in quality control: an overview, new developments and future opportunities. **Food Quality and Preference**, v.13, p. 329-339, 2002.

MURRAY, J.M.; DELAHUNTY, C.M.; BAXTER, I.A. Descriptive sensory analysis: past, present and future. **Food Research International**, v.6, n.34, p.461-471, 2001.

NAKAGAWA, K.; HOTTOT, A.; VESSOT, S.; ANDRIEU, J.. Modeling of freezing step during freeze-drying of drugs in vials. **Bioengineering, Food, and Natural Products**, v. 53, n. 5, p.1362-1372, 2007.

OLIVEIRA, M.A., MAIA, G.A., FIGUEIREDO, R.W., SOUZA, A.C.R, BRITO, E.S., AZEREDO, H.M.C. Addition of cashew tree gum to maltodextrin-based carriers for spray drying of cashew apple juice. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 44, p. 641–645, 2009.

OLIVEIRA, E. A. N.; SANTOS, D. C.; SOUSA, F. C.; MARTINS, J. N.; OLIVEIRA, S. P. A. Obtenção de ubaia desidratada pelo processo de liofilização. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 04, n. 02, p. 235-242, 2010.

OLIVEIRA, G. S.; COSTA, J. M. C.; AFONSO, M. R. A. 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. <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v18n10p1059-1064>

ORDÓÑEZ, J. A. **Tecnologia de alimentos: Componentes dos alimentos e processos**. Porto Alegre: Artmed, v. 1, 2005. 294p.

ORREGO-ALZATE, C. E. **Congelación y Liofilización de Alimentos**. Universidad Nacional de Colombia, Manizales, 172 p., 2008.

PARK, K. J.; ANTONIO, G.C.; OLIVEIRA, R. A.; PARK, K. J. B. Faculdade de Engenharia Agrícola - Unicamp. Conceitos de processo e equipamentos de secagem. Campinas: Feagri, 121 p, 2007.

PENA, R. S.; MENDONÇA, N. B.; ALMEIDA, M. D. C. Comportamento higroscópico do açaí em pó. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 12, n. 2, p. 153-161, 2010.

PEREIRA, P. C.; MELO, B.; FRANZÃO, A. A.; ALVEZ, P. R. B. A cultura do tamarindeiro (*Tamarindus indica* L.). In: Semana do Curso de Engenharia Ambiental, I, 2011, Minas Gerais.

**Anais...** Minas Gerais: Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Uberlândia – Campus Umarama – MG, 2011

PITALUA, E., JIMENEZ, M., VERNON-CARTER, E.J. BERISTAIN, C.I. Antioxidative activity of microcapsules with beetroot juice using gum Arabic as wall material. **Food and bioproducts processing**, v. 88, p. 253–258, 2010.

RAJKUMAR, P.; KULANTHAISAMI, S.; RAGHAVAN, G.S.V.; GARIE'PY, Y.; ORSAT, V. Drying Kinetics of Tomato Slices in Vacuum Assisted Solar and Open Sun Drying Methods. **Drying Technology**, v. 25, p. 1349–1357, 2007.

RIBEIRO, L. C.; COSTA, J. M. C.; AFONSO, M. R. A. Hygroscopic behavior of lyophilized acerola pulp powder. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.20, n.3, p.269–274, 2016.

SANTOS, J. T. S.; COSTA, F. S. C.; SOARES, D. S. C.; CAMPOS, A. F. P.; CARNELOSSO, M. A. G.; NUNES, T. P.; JUNIOR, A. M. O. Avaliação de mangaba liofilizada através de parâmetros físico-químicos. **Scientia Plena**. V. 8, n. 3. 2012.

SANTOS, B. S.; BARRETTO, L. C. O.; SANTOS, J. A. B. OBTENÇÃO, LIOFILIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE EXTRATO DE CAPIMLIMÃO (*Cymbopogon citratus* D.C.) E HIBISCO (*Hibiscus sabdariffa* L.). **GEINTEC**, v. 3, n. 5, p.90-99, 2013.

SANTOS, T.; SILVA, I. R.; AZEVEDO, L. C. RAMOS, M. E. C. **Produção e avaliação sensorial de produtos elaborados com o fruto do tamarindo (*Tamarindus indica* L)**. Disponível em: <http://congressos.ifal.edu.br/index.php/connepi/CONNepi2010/paper/view/149/4>. Acessado em: 12 de dezembro de 2018.

SHOFIAN, N. M.; HAMID, A. A.; OSMAN, A.; SAARI, N.; ANWAR, F.; PAK DEK, M. S.; HAIRUDDIN, M. R. Effect of freeze-drying on the antioxidant compounds and antioxidant activity of selected tropical fruits. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 12, n. 7, p. 4678 - 4692, 2011.

SILVA, P. P. M. **Conservação de polpa de juçara (*Euterpe edulis*) submetida à radiação gama, pasteurização, liofilização e atomização**. 2013. 259f. Tese (Doutorado – Programa de Pós-

Graduação em Ciências. Área de Concentração: Energia Nuclear na Agricultura e no Ambiente) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2013.

SOUSA, S. L.; MORAIS, B. A. D.; RIBEIRO, L. C.; COSTA, J 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, V. C. **Efeito da liofilização e desidratação em leite de espuma sobre a qualidade do pó de polpa de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*)**. 2011. 67f. Dissertação – Mestrado em Engenharia de Alimentos. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. Itapetinga – BA. 2011.

TACO - **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos**. 4. ed.. Ed: Campinas: NEPA-UNICAMP, 2011. 161 p.

TELIS, V. R. N.; MARTINEZ-NAVARRETE, N. Collapse and color changes in grapefruit juice powder as affected by water activity, glass transition and addition of carbohydrate polymers. **Food Biophysics**, v.4, n.2, p.83-93, 2009.

TORRES, C; DÍAZ-MAROTO, M. C.; HERMOSÍN-GUTIÉRREZ, I.; PÉREZCOELLO, M. S. Effect of freeze-drying and oven-drying on volatiles and phenolics composition of grape skin. **Analytica Chimica Acta**, v. 660, n. 1, p. 177-182, 2010.

URSZULA, T.; LÓPEZ, J.F.; ÁLVAREZ, J.A.P.; MARTOS, M.V. Chemical, physicochemical, technological, antibacterial and antioxidant properties of rich-fibre powder extract obtained from tamarind (*Tamarindus indica* L.). **Industrial Crops and Products**, v.55, p.155- 162, 2014.

VIEIRA, A.P.; NICOLETI, J.F.; TELIS, V.R.N. Freeze drying of pineapple slices: evaluation of drying kinetics and product quality. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 15, n. 1, p. 50-58, 2012.

### 3. CARACTERIZAÇÃO FÍSICA, FÍSICO-QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA DE POLPAS DE TAMARINDO INTEGRAIS E LIOFILIZADAS

**Resumo:** O tamarindo é uma excelente fonte alimentícia utilizado no preparo de diversos alimentos, no entanto, pesquisas relacionadas às suas características intrínsecas são incipientes. Em vista disso, objetivou-se com o presente trabalho caracterizar a polpa do tamarindo antes e após o processo de liofilização quanto aos parâmetros físicos, físico-químicos e microbiológicos. Foram realizadas as seguintes determinações nas polpas de tamarindo integral e formuladas com 10, 15 e 20% de maltodextrina: teor de água, sólidos solúveis totais (SST), atividade de água ( $A_w$ ), pH, acidez total titulável, ácido ascórbico, pectina, açúcares redutores, cinzas, compostos fenólicos, atividade antioxidante, cor, solubilidade, higroscopicidade e análise microbiológica para quantificação de bolores, leveduras, coliformes a 35 e 45°C e *Salmonella* sp. De acordo com os resultados obtidos, o teor de água reduziu em até 84,91%, os SST aumentaram em até 57,28%, enquanto a  $A_w$  reduziu em até 77,11%, após a liofilização. A polpa em pó apresentou pH baixo, acidez elevada e ácido ascórbico variando entre 302,2017 a 345,050 mg (100 g)<sup>-1</sup>. Os compostos fenólicos variaram de 61,61 a 74,16 mg (100 g)<sup>-1</sup> antes do processo, e de 45,39 a 95,37 mg (100 g)<sup>-1</sup>, depois de liofilizados. A atividade antioxidante foi reduzida em até 52,14% nas amostras em pó e os parâmetros L, a\* e b\*, mostraram uma coloração escura com intensidade vermelho-amarelada. As polpas liofilizadas apresentaram alta higroscopicidade, e não foram observadas a presença de bolores, leveduras, coliformes totais e fecais, sendo também constatada a ausência de *Salmonella* sp. em 25g do produto.

**Palavras-chave:** maltodextrina, higroscopicidade, atividade antioxidante

#### 3.1. INTRODUÇÃO

O tamarindeiro (*Tamarindus indica* L.) é uma planta frutífera que pertence à família das *Leguminosae*, nativo da África Equatorial, Índia e Sudeste Asiático e que se desenvolve em regiões tropicais e subtropicais, com temperatura média ideal de 25 °C. O fruto do tamarindeiro é uma vagem alongada, com 5 a 15 cm de comprimento, com casca pardo-escura, lenhosa e quebradiça, contendo 3 a 8 sementes envolvidas por uma polpa parda e ácida. Devido ao seu agradável aroma e sabor ácido-doce, o fruto é muito utilizado na

fabricação de refrescos, sorvetes, pastas, doces, licores, geleias e também como ingrediente em condimentos e molhos (GURJÃO, 2006; PEREIRA et al., 2011).

A qualidade da polpa de frutas está relacionada à preservação dos nutrientes e às suas características físicas, químicas, microbiológicas e sensoriais, que devem ser próximas as da fruta *in natura*, de forma a atender as exigências do consumidor e da legislação vigente. Tais características não podem ser alteradas pelos equipamentos, utensílios, recipientes e embalagens utilizadas durante o seu processamento e comercialização (BATISTA et al., 2013).

Neste contexto, visando manter a qualidade por longos períodos, a secagem é uma das técnicas mais empregadas para tal finalidade, pois aumenta a estabilidade dos alimentos através da redução da atividade de água do produto, com conseqüente redução da atividade microbiana e minimização de algumas alterações durante o armazenamento. A liofilização é conhecida como o processo de secagem que oferece produtos de elevada qualidade, este processo transforma a polpa da fruta em um pó através da remoção da água por sublimação (ZOTARELLI, 2014).

Estudos que buscam quantificar as alterações em polpas de frutas liofilizadas são diversos na literatura, como a ubaia (OLIVEIRA et al., 2010), sapoti (OLIVEIRA et al., 2011a), graviola (CEBALLOS et al., 2012), araçá (NORA, 2012) e manga-rosa (OLIVEIRA et al., 2017). No entanto, pesquisas relacionadas à polpa do tamarindo integral e liofilizada, bem como a influencia de maltodextrina sob as características intrínsecas no produtos, ainda são incipientes.

Diante do exposto, objetivou-se com o presente trabalho avaliar os parâmetros físicos, físico-químicos e microbiológicos das polpas de tamarindo integral e formuladas com maltodextrina a 10, 15 e 20%, antes e após o processo de liofilização.

## **3.2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **3.2.1. Local do Experimento**

O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas (LAPPA), da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande (PB).

### 3.2.2. Aquisição e processamento da matéria-prima

Foi utilizada como matéria-prima tamarindos, safra 2017, adquiridos na zona rural do município de Juazeiro do Norte (CE). Os frutos foram selecionados de acordo com o grau de maturação, onde os mesmos apresentaram casca quebradiça e a polpa marrom-escura, adequados para o consumo e processamento. Em seguida, realizou-se a lavagem em água corrente e a sanitização por imersão em solução de hipoclorito de sódio (30 ppm) por 5 min, seguido por um enxague em água potável, drenando-se o excesso de água dos frutos e procedendo-se a separação manual da casca.

Os tamarindos descascados foram imersos em água destilada por 20 min, na proporção 1:1, para facilitar o desprendimento da polpa das sementes, sendo despulpados em despulpadeira (Laboremos DF 200) e acondicionados em embalagens plásticas de polietileno de baixa densidade com capacidade de 0,5L. Após pré-testes, foram elaboradas três formulações com maltodextrina (DE 10) nas concentrações de 10, 15 e 20%. A polpa integral e as polpas formuladas foram estocadas em freezer a -30 °C por 48 h, que antecederam o processo de desidratação.

Para a secagem, utilizou-se um liofilizador de bancada, modelo L101 da Liotop Brasil, operando de acordo com as seguintes condições: temperatura de secagem, -51°C; pressão, 116 µHg; vácuo, 214 Vca. A secagem das amostras foi conduzida por 72 horas, sendo posteriormente desintegradas com o auxílio de almofariz e pistilo, acondicionados em embalagens laminadas com capacidade de 250 g e mantidas dentro de dessecadores com sílica gel, sob condições ambientais (25°C e UR 75%).

### 3.2.3. Parâmetros físicos

Foram realizadas as seguintes determinações físicas, em triplicata, antes e após o processo de liofilização: atividade de água, por leitura direta em Aqualab (Decagon), a 25 °C; sólidos solúveis totais (SST), por leitura direta em refratômetro de bancada tipo Abbe; pH, determinado pelo método potenciométrico, através de medidor digital modelo TEC-2, do fabricante Tecnal, calibrado com soluções tampão de pH 4,0 e 7,0; e cor, por leitura direta, utilizando o espectrofotômetro MiniScan HunterLab XE Plus, sendo realizadas as leituras dos seguintes parâmetros: L\* luminosidade, a\* transição da cor verde (-a\*) para o vermelho (+a\*), e b\* transição da cor azul (-b\*) para a cor amarela (+b\*), sendo as coordenadas de cor

C\* (croma) e h\* (ângulo de tonalidade) calculadas de acordo com as Equações 1 e 2, respectivamente:

$$C^* = [(a^*)^2 + (b^*)^2]^{1/2} \quad (01)$$

$$h^* = \tan^{-1} \left( \frac{b^*}{a^*} \right) \quad (02)$$

Apenas para os pós foram feitas as seguintes determinações físicas: solubilidade, pelo método descrito por Eastman & Moore (1984) e modificado por Cano-Chauca et al. (2005) de acordo com a Equação 3; e higroscopicidade, em que 1g das amostras foi pesado em placas de Petri e mantidas em câmara B.O.D a 25 °C com solução saturada de NaCl (UR 75,35%), durante sete dias, sendo posteriormente calculada de acordo com a Equação 4.

$$S = \frac{[(M_s * 4)]}{M_a} * 100 \quad (03)$$

Onde: Ms é a massa seca (g) e Ma é a massa da amostra (g)

$$\%Higroscopicidade = \frac{P_f - P_i}{P_f} * 100 \quad (04)$$

Onde: Pi é o peso da placa de Petri + amostra (1 g) e Pf é o peso da placa de Petri + amostra em equilíbrio (g).

#### 3.2.4. Parâmetros físico-químicos

Foram realizadas as seguintes análises físico-químicas, em triplicata, antes e após o processo de liofilização: teor de água, determinado pelo método de secagem das amostras até peso constante, em estufa a 105 °C; cinzas, determinada pelo método de incineração completa da amostra em forno mufla a 550 °C, por 6 h; acidez total titulável (ATT), determinada pela técnica de titulometria baseada na neutralização da amostra com a solução padronizada de hidróxido de sódio (NaOH) a 0,1 N; açúcares redutores, utilizando a técnica de titulometria volumétrica com solução de Fehling, todos conforme IAL (2008).

Ácido ascórbico, determinada por titulação, com 2,6-dicloro-fenol-indofenol (DCFI) segundo a metodologia proposta pela AOAC (2005); pectina, pelo método de Carré e Haynes (PEARSON, 1970), que tem como base o princípio da neutralização das cargas dos resíduos de ácidos urônicos livres pelos íons de cálcio, provocando a geleificação da pectina e sua precipitação; compostos fenólicos, determinados a partir do método de Folin & Ciocalteu, descrito por Waterhouse (2006), com modificações; atividade antioxidante, através da redução do radical estável DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazil), segundo descrito por Brand-Williams et al. (1995) e modificada por Duarte-Almeida et al. (2006).

### 3.2.5. Análises microbiológicas

Realizada nas polpas integral e em pó, segundo as metodologias propostas pelo ICMSF - *International Commission on Microbiological Specifications for Foods* - (2002) para fungos filamentosos e leveduras, quantificação de coliformes a 35 °C e a 45 °C e *Salmonella* sp.

### 3.2.6. Tratamento estatístico

O experimento foi instalado em delineamento inteiramente casualizado. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e a comparação entre as médias de acordo com o teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando-se o programa computacional Assistat versão 7.7 (SILVA & AZEVEDO, 2016).

### 3.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 encontram-se as médias, desvios padrão e coeficientes de variação médios referentes aos parâmetros físicos e físico-químicos das polpas de tamarindo integral e formuladas a 10, 15 e 20% de maltodextrina.

**Tabela 1** Caracterização física e físico-química da polpa de tamarindo integral e formulada com 10, 15 e 20% de maltodextrina

| Parâmetros | 0%             | 10%            | 15%            | 20%            |
|------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| TA         | 68,247 ± 0,76a | 59,840 ± 0,45b | 58,347 ± 1,32b | 58,070 ± 1,49b |
| Aw         | 0,987 ± 0,00a  | 0,986 ± 0,00a  | 0,984 ± 0,00a  | 0,983 ± 0,00a  |
| Ci         | 1,700 ± 0,80a  | 1,553 ± 0,02a  | 1,432 ± 0,50a  | 1,250 ± 0,43a  |
| SST        | 13,500 ± 0,00d | 20,000 ± 0,00c | 24,000 ± 0,00b | 26,000 ± 0,00a |
| ATT        | 7,878 ± 0,08a  | 5,821 ± 0,08b  | 5,486 ± 0,13b  | 5,322 ± 0,07b  |
| pH         | 2,117 ± 0,02   | 2,150 ± 0,02   | 2,253 ± 0,01   | 2,993 ± 0,01   |
| AR         | 17,960 ± 0,36a | 15,419 ± 1,14b | 12,257 ± 0,19c | 11,650 ± 0,15c |
| Pec        | 0,593 ± 0,03a  | 0,579 ± 0,00a  | 0,552 ± 0,06a  | 0,573 ± 0,00a  |
| AA         | 36,498 ± 1,51a | 28,827 ± 0,08b | 22,662 ± 0,02c | 21,570 ± 0,02c |
| CF         | 74,161 ± 0,17a | 70,711 ± 0,08b | 66,620 ± 0,08c | 61,611 ± 0,22d |
| Aox        | 87,401 ± 0,34a | 86,180 ± 0,46a | 86,021 ± 0,23a | 85,280 ± 1,72a |
| L*         | 16,140 ± 5,19a | 17,410 ± 0,24a | 16,257 ± 0,21a | 15,573 ± 0,16a |
| +a*        | 4,513 ± 0,05b  | 3,857 ± 0,06c  | 5,133 ± 0,16a  | 4,310 ± 0,16b  |
| +b*        | 5,817 ± 0,16b  | 5,687 ± 0,34b  | 8,613 ± 0,75a  | 7,757 ± 0,50a  |
| C          | 7,363 ± 0,11b  | 6,874 ± 0,25b  | 10,036 ± 0,57a | 8,879 ± 0,37a  |
| h°         | 0,911 ± 0,02c  | 0,974 ± 0,03bc | 1,031 ± 0,05ab | 1,063 ± 0,04a  |

\*Médias com letras iguais na mesma linha não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade \*\*CV (%).

TA - Teor de Água (% b.u) \*\*1,67; Aw – Atividade de Água \*\*0,05; Ci - Cinzas (%) \*\*0,89; SST - Sólidos Solúveis Totais (°Brix) \*\*0,00; ATT - Acidez Total Titulável (% ácido tartárico) \*\*1,62; pH \*\*0,67; AR – Açúcares redutores (% glicose) \*\*3,26; Pec – Pectina (% pectato de cálcio) \*\*4,63; AA – Ácido ascórbico (mg (100 g)<sup>-1</sup>) \*\*12,13; CF – Compostos Fenólicos (mg (100 g)<sup>-1</sup>) \*\*2,35; Aox – Atividade antioxidante DPPH (mg (100 g)<sup>-1</sup>) \*\*0,80; L\* - Luminosidade \*\*8,98; +a\* - Intensidade vermelho \*\*2,38; +b\* - Intensidade amarelo \*\*6,00; C – Chroma \*\*3,75; h° - Tonalidade \*\*3,65

Com relação ao teor de água, a polpa integral apresentou-se estatisticamente diferente das polpas formuladas, apresentando a maior média. A adição de maltodextrina, nas concentrações estudadas, promoveu uma redução significativa deste parâmetro, onde as amostras formuladas não diferiram estatisticamente entre si, corroborando com Diógenes et al. (2015), que também verificaram que a adição de maltodextrina na polpa integral de manga

'Haden' reduziu o teor de água devido ao aumento dos sólidos na formulação. As polpas apresentaram médias um pouco abaixo do valor obtido por Canuto et al. (2010), ao analisarem esta mesma frutífera proveniente da região Amazônica, encontrando média de 75% (b.u).

Com relação à atividade de água, estas não apresentaram diferenças estatísticas entre si, sendo consideradas como produtos perecíveis ( $A_w > 0,85$ ) de acordo com a classificação dada por Azeredo (2012). Este parâmetro influi significativamente na estabilidade, requerendo o uso de tecnologias de conservação a fim de minimizar crescimento microbiano, alterações químicas e enzimáticas. O teor de cinzas não apresentou diferença estatística entre si, as variações encontradas foram de 1,25 a 1,70%, sendo superiores aos reportados por Lima et al. (2015), de 0,36%, ao estudarem a composição físico-química de polpas de tamarindo comercializadas em cinco cidades do sertão paraibano.

Com relação aos sólidos solúveis totais, as amostras variaram significativamente entre si, apresentando aumento com a concentração de maltodextrina. O aumento do teor de sólidos solúveis nas polpas formuladas foi de 32,50, 43,75 e 48,08% para as concentrações de 10, 15 e 20% de maltodextrina, respectivamente. Oliveira et al. (2017) mencionaram que a adição de 30% de maltodextrina na polpa formulada de manga 'Rosa' acarretou num aumento do SST de mais de 100% em relação à polpa integral. O resultado obtido para a polpa integral de tamarindo encontra-se superior aos verificados por Muzaffar & Kumar (2015), de 8,4 °Brix e por Lima et al. (2015), de 7,25 °Brix, no entanto, foram inferiores aos verificados em polpas avaliadas por Silva et al. (2016), de 18,6 °Brix. Valores entre 26 e 31 °Brix também foram observados em polpas de diferentes cultivares de tamarindo (JOSHI et al., 2012; CARDOSO et al., 2012).

Com relação à acidez total titulável, a polpa integral diferiu estatisticamente das polpas formuladas, estas últimas, por sua vez, não apresentaram variações significativas entre si, onde as médias quantificadas encontram-se acima das obtidas por Fonsêca (2012), de 3,76 a 2,89%, para polpas de tamarindos congeladas comercializadas no Estado de Rio Grande do Norte, e por Batista et al. (2013), ao avaliarem a qualidade de polpas de frutas congeladas obtidas a partir de uma agroindústria familiar no município de Datas, MG, Brasil, onde os autores encontraram valores para a ATT na polpa do tamarindo de 0,33 (g (100 g)<sup>-1</sup> ácido tartárico).

Os pHs quantificados apresentaram aumentos com adição de maltodextrina, onde a maior média observada foi na polpa formulada a 20%. Os resultados corroboram com Santos et al. (2016), cujos os valores variaram de 2,68 a 2,83 em diferentes marcas de polpas de

tamarindo congeladas comercializadas em Petrolina (PE) e Juazeiro (BA), e por Canuto et al. (2010), com média de 2,5.

Sobre os açúcares redutores, estes constituem a maior parte dos sólidos solúveis, e frutos que apresentam alto teor tem uma maior aceitação pelos consumidores (SANTOS et al., 2010; CORDEIRO et al., 2015). Os tratamentos apresentaram diferenças significativas entre si com o aumento da concentração de maltodextrina, exceção às polpas a 15 e 20%, onde os teores não variaram ao nível de 5% de significância. Lima et al. (2015), encontraram um teor de 0,46% para a polpa do tamarindo, sendo este valor muito inferior ao obtido no presente estudo podendo ser justificado pela adição de água na elaboração da polpa comercial, o que acarretou a diminuição da concentração dos açúcares redutores.

O teor de pectina nas polpas apresentaram variações de 0,573 a 0,593% e não foram significativos com relação ao aumento da concentração de maltodextrina. Comparando os resultados obtidos nesta pesquisa com os de outras frutíferas, Damiani et al. (2011), avaliando polpa de araçá (*Psidium guineenses* Sw.) encontraram valores de 0,72%, e Rufino et al. (2009), analisando o teor de pectina na polpa de 18 frutos tropicais, encontraram variações de 0,15% (caju) a 1,27% (murici).

Analisando-se o teor de ácido ascórbico, verificou-se que a adição de maltodextrina exerceu influências nas amostras, exceto para as polpas formuladas a 15 e 20% que não apresentaram significativas entre si. As médias obtidas são superiores às de Silva et al. (2010), ao analisarem a polpa de tamarindo congelada e comercializada no interior do Ceará, encontrando um valor de 3,095 mg (100 g)<sup>-1</sup>.

A respeito dos compostos fenólicos, as amostras apresentaram teor variando de 61,611 a 74,161 mg (100 g)<sup>-1</sup>, onde a concentração de maltodextrina promoveu reduções significativas neste parâmetro. As amostras apresentaram teores superiores à média quantificada por Vieira et al. (2011), analisando a polpa de tamarindo comercial, de 23,57 mg (100 g)<sup>-1</sup>, e com relação à outras frutíferas, as médias ficaram próximas dos frutos de figo-da-índia (*Opuntia ficus indica* (L.) Mill.), que contem cerca de 45 mg (100 g)<sup>-1</sup> (DÍAZ MEDINA, 2007), mamão e manga, com 88,1 e 59,8 mg (100 g)<sup>-1</sup>, respectivamente (OLIVEIRA et al., 2011b).

A atividade antioxidante das amostras variou de 85,280 a 87,401 mg (100 g)<sup>-1</sup> e não foram influenciadas pela aumento da concentração de maltodextrina, sendo as médias obtidas superiores às quantificadas por Vieira et al. (2011) com valores de 2193,79 e 1431,47 µg mL (2,194 e 1,431 mg (100 g)<sup>-1</sup>) para os extratos aquoso e alcoólico de tamarindo, respectivamente, utilizando o radical livre DPPH. Os vegetais, em particular as frutas,

apresentam em sua constituição vários compostos com ação antioxidante, os quais incluem o ácido ascórbico, carotenóides, tocoferóis, terpenos, pigmentos e compostos fenólicos. A quantidade e o perfil destes fitoquímicos variam em função do tipo, variedade e grau de maturação da fruta bem como das condições climáticas e edáficas do cultivo (LEONG & SHUI, 2002; BABBAR et al., 2011).

O parâmetro luminosidade estabelece uma escala cinza, com valores entre preto (0) e branco (100) (PATHARE et al., 2013). As polpas integrais caracterizaram-se como sendo escuras, com a luminosidade variando de 17,410 a 15,573, e não apresentaram diferenças significativas com o aumento da concentração de maltodextrina. Resultados parecidos foram encontrados por Maia et al. (2014), ao elaborar geleia a partir do tamarindo em que o valor de  $L^*$  foi de 23,4, e por Santos et al. (2016), ao avaliar a cor de quatro diferentes marcas de polpas de tamarindo comercializadas em Petrolina (PE) e Juazeiro (BA), encontraram valores para a luminosidade de 10,98 a 15,40.

Em todos os tratamentos testados, o parâmetro  $a^*$  assume valores positivos para cores avermelhadas, enquanto  $b^*$  toma valores positivos para cores amareladas (PATHARE et al., 2013). Não foi observado um comportamento específico com o aumento da concentração de maltodextrina para a intensidade vermelho, ao passo que, a tonalidade amarela encontrou-se mais intensa nos tratamentos a 15 e 20% de maltodextrina. Os resultados obtidos corroboram com os de Maia et al. (2014), para a geleia de tamarindo onde  $a^* = 3,9$  e  $b^* = 4,1$ , mostrando uma tendência para um produto vermelho-amarelado.

Com relação ao parâmetro croma, quanto maior seu valor, maior é a intensidade da cor percebida (PATHARE et al., 2013). As polpas formuladas a 15 e 20% apresentaram as maiores médias, não diferindo estatisticamente entre si. Comparando-se os resultados obtidos, as médias corroboram com Santos et al., (2016), cujo os valores para a cromaticidade foi de 3,04 a 8,37 na polpa integral de tamarindo. Sobre a tonalidade, valores de  $0^\circ$  ou  $360^\circ$  representa o vermelho, enquanto os ângulos  $90^\circ$ ,  $180^\circ$  e  $127^\circ$  representam o amarelo, verde e azul, respectivamente (PATHARE et al., 2013). Percebeu-se que as médias alcançadas indicam a tonalidade vermelha das amostras, e não apresentaram um comportamento definido com a concentração de maltodextrina.

Na Tabela 2 encontram-se as médias, desvios padrão e coeficientes de variação médios para os parâmetros físicos e físico-químicos das amostras liofilizadas.

**Tabela 2** Caracterização física e físico-química da polpa de tamarindo liofilizada a 0, 10, 15 e 20% de maltodextrina

| Parâmetros | 0%              | 10%             | 15%             | 20%              |
|------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|
| TA         | 16,547 ± 1,12a  | 11,450 ± 0,40b  | 10,023 ± 0,40cd | 8,760 ± 0,14d    |
| Aw         | 0,249 ± 0,00a   | 0,235 ± 0,00b   | 0,230 ± 0,00bc  | 0,225 ± 0,00c    |
| Ci         | 5,980 ± 0,89a   | 5,012 ± 0,61a   | 4,679 ± 0,98a   | 4,120 ± 0,23b    |
| SST        | 31,600 ± 0,29c  | 33,333 ± 0,58bc | 41,670 ± 0,29b  | 58,333 ± 0,29a   |
| ATT        | 21,329 ± 0,29a  | 15,573 ± 0,40b  | 14,172 ± 0,01c  | 12,893 ± 0,46d   |
| pH         | 2,923 ± 0,02    | 2,957 ± 0,03    | 2,973 ± 0,01    | 2,980 ± 0,00     |
| AR         | 38,349 ± 0,53a  | 30,457 ± 0,00b  | 27,645 ± 0,56c  | 25,871 ± 0,49d   |
| Pec        | 2,630 ± 0,35a   | 2,678 ± 1,23a   | 2,524 ± 0,40a   | 2,515 ± 1,31a    |
| AA         | 345,050 ± 0,70a | 339,386 ± 0,31b | 314,326 ± 0,71c | 302,2017 ± 0,45d |
| CF         | 95,372 ± 0,26a  | 67,402 ± 0,15b  | 54,450 ± 0,18c  | 45,390 ± 0,14d   |
| Aox        | 62,112 ± 0,23a  | 60,810 ± 0,69a  | 54,072 ± 1,49b  | 40,811 ± 1,15c   |
| L*         | 24,210 ± 0,26c  | 27,843 ± 0,03c  | 35,490 ± 0,56b  | 41,493 ± 0,30a   |
| +a*        | 10,063 ± 0,18b  | 11,127 ± 0,12a  | 9,370 ± 0,19c   | 8,840 ± 0,18d    |
| +b*        | 18,500 ± 0,50b  | 20,993 ± 0,60a  | 21,577 ± 1,14a  | 21,223 ± 0,54a   |
| C          | 21,062 ± 0,37b  | 23,762 ± 0,47a  | 23,529 ± 0,97a  | 22,993 ± 0,43a   |
| h°         | 1,072 ± 0,02c   | 1,083 ± 0,02bc  | 1,160 ± 0,02ab  | 1,176 ± 0,02a    |
| S          | 77,254 ± 2,11c  | 77,228 ± 4,31c  | 82,448 ± 1,72b  | 84,935 ± 1,84 a  |
| HG         | 93,540 ± 0,92a  | 83,050 ± 0,11b  | 82,870 ± 0,25b  | 82,390 ± 0,56b   |

\*Médias com letras iguais na mesma linha não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade \*\* CV (%). TA- Teor de Água (% b.u) \*\*3,95; Aw – Atividade de Água \*\*0,05; Ci - Cinzas (%) \*\*1,12; SST - Sólidos Solúveis Totais (°Brix) \*\*0,83; ATT - Acidez Total Titulável (% ácido tartárico) \*\*1,89; pH \*\*0,49; AR – Açúcares redutores (% glicose) \*\*1,33; Pec – Pectina (% pectato de cálcio) \*\*10,78; AA – Ácido ascórbico (mg (100 g)<sup>-1</sup>)\*\*11,41; CF – Compostos Fenólicos (mg (100 g)<sup>-1</sup>) \*\*3,46; Aox – Atividade antioxidante DPPH (mg (100 g)<sup>-1</sup>) \*\*1,77; L\* - Luminosidade \*\*0,87; +a\* - Intensidade vermelho \*\*1,75; +b\* - Intensidade amarelo \*\*3,34; C – Chroma \*\*2,43; h° - Tonalidade \*\*1,72; S – Solubilidade (%) \*\*5,45; HG – Higroscopicidade (%) \*\*1,12

A redução no teor de água e na atividade de água foi de 75,75, 80,87, 82,82 e 84,91% e 74,77, 76,17, 76,63 e 77,11%, para as polpas a 0, 10, 15 e 20%, respectivamente, em relação às polpas obtidas antes da liofilização. Observou-se que, ambos os parâmetros apresentaram diferenças significativas com o aumento da concentração de maltodextrina. De

acordo com a classificação dada por Azerêdo (2012), as amostras em pó caracterizam-se como um produto não perecível ( $A_w < 0,85$ ), uma vez que  $A_w$  é inferior a 0,6. Cavalcante et al. (2018), ao caracterizar a polpa de graviola em pó obtida por secagem em *spray dryer* e adicionada de 17% de maltodextrina, verificaram que, a amostra apresentou teor de umidade e atividade de água de 1,39% e 0,22, respectivamente, permitindo ser classificada como estável em relação à deterioração bioquímica e microbiana.

As cinzas apresentaram variações de 4,12 a 5,98%, em que, a liofilização promoveu aumentos de 71,57, 69,01, 69,40 e 69,66%, para as amostras a 0, 10, 15 e 20%, respectivamente. O aumento da concentração de maltodextrina não influenciou significativamente neste parâmetro, exceto na polpa a 20% que apresentou o menor teor, diferindo estatisticamente das demais. Diógenes et al. (2015), encontraram a maior concentração de cinzas na polpa integral da manga ‘Haden’ (0,38%) em relação à polpa formulada com 30% de maltodextrina (0,19%), concluindo que este fenômeno pode ser devido ao peneiramento da polpa durante a etapa de adição da maltodextrina para sua melhor dissolução, fazendo, assim, a retenção das fibras do produto na malha da peneira. Sobre o teor de sólidos solúveis totais, o aumento foi de 57,28, 40,00, 42,40 e 55,43%, para as polpas a 0, 10, 15 e 20%, respectivamente, onde a concentração de maltodextrina exerceu influências significativas sobre ambos os parâmetros.

Quanto ao pH e acidez das amostras, verificou-se que a polpa apresentou pH baixo e de elevada acidez quando comparadas com a polpa da graviola liofilizada com 17% de maltodextrina, onde a média obtida foi de 2,36% (ácido cítrico) e para o pH de 3,6 (CAVALCANTE et al., 2018). A liofilização promoveu aumentos crescentes na acidez dos pós em relação às polpas obtidas antes do processo, cujos valores variaram de 58,72 a 63,06%, para as amostras a 0, 10, 15 e 20%, respectivamente. As médias elevadas devem-se ao baixo teor de água, o que concentra o teor de ácidos orgânicos (OLIVEIRA et al., 2015).

O conteúdo de açúcares redutores apresentou aumento após a liofilização de 53,17, 49,37, 55,66 e 54,97%, para as amostras a 0, 10, 15 e 20%, respectivamente. Apresentando variações significativas com o aumento da concentração de maltodextrina. Oliveira et al. (2011a), ao avaliarem o sapoti, verificaram que o teor de açúcar da polpa integral foi de apenas 11,17%, já a polpa liofilizada apresentou um aumento de quase cinco vezes, devido a redução no teor de água do fruto, acarretando uma maior concentração de sólidos solúveis totais.

O teor de pectina não apresentou variações significativas entre os tratamentos, apresentando uma pequena variação de 2,52 a 2,68%, caracterizando aumentos de 77,45,

78,38, 78,13 e 77,22%, para as amostras a 0, 10, 15 e 20%, respectivamente, em relação às amostras obtidas antes do processo. Com relação ao teor de ácido ascórbico, as médias obtidas apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos, as variações encontradas foram de 302,2 a 345,050 mg (100 g)<sup>-1</sup>, estando superior as médias obtidas por Silva et al. (2008), ao avaliarem o efeito da temperatura no teor de ácido ascórbico em polpas de tamarindo desidratadas em camada de espuma, de 19,20 a 39,45 mg (100 g)<sup>-1</sup>. Segundo Moreira et al. (2011), o teor de ácido ascórbico são, após o processo de desidratação, dependentes do método empregado, do tempo de estocagem e da embalagem utilizada.

Os compostos fenólicos variaram de 45,39 a 95,37 mg (100 g)<sup>-1</sup> apresentando reduções significativas com o aumento da concentração de maltodextrina. Na maioria dos vegetais, os compostos fenólicos constituem os antioxidantes mais abundantes (EVERETTE et al., 2010). Sobre a atividade antioxidante, as amostras variaram de 40,811 a 62,112 mg (100g)<sup>-1</sup>. Observou-se que a liofilização provocou uma redução na capacidade antioxidante, a saber, 28,93, 29,44, 37,14 e 52,14%, para as amostras a 0, 10, 15 e 20%, respectivamente, esta redução já era esperada, uma vez que o teor de ácido ascórbico e compostos fenólicos também reduziram durante o processo. A análise do impacto da secagem sobre a atividade antioxidante de um determinado material é complexa, tendo em vista que vários compostos presentes podem contribuir para essa capacidade. Isso inclui a ação sinérgica de compostos fenólicos ou mesmo a presença de compostos não fenólicos capazes de exercer atividade contra processos oxidativos (DEMBITSKY et al., 2011).

Sobre as coordenadas L, a\* e b\*, as polpas apresentaram-se escuras, com luminosidade variando de 24,21 a 41,49. A secagem promoveu aumentos da 33,33, 37,47, 54,19 e 62,47%, para as amostras a 0, 10, 15 e 20%, respectivamente. O incremento na intensidade vermelho foi de 55,15, 65,34, 45,22, e 51,24%, e amarelo de 68,56, 72,91, 60,08 e 63,45%, para as amostras a 0, 10, 15 e 20%, respectivamente, não apresentando uma tendência definida com a concentração de maltodextrina. A cromaticidade dos pós aumentou em 65,04, 71,07, 57,35 e 61,38%, para as amostras a 0, 10, 15 e 20%, respectivamente e a tonalidade, manteve-se vermelha.

A respeito da solubilidade das amostras, estas variaram de 77,228 a 84,935% e apresentaram aumentos significativos com a concentração de maltodextrina. Os resultados obtidos são superiores aos de Cavalcante et al. (2018), para a polpa da graviola em pó, encontrando valores de 55,74%, e de acordo com as médias obtidas por Oliveira et al. (2013), onde os valores de solubilidade variaram 87,12 a 91,45% com os diferentes agentes carregadores utilizados (maltodextrina, goma arábica e capsul) e por Dieb et al. (2015), ao

secar a polpa de graviola em camada de espuma em diferentes temperaturas (50, 60 e 70°C) e espessuras (0,30, 0,45 e 0,60 cm), encontraram médias que variaram de 75,65 a 86,98%. A alta solubilidade dos pós obtidos revela seu potencial como ingrediente em produtos alimentícios, como bebidas e preparados de sobremesas instantâneos.

Com relação à higroscopicidade, percebeu-se que o pó integral diferiu estatisticamente das amostras formuladas. De acordo com a classificação proposta por GEA Niro Research Laboratory (2003), as polpas são extremamente higroscópicas (< 25%) o que sugere a necessidade de uma investigação mais profunda sobre seu comportamento durante o armazenamento. Oliveira et al. (2014), ao analisarem o comportamento higroscópico do pó da polpa de cajá liofilizada integral e contendo 17% de maltodextrina encontraram valores inferiores, a saber, 12,93 e 8,51%, respectivamente. Cavalcanti et al. (2018), ao estudarem a polpa em pó da graviola obtida por secagem em *spray dryer*, encontraram médias variando de 7,56 a 13,12% de acordo com as variáveis temperatura e concentração de maltodextrina.

Na Tabela 3 encontra-se os resultados das análises microbiológicas para bolores, leveduras, coliformes totais e fecais, e *Salmonella* sp., nas polpas integrais e em pó.

**Tabela 3** Análises microbiológicas da polpa e do pó integral e tamarindo

| Análises                    | Polpa <i>in natura</i> |                          | Pó <i>in natura</i> |        |
|-----------------------------|------------------------|--------------------------|---------------------|--------|
|                             | Resultado              | Padrão                   | Resultado           | Padrão |
| Bolores e Leveduras (UFC/g) | 0,0                    | Máx. $2 \times 10^3$ /g* | 0,0                 | -      |
| Contagem de Bactérias       | 0,0                    | -                        | 0,0                 | -      |
| Coliformes a 35°C (NMP/g)   |                        |                          |                     |        |
| Contagem de Bactérias       | 0,0                    | Máx.                     | 0,0                 | -      |
| Coliformes a 45°C (NMP/g)   |                        | $5 \times 10^2$ /g**     |                     |        |
| <i>Salmonella</i> em 25g    | Ausência               | Ausência**               | Ausência            | -      |

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) - \*Instrução Normativa nº 01, de 7 de janeiro de 2000. \*\*Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) - RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2000.

O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), por meio da Instrução Normativa nº 01, de 7 de janeiro de 2000, limita para fungos filamentosos e leveduras uma contagem de  $2 \times 10^3$  UFC/g, em polpa de fruta que sofreu tratamento térmico e/ou conservada quimicamente. A Resolução RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), preconiza para polpas de frutas congeladas, limite máximo de  $5 \times 10^2$  NMP/g para coliformes a 45 °C e ausência de

*Salmonella* sp. em 25 g do produto, independentemente do sabor, da marca e do período de coleta. Considerando os resultados obtidos para tais determinações, as polpas de tamarindo integral e liofilizada estão dentro dos limites preconizados.

Santos et al. (2016), ao analisarem a contagem para bolores e leveduras em polpas comerciais de tamarindo, verificaram variações de 3,75 a  $4,8 \times 10^3$  (UFC/g) onde algumas amostras apresentaram-se acima do estabelecido pela legislação. Contagens elevadas para fungos filamentosos podem indicar deterioração das polpas e representar risco à saúde, considerando-se que algumas espécies de bolores produzem micotoxinas (GRECO et al., 2012). É importante ressaltar que o pH das amostras é um fator determinante na conservação da mesma, as polpas de tamarindo apresentaram-se muito ácidas, como pode ser comprovado nas Tabelas 2 e 3, tal característica inibe o desenvolvimento de grande parte da microbiota existente, além disso, a sanitização e condições adequadas de temperatura na conservação influenciaram no controle microbiano.

Foi constatada a ausência da contagem de microorganismos do grupo dos coliformes e de *Salmonella* sp., nas polpas de frutas integral e liofilizada, sendo este fato associado à qualidade satisfatória do produto, que se dá, possivelmente, por meio de adequada aplicação das técnicas de Boas Práticas de Fabricação. Comparando-se os resultados com a literatura, Castro et al. (2015), verificaram que todas as amostras de polpas de frutas congeladas analisadas (acerola, goiaba e maracujá), não apresentaram contagens de coliformes a 35 °C e a 45 °C, tampouco houve isolamento de *Salmonella* sp. Santos et al. (2016), verificaram a presença de 4,65 UFC/g em uma determinada marca de polpa de tamarindo comercial, no entanto, o número desses microrganismos não ultrapassou o padrão estabelecido pela Resolução RDC nº 12, de 2 de janeiro de 2001 (BRASIL, 2001).

### 3.4. CONCLUSÕES

- A adição de maltodextrina, bem como, a secagem por liofilização resulta em modificações nas características físicas e físico-química das polpas.
- O teor de água e a atividade de água reduzem significativamente em até 84,91% e 77,11% com a secagem, respectivamente, enquanto o teor de sólidos solúveis aumentam em até 57,28%. As polpas integrais e formuladas com maltodextrina, apresenta valores de pHs baixos e uma elevada acidez antes e após o processo.

- O ácido ascórbico apresenta variações entre 302,2017 a 345,050 mg (100 g)<sup>-1</sup>, evidenciando que a liofilização representa um excelente método visto que a degradação deste composto foi mínima.
- As polpas apresentam alto teor de compostos fenólicos, 61,611 a 74,161 mg (100 g)<sup>-1</sup> antes do processo e 45,390 a 95,372 mg (100 g)<sup>-1</sup> depois de liofilizadas e a atividade antioxidante foi reduzida em até 52,14% nas amostras em pó.
- De acordo com os parâmetros L, a\* e b\*, as amostras caracterizam-se como escuras, com intensidade vermelho-amareladas, ocorrendo variações significativas de acordo com as variáveis, concentração de maltodextrina e secagem.
- As polpas liofilizadas apresenta alta higroscopicidade, o que representa um problema durante o armazenamento devido ao alto grau de aglomeração do produto.
- As amostras não apresentam a presença de bolores, leveduras, coliformes totais e fecais, sendo também constatada a ausência de *Salmonella sp.* em 25g do produto o que indica qualidade da matéria-prima e condições higiênico-sanitárias satisfatórias.

### 3.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AOAC - ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 18. ed. Gaithersburg: AOAC, 2005.

AZEREDO, H. M. C. **Fundamentos de estabilidade de alimentos**. 2.ed. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2012. 326 p.

BABBAR, N.; OBEROI, H.S.; UPPAL, D.S.; PATIL, R.T. Total phenolic content and antioxidant capacity of extracts obtained from six important fruits residues. **Food Research International**, v. 44, p. 391-396, 2011.

BATISTA, A. G. B.; OLIVEIRA, B. D.; OLIVEIRA, M. A.; GUEDES, T. J. G.; SILVA, D. F.; PINTO, N. A. V. D. Parâmetros de qualidade de polpas de frutas congeladas: uma abordagem para produção do agronegócio familiar no Alto Vale do Jequitinhonha. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, vol. 7, n.4, p. 49-54, 2013.

BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M.E.; BERSET, C. Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. **Food Science and Technology**, v. 28, n.1, p. 25-30, 1995.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Abastecimento e Pecuária. Instrução Normativa nº 01, de 07 de Janeiro de 2000. Aprova o Regulamento Técnico geral para fixação dos Padrões de Identidade e Qualidade para polpa de fruta. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 10 jan. 2000.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 12, de 2 de janeiro de 2001. Regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 10 jan. 2001.

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

CANO-CHAUCA, M.; STRINGHETA, P. C.; RAMOS, A. M.; CAL-VIDAL, J. Effect of the carriers on the microstructure of mango powder obtained by spray drying and its functional characterization. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v.5, n.4, p.420-428, 2005.

CARDOSO, L.; BATISTA, A. G.; HAMACEK, F. R.; DIAS, P. A.; ROSA, B. C.; DESSIMONI, P. V.; DESSIMONI-PINTO, N. A. V. Qualidade da polpa e geléias de Tamarindo do Cerrado Brasileiro. **Brazilian Journal of Food and Nutrition**, v. 23, n. 3, p. 355-361, 2012.

CASTRO, T. M. N.; ZAMBONI, P. V.; DOVADONI, S.; CUNHA NETO, ADELINO.; RODRIGUES, L. J. Parâmetros de qualidade de polpas de frutas congeladas. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 74, n. 4, p. 426-36, 2015.

CAVALCANTE, C. E. B.; RODRIGUES, S.; AFONSO, M. R. A.; COSTA, J. M. C. Avaliação dos parâmetros de secagem da polpa de graviola em pó obtida por secagem em spray dryer. **Brazilian Journal Food Technology**, v. 20, e2016015, 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, n. 2, p.360–365, 2012.

CORDEIRO, M. H. M.; SILVA, J. M.; MIZOBUTSI, G. P.; MIZOBUTSI, E. H.; MOTA, W. F. Caracterização física, química e nutricional da pitaiia-rosa de polpa vermelha. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 37, n. 1, p. 020-026, 2015.

DAMIANI, C.; VILAS BOAS, E. V. B.; ASQUIERI, E. R. et al. Caracterização dos frutos do Cerrado: Araçá (*Psidium guinnensis Sw.*) e Marolo (*Annona crassiflora Mart.*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 31, n.3. p. 723-729, 2011.

DEMBITSKY, V.; POOVARODOM, S.; LEONTOWICZ, H.; LEONTOWICZ, M.; VEARASILP, S.; TRAKHTENBERG, S.; GORINSTEIN, S. The multiple nutrition properties of some exotic fruits: biological activity and active metabolites. **Food Research International**, v. 44, p. 1671-1701, 2011.

DÍAZ MEDINA, E. M.; RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ, E. M.; DÍAZ ROMERO, C. Chemical characterization of *Opuntia dillenii* and *Opuntia ficus-indica* fruits. **Food Chemistry**, v.103, p.38-45, 2007.

DIEB, J. T.; GURGEL, C. M.; DANTAS, T. P.; MEDEIROS, M. de F. D. de. Secagem da polpa de graviola pelo processo foam-mat e avaliação sensorial do produto obtido. **Revista Tecnologia & Inovação**, v.2, n. 2, p. 24 – 31, 2015.

DIÓGENES, A. de M. G.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; SOUSA, A. B. B. de. Análise comparativa de polpas de manga “Haden” integral e formulada, **Revista AGROTEC**, v. 36, n. 1, p. 30-34, 2015.

DUARTE-ALMEIDA, J. M.; SANTOS, R. J.; GENOVESE, M. I.; LAJOLO, F. M. Avaliação da atividade antioxidante utilizando sistema b-caroteno/ácido linoléico e método de sequestro de radicais DPPH. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 2, p.446-452, 2006.

EASTMAN, J. E.; MOORE, C. O. **Cold water soluble granular starch for gelled food composition.** U.S. Patent 4465702, 14 ago. 1984.

EVERETTE, J. D.; BRYANT, Q. M.; GREEN, A. M.; ABBEY, Y. A.; WANGILA, G. W.; WALKER, R. B. Thorough study of reactivity of various compound classes toward the Folin-Ciocalteu reagent. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 58, p. 8.139-8.144, 2010.

FONSÊCA, P. A. Q. **Análise físico-química de polpas de frutas e avaliação dos seus padrões de identidade e qualidade.** 2012. 60f. Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal. 2012.

GEA NIRO RESEARCH LABORATORY. **Analytical methods dry milk products.** Soeborg: GEA Niro, 2003. 103 p.

GRECO, M.; PATRIARCA, A.; TERMINIELLO, L.; FERNÁNDEZ PINTO, V.; POSE, G. Toxigenic *Alternaria* species from Argentinean blueberries. **International Journal of Food Microbiology**, v. 154, n. 3, p. 187-191, 2012.

GURJÃO, K.C.O. **Desenvolvimento, armazenamento e secagem de tamarindo (*Tamarindus indica* L.).** 2006. 165f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Departamento de Fitotecnia e Ciências Ambientais. Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2006.

INTERNATIONAL COMMISSION FOR MICROBIOLOGICAL SPECIFICATIONS FOR FOODS – ICMSF. **Microorganisms in foods 7: microbiological testing in food safety management.** New York: Kluwer Academic/Plenum Publishers, 2002.

IAL- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos químicos e físicos para análise de alimentos.** 5.ed. São Paulo, 2008. 1020 p.

JOSHI, A. A.; KSHIRSAGAR, R. B.; SAWATE, A. R. Studies on standardization of enzyme concentration and process for extraction of tamarind pulp, variety Ajanta. **Journal of Food Processing & Technology**, v. 3, n. 2, p. 1-3, 2012.

LEONG, L.P.; SHUI, G. An investigation of antioxidant capacity of fruit in Singapore markets. **Food Chemistry**, v. 76, p. 69-75, 2002.

LIMA, T. L. S.; CAVALCANTE, C. L.; SOUSA, D. G.; SILVA, P. H. A.; ANDRADE SOBRINHO, L. G. Avaliação da composição físico-química de polpas de frutas comercializadas em cinco cidades do Alto Sertão paraibano. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 10, n. 2, p. 49-55, 2015. <http://dx.doi.org/10.18378/rvads.v10i2.3378>.

MAIA, J. D; TRAVÁLIA, B. M.; ANDRADE, T. A.; SILVA, G. K. C.; ANDRADE, J. K. S.; JÚNIOR, A. M. O.; MOREIRA, J. J. S. Desenvolvimento, avaliação físico-química, microbiológica e Sensorial de geleia de tamarindo. **Revista GEINTEC**, v 4, n.1, p.632-641, 2014.

MOREIRA, J. S. A.; SOUZA, M. L.; ARAÚJO NETO, S. E.; SILVA, R. F. Estudo da estabilidade microbiológica e físico-química de polpa de cupuaçu desidratada em estufa. **Revista Caatinga**, v. 24, n. 2, p. 26-32. 2011.

MUZAFFAR, K.; KUMAR, P. Effect of process parameters on extraction of pulp from tamarind fruit. In: MISHRA, G. C. **Conceptual frame work & innovations in agroecology and food sciences**. p. 65-67, 2015. Disponível em: <[http://www.krishisanskriti.org/vol\\_image/11Sep201509092417.pdf](http://www.krishisanskriti.org/vol_image/11Sep201509092417.pdf)>. Acesso em: 29 jun. 2017.

NORA, C. D. **Caracterização, atividade antioxidante “in vivo” e efeito do processamento na estabilidade de compostos bioativos de araçá vermelho e guajibu**. 2012. 91p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2012.

OLIVEIRA, E. A. N.; SANTOS, D. C.; SOUSA, F. C.; MARTINS, J. N.; OLIVEIRA, S. P. A. Obtenção de ubaia desidratada pelo processo de liofilização. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 4, n. 2, p. 235-242, 2010.

OLIVEIRA, V. S.; AFONSO, M. R. A.; COSTA, J. M. C. Caracterização físico-química e comportamento higroscópico de sapoti liofilizado. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 2, p. 342-348, 2011(a)

OLIVEIRA, D. S.; AQUINO, P. P.; RIBEIRO, S. M. R.; PROENÇA, R. P. C.; PINHEIRO SANT'ANA, H. M. Vitamina C, carotenoides, fenólicos totais e atividade antioxidante de goiaba, manga e mamão procedentes da Ceasa do Estado de Minas Gerais. **Acta Scientiarum Health Sciences**, v. 33, n. 1, p. 89-98, 2011 (b)

OLIVEIRA, M. I. S.; TONON, R. V.; NOGUEIRA, R. I.; CABRAL, L. M. C. Estabilidade da polpa de morango atomizada utilizando diferentes agentes carreadores. **Brazilian Journal Food Technology**, v. 16, n. 4, p. 310-318, 2013.

OLIVEIRA, G. S.; COSTA, J. M. C.; AFONSO, M. R. A. 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.

OLIVEIRA, A. S.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M.; BRITO, J. G. Estabilidade da polpa do *Cereus* jamacaru em pó durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 2, 2015.

OLIVEIRA, M. N.; FIGUÊIREDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M.; DIÓGENES, A. M. G.; SOUSA, A. B. B.; VASCONCELOS, U. A. A. Caracterização físico-química de polpas de manga 'Rosa' liofilizadas. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.12, n. 5, p. 902-906, 2017.

PATHARE, P.B.; OPARA, U.L.; AL-SAID, F.A-J. Colour measurement and analysis in fresh and processed foods. A review. **Food and Bioprocess Technology**, v.6, p. 36-60, 2013.

PEARSON, D. **The chemical analysis of food**. 6.ed. London: J. and A. CHURCHILL, 1970.

PEREIRA, P. C.; MELO, B.; FRANZÃO, A. A.; ALVEZ, P. R. B. A cultura do tamarindeiro (*Tamarindus indica* L.). In: Semana do Curso de Engenharia Ambiental, I, 2011, Minas

Gerais. **Anais...** Minas Gerais: Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Uberlândia – Campus Umarama – MG, 2011.

RUFINO, M.S.M.; FERNANDES, F.A.N.; ALVES, R.E.; BRITO, E.S. Free radical-scavenging behaviour of some north-east Brazilian fruits in a DPPH system. **Food Chemistry**, v.114, n. 2, p.693-695, 2009.

SANTOS, M. B.; CARDOSO, R. L.; FONSECA, A. A. O. ; CONCEIÇÃO, M. N. Caracterização e qualidade de frutos de umbu-cajá (*Spondias tuberosa* X *S. mombin*) provenientes do recôncavo sul da Bahia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 4, p. 1089-1097, 2010.

SANTOS, E. H. F.; NETO, A. F.; DONZELI, V. P. Aspectos físico-químicos e microbiológicos de polpas de frutas comercializadas em Petrolina (PE) e Juazeiro (BA). **Brazilian Journal Food Technology**, v. 19, e2015089, 2016.

SILVA, A. S.; GURJÃO, K. C. O.; ALMEIDA, F. A. C.; BRUNO, R. L. A.; PEREIRA, W. E. Desidratação da polpa de tamarindo pelo método de camada de espuma. **Ciência e Agrotecnologia**, v.32, n.6, p. 1899-1905, 2008.

SILVA, M. T. M.; OLIVEIRA, J. S.; JALES, K. A. Avaliação da qualidade físico-química de polpas de frutas congeladas comercializadas no interior do Ceará. In: CONGRESSO NORTE-NORDESTE DE PESQUISA E INOVAÇÃO (CONNEPI), 5., 2010, Maceió. **Anais...** Alagoas: IFAL, 2010. Disponível em: <<http://connepi.ifal.edu.br/ocs/index.php/connepi/CONNEPI2010/paper/view/1124>>. Acesso em: 4 junho de 2018.

SILVA, C. E. F.; MOURA, E. M. O.; ANDRADE, F. P.; GOIS, G. N. S. B.; SILVA, I. C. C.; SILVA, L. M. O.; SOUZA, J. E. A.; ABUD, A. K. S. Importância da monitoração dos padrões de identidade e qualidade na indústria de polpa de fruta. **Journal of Bioenergy and Food Science**, v. 3, n. 1, p. 17-27, 2016.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **African Journal of Agricultural Research**, v.11, n.39, p.3733-3740, 2016.

VIEIRA, L. M.; SOUSA, M. S. B.; MANCINI-FILHO, J.; LIMA, A. Fenólicos totais e capacidade antioxidante in vitro de polpas de frutos tropicais. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. 3, p. 888-897, 2011.

WATERHOUSE, A. **Folin-ciocalteau micromethod for total phenol in wine**. 2006. Disponível em: <http://waterhouse.ucdavis.edu/faqs/folin-ciocalteau-micro-method-for-total-phenol-in-wine>. Acessado em 23 de outubro de 2018.

ZOTARELLI, M. F. **Produção e caracterização de manga desidratada em pó por diferentes processos de secagem**. 2014. 165 p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química. Florianópolis, SC, 2014.

#### 4. CINÉTICA DE CONGELAMENTO DE POLPAS DE TAMARINDO COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE MALTODEXTRINA

**Resumo:** A polpa de fruta congelada é um produto que atende a diversos segmentos do setor de alimentos, em vista disso, objetivou-se com o trabalho acompanhar a cinética de congelamento de polpas de tamarindo na temperatura de  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Foram formuladas três amostras com maltodextrina nas concentrações de 10, 15 e 20% e uma amostra sem o coadjuvante (0%). As polpas foram caracterizadas quanto aos parâmetros: teor de água, acidez total titulável (ATT), pH, sólidos solúveis totais (SST), atividade de água ( $A_w$ ), ácido ascórbico e cor ( $L$ ,  $a^*$  e  $b^*$ ). A cinética foi feita em *freezer* horizontal monitorando-se o tempo e a temperatura das polpas com o auxílio de termopares instalados no centro dos recipientes até alcançar a estabilização térmica. Com os dados obtidos, foi realizada a análise de regressão não-linear para a obtenção dos coeficiente de difusividade térmica efetiva. O teor de água quantificado foi de 68,25, 59,84, 58,35 e 58,07% para as polpas a 0, 10, 15 e 20%, respectivamente. A ATT variou de 5,32 a 7,88 g (100 g)<sup>-1</sup> e os valores para o pH foram baixo. Os SST variaram de 10 a 15°Brix e as polpas foram classificadas como produtos perecíveis, apresentando  $A_w > 0,85$ . O ácido ascórbico variou de 21,57 a 36,50 mg (100 g)<sup>-1</sup>, as amostras apresentaram coloração escura e intensidade vermelho-amarelado. Quanto à cinética de congelamento, foi observado um comportamento muito similar ao da curva obtida para a água pura, permitindo distinguir os três estágios típicos durante a conversão da água em gelo. A estabilização térmica ocorreu em 12.000 s na polpa integral, 12.500 s na polpa a 10%, 13.000 s na polpa a 15% e 13.100 s na polpa a 20%. A difusividade térmica variou de 3,13 a 3,62 mm<sup>2</sup> s<sup>-1</sup> apresentando aumentos com a concentração de maltodextrina.

**Palavras-chave:** resfriamento, estabilidade térmica, coadjuvante

##### 4.1. INTRODUÇÃO

A polpa congelada de fruta é um produto que atende a diversos segmentos do setor de alimentos, sendo utilizadas no preparo de sucos, sorvetes, balas, produtos de confeitaria e lácteos, como iogurtes. A produção de polpas congeladas de frutas tornou-se um meio favorável para o aproveitamento integral das frutas na época da safra evitando os problemas ligados a sazonalidade. Para que se produza uma polpa congelada de fruta com qualidade é preciso atentar-se à manutenção dos nutrientes e às suas características físico-químicas,

microbiológicas e sensoriais, que devem estar próximas às da fruta *in natura*, de forma a satisfazer as exigências do consumidor e da legislação vigente, além disso, a qualidade final está relacionada com as condições empregadas durante o processo de congelamento e com as condições de armazenamento (CIABOTTI, 2000; DANTAS et al., 2012).

O congelamento é uma técnica de conservação que visa, principalmente, promover o retardamento das velocidades das diversas transformações de deterioração que ocorrem em alimentos, pela redução de sua temperatura a níveis compatíveis com o tempo de estocagem pretendido e, principalmente, com a labilidade do próprio produto. Ao contrário de outros métodos de conservação de alimentos, o congelamento é o único capaz de manter inalteradas as características sensoriais do produto fresco (BELCHIOR, 2012). A baixa temperatura retarda as atividades fisiológicas, bioquímicas e microbiológicas que ocasionam a deterioração do produto e a alteração de suas características, incluindo textura, sabor, cor e valor nutritivo, comprometendo a qualidade (SAMIRA et al., 2013).

De acordo com Amorim et al. (2010), a temperatura recomendada para o congelamento de polpa é de  $-23\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$ , ou inferior, no entanto, o tempo necessário para abaixar a temperatura do produto para  $-5\text{ °C}$  não deve ultrapassar 8 h. A temperatura deverá atingir cerca de  $-18\text{ °C}$  em um tempo máximo de 24 h e deverá ser mantida durante todo o tempo de armazenamento e transporte.

Alguns poucos trabalhos relacionados à cinética de congelamento de alimentos são encontrados na literatura, a saber, Araújo et al. (2000), estudando a polpa de acerola a  $-22$ ,  $-100$  e  $-196\text{ °C}$  e Cavalcanti-Mata et al. (2003) ao estudar as curvas de congelamento de frutos de cajá (*Spondias lutea* L.) a temperaturas semi-criogênicas ( $-30$ ,  $-60$  e  $-90\text{ °C}$ ). No entanto pouco se sabe sobre as características da polpa de tamarindo integral e adicionadas de maltodextrina, tal coadjuvante é largamente empregado na etapa de congelamento que antecede a secagem por liofilização, visando obter maiores rendimentos do produto, preservação dos componentes e redução da higroscopicidade.

Em vista do apresentado, objetivou-se com o presente trabalho acompanhar a cinética de congelamento das polpas de tamarindo integral e formuladas com maltodextrina na temperatura fixa de  $-30\text{ °C}$ .

## **4.2. MATERIAL E MÉTODOS**

### 4.2.1. Local do experimento

O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas (LAPPA), da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande (PB).

### 4.2.2. Aquisição e Processamento da matéria-prima

Foram utilizados como matéria-prima tamarindos, safra 2017, adquiridos na zona rural do município de Juazeiro do Norte (CE). Os frutos foram selecionados de acordo com o grau de maturação, onde os mesmos apresentaram casca quebradiça e a polpa marrom-escura, adequados para o consumo e processamento. Em seguida, realizou-se a lavagem em água corrente e a sanitização por imersão em solução de hipoclorito de sódio (30 ppm) por 5 min, seguido por um enxague com água potável, drenando-se o excesso de água dos frutos e procedendo-se a separação manual da casca.

Os tamarindos descascados foram imersos em água destilada por 20 min, na proporção 1:1, para facilitar o desprendimento da polpa das sementes, sendo despulpados em despulpadeira (Laboremos DF 200) e acondicionados em embalagens plásticas de polietileno de baixa densidade com capacidade de 0,5 L. Após pré-testes, foram elaboradas três formulações com maltodextrina (DE 10) nas concentrações de 10, 15 e 20%.

### 4.2.3. Análises físico-químicas

Foram realizadas, em triplicata, nas polpas integrais e formuladas as seguintes análises: teor de água, determinado pelo método de secagem das amostras até peso constante, em estufa a 105 °C; acidez total titulável, empregando a técnica de titulometria baseada na neutralização da amostra com a solução padronizada de hidróxido de sódio (NaOH) a 0,1 N, os resultados expresso em g (100 g)<sup>-1</sup> de ácido tartárico; pH, determinado pelo método potenciométrico, através de medidor digital modelo TEC-2, do fabricante Tecnal, calibrado com soluções tampão de pH 4,0 e 7,0; sólidos solúveis totais, determinados através da leitura direta da amostra em refratômetro portátil do tipo Abbee, todas segundo as Normas Analíticas do IAL (2008); atividade de água a 25 °C, através da medida direta em higrômetro Aqualab

3TE (Decagon); ácido ascórbico, determinado por titulometria com 2,6-diclorofenolindofenol de sódio padronizado da qual, utiliza o ácido oxálico como solução extratora, os resultados foram expressos em  $\text{mg (100 g)}^{-1}$  de ácido ascórbico, conforme a metodologia de AOAC (2000); e cor, por leitura direta, utilizando o espectrofotômetro MiniScan HunterLab XE Plus, equipado com iluminante D65, ângulo de observação de  $10^\circ$  e calibrado com placa padrão branca e preta ( $X=80,5$ ;  $Y= 85,3$ ;  $Z=90,0$ ) sendo realizadas as leituras dos seguintes parâmetros:  $L^*$  luminosidade,  $a^*$  transição da cor verde ( $-a^*$ ) para o vermelho ( $+a^*$ ), e  $b^*$  transição da cor azul ( $-b^*$ ) para a cor amarela ( $+b^*$ ).

#### 4.2.4. Cinética de congelamento

As polpas foram colocadas em formas de gelo e levadas ao *freezer* horizontal (Consul - 260) a  $-30^\circ\text{C}$  ( $\pm 2^\circ\text{C}$ ). A temperatura das polpas foi monitorada por termopares instalados no centro dos recipientes. Procederam-se as leituras até conseguir a estabilização térmica das polpas e do *freezer*. Com os valores da temperatura em função do tempo (segundos) foi feita a plotagem gráfica dos dados utilizando o *software* OriginPro8. A velocidade de congelamento foi determinada de acordo com a Equação 01.

$$Vc = \frac{T_i - T_f}{\Delta\tau} \text{ (}^\circ\text{C} \cdot \text{s}^{-1}\text{)} \quad (01)$$

Em que:  $T_i$  - temperatura inicial ( $^\circ\text{C}$ );  $T_f$  - temperatura final ( $^\circ\text{C}$ );  $\Delta\tau$  - tempo necessário para a temperatura cair de  $T_i$  para  $T_f$  (s).

De acordo com Mohsenin (1980), para se calcular a transferência de calor em regime transiente, de uma forma que se assemelhe a uma placa, de espessura  $2L$ , para  $Fo = \alpha t/L^2$ , a solução analítica pode ser expressa pelas seguintes Equações:

$$RT = \sum_{n=1}^{\infty} A_n \text{Exp}(\sigma_n^2 \cdot Fo) \quad (02)$$

Em que:

$$RT = \frac{T - T_\infty}{T_0 - T_\infty} \quad (03)$$

$$A_n = \frac{2 \cdot \text{sen } \sigma_n}{\sigma_n + \text{sen } \sigma_n \cdot \text{cos } \sigma_n} \quad (04)$$

$$F_o = \left( \frac{\alpha}{L^2} \right) \cdot t \quad (05)$$

Em que: RT - Razão de temperatura; T - Temperatura em cada momento, °C; T<sub>∞</sub> - Temperatura do meio de congelamento, °C; T<sub>o</sub> - Temperatura inicial do produto, °C; Fo - Número de Fourier, adimensional; An - Constante que depende do produto; σn - Raiz transcendental; L - Espessura da amostra/2; t - Tempo, segundo; α - Difusividade térmica efetiva, mm<sup>2</sup>.s<sup>-1</sup>.

#### 4.2.5. Análise estatística

Os dados das análises físico-químicas foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, com auxílio do programa estatístico Assistat versão 7.7 beta (SILVA & AZEVEDO, 2016). Com os dados de razão de temperatura em função do tempo, foi realizada uma análise de regressão não linear, utilizando-se o *software* Statistica, versão 7.0 para obtenção dos coeficientes da Equação 2.

### 4.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 encontram-se as médias e desvios-padrão das análises físico-químicas das polpas de tamarindo. Com relação ao teor de água, a polpa a 0% diferiu estatisticamente das polpas formuladas com maltodextrina, estas últimas, por sua vez, não apresentaram diferenças significativas entre si. A polpa integral apresentou valor condizente com a média obtida por Canuto et al. (2010), ao analisarem polpa de tamarindo proveniente da região Amazônica, cujo valor foi de 75% (b.u).

Sobre a acidez total titulável, a polpa a 0% diferiu estatisticamente das polpas formuladas, apresentando o teor mais elevado. A legislação brasileira não estabelece limites máximos e mínimos para polpa de tamarindo. Os resultados encontrados neste presente trabalho estão acima dos obtidos por Fonsêca (2012), a saber, 3,76 a 2,89 g (100 g)<sup>-1</sup> de ácido cítrico para polpas de frutas congeladas comercializadas no Estado de Rio Grande do Norte.

**Tabela 1** Caracterização físico-química das polpas integral e formuladas de tamarindo

| Parâmetros | 0%            | 10%           | 15%            | 20%           |
|------------|---------------|---------------|----------------|---------------|
| TA         | 68,247±0,76 a | 59,840±0,45 b | 58,347±1,32 b  | 58,070±1,49 b |
| ATT        | 7,878±0,09 a  | 5,821±0,08 b  | 5,486±0,14 b   | 5,322± 0,08 b |
| pH         | 2,117±0,02 c  | 2,150±0,02 b  | 2,253±0,01 b   | 2,993±0,01 a  |
| SST        | 13,500±0,00 d | 20,000±0,00 c | 24,000 ±0,00 b | 26,000±0,00 a |
| Aw         | 0,989±0,01a   | 0,980±0,04 b  | 0,976±0,02 b   | 0,971±0,08 c  |
| AA         | 36,498±0,02 a | 28,827±0,10 b | 22,662±0,15 c  | 21,570±0,85 c |
| L*         | 14,577±0,01 c | 16,453±0,23 b | 16,697±0,01b   | 18,277±0,00 a |
| +a*        | 5,487±0,29 a  | 5,200±0,01 ab | 4,923±0,28 b   | 4,317±0,01 c  |
| +b*        | 6,883±0,01 a  | 6,450±0,10 b  | 5,813±0,34c    | 5,530±0,28 c  |

\*Médias com letras iguais na mesma linha não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade. TA- Teor de Água; ATT - Acidez Total Titulável ( $\text{g (100 g)}^{-1}$  ácido tartárico); SST - Sólidos Solúveis Totais ( $^{\circ}\text{Brix}$ ); Aw – Atividade de Água; AA – Ácido ascórbico ( $\text{mg (100)}^{-1}$ ); L\* - Luminosidade; +a\* - Intensidade vermelho; +b\* - Intensidade amarelo.

O pH quantificado apresentou incrementos com o aumento da concentração de maltodextrina. As amostras diferiram estatisticamente entre si, exceto entre as formulações a 10 e 15% que não apresentaram variações significativas. As médias quantificadas encontram-se próximas às de Santos et al. (2016), onde os valores variaram de 2,68 a 2,83 em diferentes marcas de polpas de tamarindo congeladas comercializadas em Petrolina (PE) e Juazeiro (BA), e por Canuto et al. (2010), com média de 2,5.

Os sólidos solúveis totais apresentaram variações significativas com o aumento da concentração de maltodextrina, onde a maior média foi observada na formulação a 20%. O valor obtido para a polpa integral está de acordo com a literatura, a saber, Muzaffar & Kumar (2015), 8,4  $^{\circ}\text{Brix}$ , Lima et al. (2015), 7,25  $^{\circ}\text{Brix}$ , e inferiores aos verificados por Silva et al. (2016), de 18,6  $^{\circ}\text{Brix}$ .

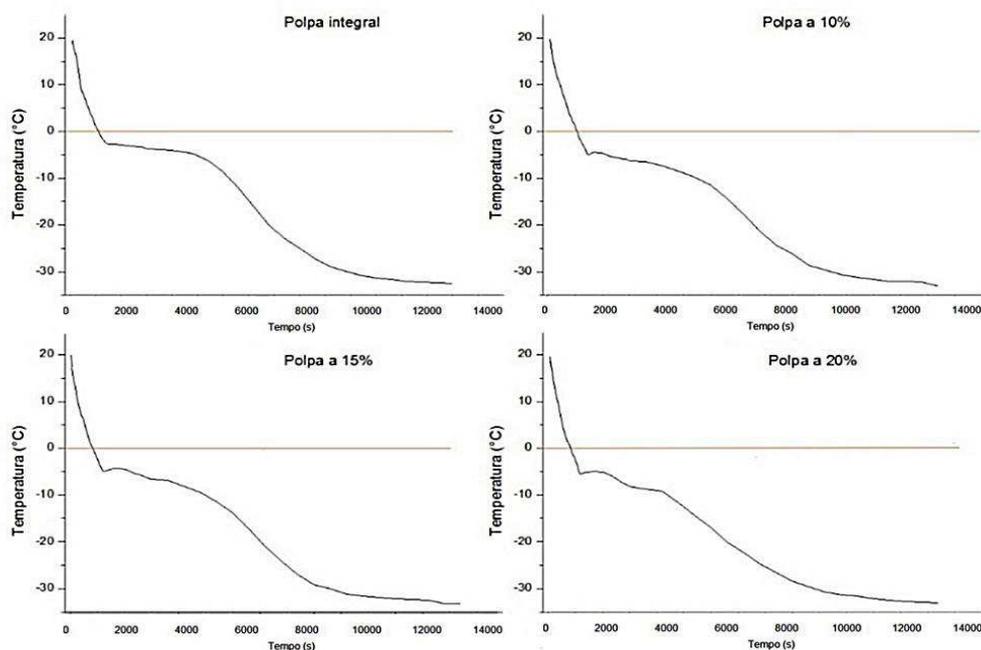
Com relação à atividade de água, as polpas apresentaram reduções significativas com o aumento da concentração de maltodextrina, onde os tratamentos a 10 e 15% não apresentaram variações significativas entre si. As polpas de tamarindo foram classificadas como perecíveis ( $A_w > 0,85$ ) de acordo com Azeredo (2012).

O ácido ascórbico apresentou uma redução significativa com o aumento da concentração de maltodextrina, onde as formulações a 15 e 20% não variaram entre si. O teor obtido encontra-se em conformidade com os resultados de Silva et al. (2008), em polpa fresca de tamarindo ( $36,73 \text{ mg (100 g)}^{-1}$ ).

O parâmetro  $L^*$  é uma medição da luminosidade, avaliando de maneira a estabelecer uma escala cinza, com valores entre preto (0) e branco (100) (PATHARE et al., 2013). As polpas apresentaram variações significativas entre si, sendo consideradas escuras, ressaltando que as polpas adicionadas de maltodextrina apresentaram os maiores valores para este parâmetro, tal fato já era esperado, uma vez que a adição de maltodextrina eleva os valores de  $L^*$ , por ser um pó branco. Resultados próximos foram encontrados por Maia et al. (2014) ao elaborar geleia a partir do tamarindo, onde os valores de  $L^*$  foram de 23,4 e por Santos et al. (2016) ao avaliar a cor de quatro diferentes marcas de polpas de tamarindo, encontraram valores para a luminosidade de 10,98 a 15,40.

Com relação à intensidade  $a^*$ , valores positivos correspondem à cor vermelha das amostras, enquanto que os valores  $b^*$  positivos correspondem à cor amarela, ambos foram influenciadas significativamente pela adição de maltodextrina. Os resultados obtidos corroboram com os de Maia et al. (2014) ao encontrarem valores médios para a geleia de tamarindo de  $a^*$  3,9 e  $b^*$  4,1, mostrando tendência para um produto vermelho-amarelado.

Na Figura 1 (A, B, C e D) têm-se as curvas de congelamento das polpas integral e formuladas (10, 15 e 20%).



**Figura 1.** Curva de congelamento: (A) polpa integral; (B) polpa a 10%; (C) polpa a 15%; e (D) polpa a 20% de maltodextrina.

No primeiro estágio, observou-se o resfriamento das polpas, onde a temperatura reduziu rapidamente de 19,10 a -1,50 °C (polpa integral), 19,65 a -2,65 °C (polpa a 10%), 19,35 a -3,35 °C (polpa a 15%) e 19,65 a -3,90 °C (polpa a 20%) em 40 min (2.400 s). Observou-se ainda que, as polpas formuladas apresentaram temperaturas inferiores à da polpa integral durante o mesmo período de tempo. Belchior (2012), afirma que essa etapa consiste na redução da temperatura abaixo do ponto de congelamento da água, sem mudança de fase. Esse ponto, diferentemente da água, está sempre abaixo de 0° C devido à presença de sólidos dissolvidos no produto e antes do início da formação dos cristais de gelo (BARBIN et al., 2010).

Fernandes et al. (2010), estudando o congelamento de polpa de morango em banho ultratermostático a -20 °C verificaram uma temperatura de início de congelamento de -0,7 °C. Soares et al. (2012), utilizando um *ultrafreezer* para o congelamento da polpa de mangaba verificaram uma temperatura inicial de congelamento de aproximadamente -1 °C. Já Pereira et al. (2014), congelando polpa de acerola em câmara fria a -25 °C, obteve uma temperatura de início de congelamento de -1,1 °C.

No segundo estágio, a mudança de fase ocorreu lentamente, onde a temperatura reduziu de -1,9 a -3,80 °C (polpa integral), -3,25 a -4,75 °C (polpa a 10%), -4,25 a -4,45 °C (polpa a 15%) e -4,95 a -5,15 °C (polpa a 20%), o tempo requerido neste segundo estágio foi de 5.400, 3.600, 3.600 e 3.600 s, respectivamente. Barbin et al. (2010), menciona que a retirada do calor latente acontece quando quase não ocorre grandes variação da temperatura do produto. Esse patamar de temperatura não é constante nos alimentos, uma vez que ocorre o aumento da concentração dos sólidos da solução durante o congelamento, reduzindo sutil e continuamente o ponto de congelamento da água que continua disponível.

O efeito da presença de aditivos sobre a redução da temperatura de início de congelamento também pode ser observado nos resultados apresentados por Fernandes et al. (2010), ao trabalharem com a polpa de morango com adição de pectina e sacarose em diferentes concentrações, que observaram a tendência de que quanto maior a concentração de sacarose mais baixa é a temperatura de início de congelamento.

No terceiro estágio, observou-se o período de pós-congelamento, onde a temperatura decresce até alcançar o equilíbrio com a temperatura do meio de resfriamento (BARBIN et al., 2010). O decréscimo da temperatura foi de -4,20 a -32,70 °C (polpa integral) em 4.200 s; -5,05 a -33,50 °C (polpa a 10%) em 6.500 s; -4,65 a -33,55 °C (polpa a 15%) em 7.000 s; e -5,15 a -33,00 °C (polpa a 20%) em 7.100 s.

Feitosa et al. (2017), ao analisarem grãos de feijão-fava submetido as temperaturas de -15, -25 e -50 °C, verificaram que para atingir as temperaturas pré-estabelecidas foi necessário o tempo de 4.485, 3.075 e 1.730 s, respectivamente, e que a redução da temperatura fez com que as amostras congelassem mais rápido.

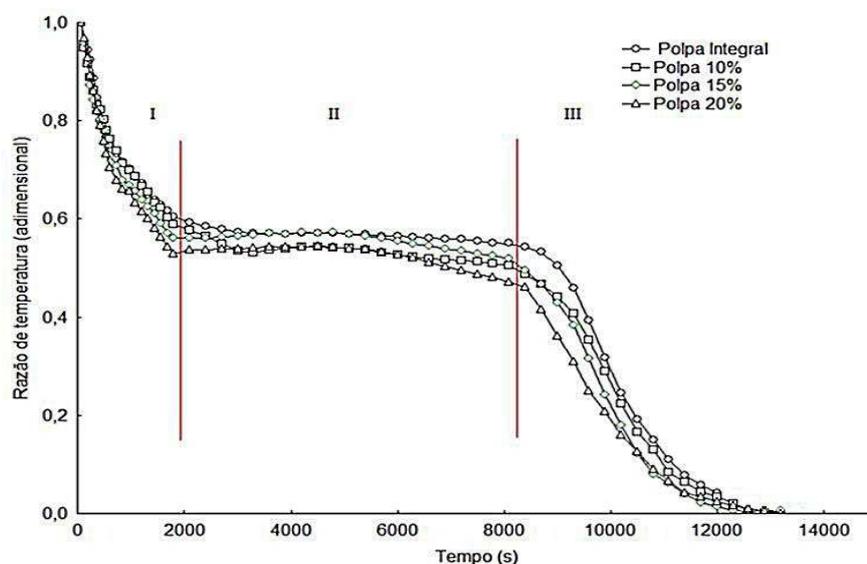
Na Tabela 2 encontram-se os valores da velocidade de congelamento das polpas de tamarindo integral e formuladas.

**Tabela 2** Velocidade de congelamento das polpas de tamarindo

|                                  | <b>Integral</b>          | <b>10%</b>               | <b>15%</b>               | <b>20%</b>               |
|----------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Tempo (s)                        | 12.000                   | 12.500                   | 13.000                   | 13.100                   |
| Vel. Congel (°Cs <sup>-1</sup> ) | 43,17 x 10 <sup>-4</sup> | 42,52 x 10 <sup>-4</sup> | 40,69 x 10 <sup>-4</sup> | 40,19 x 10 <sup>-4</sup> |

Pitombo (1989) estabelece escalas para a velocidade de congelamento em: muito lento, abaixo de 0,01 °C s<sup>-1</sup>; lento, de 0,01 a 0,06 °C s<sup>-1</sup>; rápido, 0,06 a 50,00 °C s<sup>-1</sup>; e super-rápido, acima de 50,00 °C s<sup>-1</sup>. Observou-se que, as amostras apresentaram velocidade de congelamento muito lento. Neste tipo de congelamento, a temperatura decresce gradativamente e a estabilização térmica ocorre após horas de contato do alimento com o meio refrigerante.

Na Figura 2 tem-se a relação da razão de temperatura versus tempo (s) para as amostras estudadas.



**Figura 2** Plotagem da razão de temperatura versus o tempo das polpas integral e formuladas de tamarindo

Observou-se um comportamento muito similar ao da curva obtida para a água pura, permitindo distinguir os três estágios típicos durante a conversão da água em gelo. Segundo Kashara et al. (1986), os produtos agrícolas com teor de água em torno de 70 a 90%, base úmida, apresentam curvas em formato sigmóide com três fases características, isto é: Fase I, corresponde ao resfriamento do produto, esse período é caracterizado por uma curva típica exponencial; Fase II, constituída pelo congelamento do produto, cuja fração de água que é a maior parte do produto, consome a energia para formar os cristais de gelo, a curva é uma reta; e Fase III, é caracterizada por uma curva exponencial relativa, que corresponde ao pós-congelamento do produto.

Araújo et al. (2000), estudando a cinética de congelamento da polpa da acerola na temperatura de -22,60 °C, obtiveram comportamento parecido, onde as três fases do congelamento foram observadas. Coelho (2006), estudando sementes de algodão, percebeu que com 12% b.u. as curvas de congelamento não tiveram fases distintas, o que implica que o conteúdo de água foi insuficiente para se gerar uma curva sigmóide, tendo encontrado uma curva exponencial, característica de matéria seca. Goldfarb et al. (2010), observaram que as curvas da cinética de congelamento de sementes de pinhão manso (8% b.u), nas temperaturas de -170 °C e -196 °C, não apresentaram as três fases típicas de congelamento, sendo uma curva exponencial típica.

Na Tabela 3 encontra-se os valores do coeficiente de difusividade térmica das polpas estudadas, bem como o ajuste da Equação 2 aos dados experimentais.

**Tabela 3** Difusividade térmica das polpas integral e formuladas de tamarindo a -30°C

|                | $\alpha$ (mm <sup>2</sup> s <sup>-1</sup> ) | R <sup>2</sup> |
|----------------|---|----------------|
| Polpa Integral | 3,1302                                      | 0,9698         |
| Polpa a 10%    | 3,3643                                      | 0,9751         |
| Polpa a 15%    | 3,3651                                      | 0,9467         |
| Polpa a 20%    | 3,6190                                      | 0,9402         |

Verificou-se que, a difusividade térmica aumentou com a concentração de maltodextrina. Segundo Tres et al. (2011), a difusividade térmica de um material é influenciada pela quantidade de água, pela temperatura, pela composição e pela porosidade; como em muitos processos, o conteúdo de água e a temperatura de um produto podem variar, consideravelmente, o valor da difusividade térmica também varia.

A difusividade térmica obtida para a polpa integral e formuladas encontram-se superiores aos valores verificados por Araújo et al. (2000), analisando a polpa da acerola nas temperaturas de  $-22,60$  e  $-100$  °C, a saber,  $1,23 \text{ mm}^2\text{s}^{-1}$ , para ambas as temperaturas; Cavalcanti-Mata et al. (2003), analisando as curvas de congelamento em frutos da cajá, encontraram variações da difusividade térmica entre as fases de congelamento,  $2,8.10^{-7}$  a  $3,45.10^{-7} \text{ m}^2\text{s}^{-1}$  (fase de resfriamento) e  $3,1082.10^{-7}$  a  $3,2539.10^{-7} \text{ m}^2\text{s}^{-1}$  (pós-congelamento); e Soares et al. (2012), ao analisarem o congelamento da polpa da mangaba a  $-78,3^\circ\text{C}$ , verificaram que a difusividade térmica foi de  $1,03 \text{ mm}^2\text{s}^{-1}$ .

Para o congelamento, o conhecimento do coeficiente da difusividade térmica é de fundamental importância, por ser uma propriedade de transporte necessária na modelagem e nos cálculos de transferência de calor transiente, além de ser essencial para a simulação durante o congelamento no interior de um alimento, tornando-se de grande valia para a indústria, pois sem esta propriedade termofísica não seria possível calcular a transferência de calor nas substâncias (TRES et al., 2011). Segundo Bergman et al. (2011), alimentos com valor de difusividade térmica elevado, como é o caso das polpas de tamarindo em relação às demais amostras supracitadas, agem rapidamente a mudanças térmicas em seu ambiente, enquanto alimentos de pequenos valores agem mais lentamente, demorando a alcançar um novo estado de equilíbrio.

#### **4.4. CONCLUSÕES**

- A adição de maltodextrina promove modificações significativas em todos os parâmetros físico-químicos analisados.
- As polpas apresentam pH ácidos e são classificadas como produtos perecíveis ( $A_w > 0,85$ ).
- Observa-se um comportamento muito similar ao da curva obtida para a água pura, permitindo distinguir os três estágios típicos durante a conversão da água em gelo.
- A estabilização térmica ocorre em 12.000 s na polpa integral, 12.500 s na polpa a 10%, 13.000 s na polpa a 15% e 13.100 s na polpa a 20% de maltodextrina.
- Observa-se que a difusividade térmica aumenta com a concentração de maltodextrina.

#### 4.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMORIM, G.A.; SANTOS, T. C.; PACHECO, L. S. V.; TAVARES, I. M.C.; FRANCO, M. Avaliação microbiológica, físico-química e sensorial de polpas de frutas comercializadas em Itapetinga-BA. **Enciclopédia Biosfera**, v. 6, n. 11, 2010.

AOAC - Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis of AOAC International**. v.2. 17.ed. Arlington, 2000.

ARAÚJO, M. S. O.; BRAGA, M. E. D.; MATA, M. E. R. C. Cinética de congelamento de polpa de acerola a baixas temperaturas. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.2, n.1, p.27-34. 2000.

AZEREDO, H. M. C. **Fundamentos de estabilidade de alimentos**. 2ª Ed. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2012. 326 p.

BARBIN, D. F.; DAVILA, L. S. M.; JUNIOR, V. S. Avaliação da estabilidade de soluções modelo (CMC - Sacarose) em recongelamentos. **Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos**, v. 28, n. 1, p. 125-132, 2010.

BELCHIOR, N. C. **Transferência de calor no congelamento de polpa de maracujá**. 2012. 127f. Dissertação (Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras (MG). 2012.

BERGMAN, T. L.; LAVINE, A. S.; INCROPERA, F. K.; DEWITT, D. P. **Introduction to Heat Transfer**, 6ª Ed, New York: John Wiley & Sons, Inc. 2011, 953p.

CANUTO, G.A.B.; XAVIER, A.A.O.; NEVES, L.C.; BENASSI, M.T. Caracterização físico-química de polpas de frutos da Amazônia e sua correlação com a atividade antirradical livre. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.32, n.4, p. 1198-1205, 2010.

CAVALCANTI-MATA, M. E. R. C.; BRAGA, M. E. D.; SILVA, M. Curvas de congelamento de frutos de cajá (*Spondias lutea* L.) a temperaturas semi-criogênicas. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, n.1, p.55-62, 2003.

COELHO, R. R. P. **Protocolo de crioconservação de sementes de algodão (*Gossypium hirsutum* L. raça *Latifolium* Hutch.) cultivares BRS 200 marrom e BRS verde**. 2006. 89f. Tese (Doutorado em Agronomia), Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Agrárias, Areia (PB), 2006.

CIABOTTI, E. D. **Alterações das propriedades físico-químicas do suco de maracujá para diferentes técnicas de congelamento inicial ao longo do período da armazenagem frigorificada**. 2000. 107 f. Dissertação (Mestrado em Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2000.

DANTAS, R. L.; ROCHA, A. P. T.; ARAÚJO, A. S.; RODRIGUES, M. S. A.; MARANHÃO, T. K. L. Qualidade microbiológica de polpa de frutas comercializadas na cidade de Campina Grande, PB. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.14, n.2, p.125-130, 2012.

FEITOSA, R. M.; SILVA, R. C.; MELO, J. C. S.; LINS, A. D. F.; PÊ, P. R.; OLIVEIRA, S. N. Cinética de congelamento e difusividade térmica efetiva do feijão fava. **Revista Agropecuária Técnica**, v. 38, n. 3, p. 147-152, 2017.

FERNANDES, T. N.; RESENDE, J. V.; CRUVINEL, R. S. R.; RENO, M. J. Relação entre o comportamento reológico e a dinâmica do congelamento e descongelamento de polpa de morango adicionada de sacarose e pectina. **Ciência e Tecnologia Alimentar**, v. 30, n.1, p. 188-204, 2010.

FONSÊCA, P. A. Q. **Análise físico-química de polpas de frutas e avaliação dos seus padrões de identidade e qualidade**. 2012. 60f. Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal (RN). 2012.

GOLDFARB, M.; DUARTE, M. E. M.; CAVALCANTI MATA, M. E. R. M.; PIMENTEL, L. W.; SEVERINO, L. S. Cinética de congelamento criogênico de sementes de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.). **Engenharia Ambiental**. v. 7, n. 1, p. 195-203, 2010.

IAL - Instituto Adolfo Lutz. **Normas analíticas do IAL: métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 5.ed. São Paulo, 2008. 1020 p.

LIMA, T. L. S.; CAVALCANTE, C. L.; SOUSA, D. G.; SILVA, P. H. A.; ANDRADE SOBRINHO, L. G. Avaliação da composição físico-química de polpas de frutas comercializadas em cinco cidades do Alto Sertão paraibano. **Revista Verde de Agroecologia**, v. 10, n. 2, p. 49-55, 2015.

KASAHARA G., I.; GARRIDO B., F.; SIMPSON R., R.; ALDUNATE M., M.I.; CORNEJO F., F. Cinética de congelacion y propiedades termofísicas en dos especies de frutales menores. **In:** KASAHARA G., I. *Temas en transferencia de calor y propiedades termofísicas en: refrigeracion y congelacion de alimentos*. Santiago de Chile: Maval, 1986. cap. 4. p.81-109.

MAIA, J. D; TRAVÁLIA, B. M.; ANDRADE, T. A.; SILVA, G. K. C.; ANDRADE, J. K. S.; JÚNIOR, A. M. O.; MOREIRA, J. J. S. Desenvolvimento, avaliação físico-química, microbiológica e Sensorial de geleia de tamarindo. **GEINTEC**. v. 4, n. 1, p.632-641, 2014.

MOHSENIN, N. N. **Thermal properties of foods and agricultural materials**. New York, NY. Gordon and Breach Pub. Inc., 1980. 407p.

MUZAFFAR, K.; KUMAR, P. Effect of process parameters on extraction of pulp from tamarind fruit. **In:** MISHRA, G. C. *Conceptual frame work & innovations in agroecology and food sciences*. New Delhi: Krishi Sanskriti Publications, 2015. p. 65-67.

PATHARE, P.B.; OPARA, U.L.; AL-SAID, F.A-J. Colour measurement and analysis in fresh and processed foods. A review. **Food and Bioprocess Technology**, v.6, p. 36-60, 2013.

PEREIRA, C. G.; RESENDE, J. V.; GIAROLA, T. M. O. Relationship between the thermal conductivity and rheological behavior of acerola pulp: effect of concentration and temperature. **LWT - Food Science and Technology**, v. 58, n. 2, p. 446-453, 2014.

PITOMBO, R. M. N. A liofilização como técnica de conservação de material de pesquisa. **Ciência e Cultura**, v.41, n.5, p. 427-431, 1989.

SANTOS, E. H. F.; NETO, A. F.; DONZELI, V. P. Aspectos físico-químicos e microbiológicos de polpas de frutas comercializadas em Petrolina (PE) e Juazeiro (BA). **Brazilian Journal of Food Technology**. v. 19, e2015089, 2016.

SAMIRA, A.; WOLDETSADIK, K.; WORKNEH, T.S. Postharvest quality and shelf life of some hot pepper varieties. **Journal of Food Science and Technology**, v. 50, n. 5, p. 842-855, 2013.

SILVA, A. S.; GURJÃO, K. C. O.; ALMEIDA, F. A. C.; BRUNO, R. L. A.; PEREIRA, W. E. Desidratação da polpa de tamarindo pelo método de camada de espuma. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, p.1889-1905, 2008.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. The Assistat *Software* Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **African Journal Agriculture Research**, v.11, n.39, p.3733-3740, 2016.

SOARES, D. S. C.; SANTOS, J. T. S.; CAMPOS, A. F. P.; COSTA, F. S. C.; NUNES, T. P.; JÚNIOR, A. M. O. Avaliação do tempo de congelamento da mangaba (*Hancornia Speciosa* Gomes) em ultrafreezer através dos modelos matemáticos de Planck e Pham. **Sciencia Plena**, v. 8, n.4. 2012.

TRES, M. V.; BORGES, G. R.; CORAZZA, M. L.; ZAKRZEWSKI, C. A. Determinação da difusividade térmica de alimentos: medidas experimentais e simulação numérica. **Perspectiva**, v.35, n.131, p. 43-56, set. 2011.

## 5. CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE POLPA DE TAMARINDO SOB ARMAZENAMENTO CONGELADO

**Resumo:** O tamarindo é uma importante fonte alimentícia utilizado no preparo de sucos, sorvetes, licores e doces, no entanto, pouco se sabe sobre as características das polpas armazenadas a temperaturas de congelamento comercial. Em vista disso, objetivou-se com o presente trabalho avaliar o comportamento das polpas de tamarindo integral e formulada com maltodextrina a 10, 15 e 20%, mantidas a -18 °C em embalagens de polietileno de baixa densidade, avaliando-se os seguintes parâmetros físico-químicos: teor de água, acidez total titulável, pH, ácido ascórbico e cor (L, a\* e b\*), durante 75 dias. O experimento foi organizado em esquema fatorial 4 x 6 e os dados submetidos à análise de variância. Para o fator quantitativo, empregou-se a regressão linear ou polinomial, enquanto que, para o fator qualitativo, empregou-se, quando necessário, o teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ). De acordo com os resultados obtidos, as polpas de tamarindos apresentaram aumentos não significativos no teor de água e uma redução significativa da acidez durante o armazenamento congelado. De acordo com os valores de pH, as polpas foram caracterizadas como muito ácidas. O ácido ascórbico apresentou degradação de aproximadamente 50% do seu teor inicial e de acordo com os valores de L, a\* e b\*, as polpas apresentaram coloração escuras com intensidade vermelho-amarelada.

**Palavras-chave:** degradação do ácido ascórbico, embalagem, parâmetros físico-químicos

### 5.1. INTRODUÇÃO

O tamarindo (*Tamarindus indica* L.) é uma espécie pertencente à família *Fabaceae*, subfamília *Caesalpinoideae*, sendo originário da África Tropical, de onde se dispersou. No Brasil, as plantas são bem adaptadas e subespontâneas em vários Estados, como ocorre na região Nordeste (SOUSA et al., 2010). É uma planta arbórea, multiuso, sendo considerada importante fonte alimentícia. A polpa pode ser consumida *in natura* ou utilizada no preparo de sucos, sorvetes, licores e doces (FERREIRA et al., 2008).

A qualidade da polpa de frutas está relacionada à preservação dos nutrientes e às suas características físicas, químicas, microbiológicas e sensoriais, que devem ser próximas da fruta *in natura*, de forma a atender as exigências do consumidor e da legislação vigente. Tais

características não podem ser alteradas pelos equipamentos, utensílios, recipientes e embalagens utilizadas durante o seu processamento e comercialização (BATISTA et al., 2013).

Neste contexto, o congelamento é uma técnica de conservação que visa, principalmente, promover o retardamento das velocidades das diversas transformações de deterioração que ocorrem em alimentos, pela redução de sua temperatura a níveis compatíveis com o tempo de estocagem pretendido e, principalmente, com a labilidade do próprio produto. Ao contrário de outros métodos de conservação de alimentos, o congelamento é o único capaz de manter inalteradas as características sensoriais do produto fresco. A baixa temperatura diminui as atividades fisiológicas, bioquímicas e microbiológicas que ocasionam a deterioração e alteração das características próprias, incluindo textura, sabor, cor e valor nutritivo, que comprometem a qualidade (SAMIRA et al., 2011).

Trabalhos relacionados ao armazenamento a baixas temperaturas em frutas e polpas de frutas são facilmente encontrados na literatura, Palharini et al. (2015), avaliaram o efeito de diferentes temperaturas (2 a 25 °C) e tempos (9 dias) na conservação da amora-preta (*Rubus* spp.) relataram que a refrigeração constituiu eficiente alternativa para manter a qualidade dos frutos por até nove dias. Donadon et al. (2012), ao avaliarem a ocorrência de injúrias pelo frio em abacates ‘Hass’, armazenados em diferentes condições de tempo (7, 14 e 21 dias) e temperatura (5, 10 e 15 °C) observaram que os frutos armazenados mantiveram a aparência aceitável para o consumo por até 12 dias.

Castro et al. (2015), ao analisarem os parâmetros de qualidade de polpas de frutas comerciais congeladas a -18 °C durante 120 dias, verificaram variações sutis nos valores de cor (L, a\* e b\*), pH, acidez titulável, sólidos solúveis, ratio e ácido ascórbico entre as marcas e os períodos de coletas em todas as amostras analisadas. Brasil et al. (2016), avaliando a qualidade físico-química de polpas de frutas comerciais mantidas a -12 °C durante 90 dias verificaram que todas as marcas analisadas tiveram redução no teor de ácido ascórbico durante o armazenamento, sendo que nenhuma marca de polpa de acerola e apenas uma de caju apresentou este teor de acordo com o estabelecido pelo Padrão de Identidade e Qualidade.

No entanto, trabalhos sobre as características da polpa de tamarindo mantida a baixas temperaturas ainda são incipientes, em vista disso, objetivou-se com o presente trabalho avaliar o comportamento da polpa de tamarindo integral e formulada com 10, 15 e 20% de maltodextrina, quanto aos parâmetros físico-químicos, acondicionadas em embalagens de polietileno e armazenadas em temperatura de congelamento comercial.

## 5.2. MATERIAL E MÉTODOS

### 5.2.1. Local do experimento

O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas (LAPPA), da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande (PB).

### 5.2.2. Aquisição e Processamento da matéria-prima

Foi utilizada como matéria-prima tamarindos, safra 2017, adquiridos na zona rural do município de Juazeiro do Norte (CE). Os frutos foram selecionados de acordo com o grau de maturação, onde os mesmos apresentaram casca quebradiça e a polpa marrom-escura, adequados para o consumo e processamento. Em seguida, realizou-se a lavagem em água corrente e a sanitização por imersão em solução de hipoclorito de sódio (30 ppm) por 5 min, seguido por um enxague com água potável, drenando-se o excesso de água dos frutos e procedendo-se a separação manual da casca.

Os tamarindos descascados foram imersos em água destilada por 20 min, na proporção 1:1, para facilitar o desprendimento da polpa das sementes, sendo despulpados em despulpadeira (Laboremos DF 200). A polpa obtida foi homogeneizada com três formulações de maltodextrina (DE 10) nas concentrações de 10, 15 e 20%, definidas por pré-testes. A amostra controle e as formuladas foram envasados em embalagens plásticas transparentes de polietileno de baixa densidade, com capacidade para 250g de polpa, sendo posteriormente termosseladas.

### 5.2.3. Armazenamento das polpas

O armazenamento foi feito em *freezer* horizontal na temperatura fixa de -18 °C, usualmente utilizada na comercialização, durante 75 dias, sendo analisadas a cada 15 dias, a partir do tempo 0.

### 5.2.4. Análises físico-químicas

Foram realizadas as seguintes análises, em triplicata, nas polpas armazenadas: teor de água, determinado pelo método de secagem das amostras até peso constante, em estufa a 105°C; acidez total titulável (ATT), empregando a técnica de titulometria baseada na neutralização da amostra com a solução padronizada de hidróxido de sódio (NaOH) a 0,1 N; pH, determinado pelo método potenciométrico, através de medidor digital modelo TEC-2, do fabricante Tecnal, calibrado com soluções tampão de pH 4,0 e 7,0, ambos de acordo com metodologia descrita por IAL (2008); ácido ascórbico, determinada por titulometria com 2,6-diclorofenolindofenol de sódio padronizado da qual, utiliza o ácido oxálico como solução extratora, os resultados foram expressos em mg de ácido ascórbico por 100 g<sup>-1</sup> da amostra, conforme a metodologia de AOAC (2000); e cor, por leitura direta, utilizando o espectrofotômetro MiniScan HunterLab XE Plus, equipado com iluminante D65, ângulo de observação de 10° e calibrado com placa padrão branca e preta (X=80,5; Y= 85,3; Z=90,0) sendo realizadas as leituras dos seguintes parâmetros: L\* luminosidade, a\* transição da cor verde (-a\*) para o vermelho (+a\*), e b\* transição da cor azul (-b\*) para a cor amarela (+b\*).

#### 5.2.5. Análise estatística

O experimento foi organizado em Delineamento Inteiramente Casualizado, disposto em esquema fatorial 4 x 6 (tratamentos x tempo). Os dados obtidos foram submetidos à Análise de Variância. Para o fator quantitativo, empregou-se a regressão na Análise de Variância e para o fator qualitativo, empregou-se, quando necessário, o teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ), utilizando o programa Assistat versão 7.7 beta (SILVA & AZEVEDO, 2016).

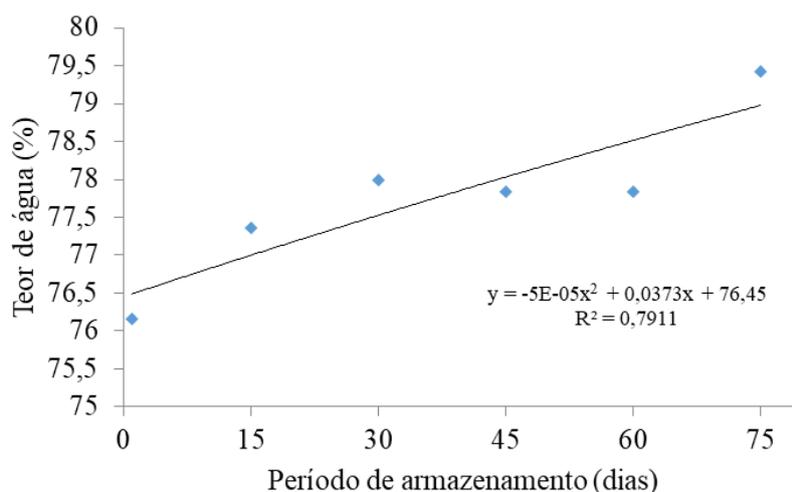
### 5.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 estão apresentados os valores para o teor de água em função da concentração de maltodextrina durante o armazenamento. Os tratamentos não apresentaram diferenças estatísticas entre si ao nível de 5% de significância. As médias quantificadas nesse estudo corroboram com as obtidas por Canuto et al. (2010), ao analisarem polpa de tamarindo proveniente da região Amazônica, cujo valor foi de 75%.

**Tabela 1.** Médias do teor de água das polpas de tamarindo com diferentes concentrações de maltodextrina nos diferentes períodos de armazenamento

| Concentrações (%) | Períodos de armazenamento (dias) |        |        |        |        |        |
|-------------------|----------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
|                   | 0                                | 15     | 30     | 45     | 60     | 75     |
| 0                 | 76,150                           | 77,350 | 77,983 | 77,820 | 77,823 | 79,410 |
| 10                | 69,987                           | 70,520 | 72,713 | 72,960 | 73,027 | 73,493 |
| 15                | 66,400                           | 67,907 | 67,000 | 67,443 | 67,443 | 68,280 |
| 20                | 64,137                           | 66,700 | 66,827 | 66,250 | 66,880 | 67,080 |

Na Figura 1 tem-se a representação gráfica dos valores médios do teor de água em função do tempo de armazenamento. A regressão polinomial de segundo grau apresentou um ajuste satisfatório podendo ser utilizada para predizer o comportamento deste parâmetro com o tempo.



**Figura 1.** Valores médios para teor de água das polpas de tamarindo ao longo de 75 dias de armazenamento

Percebeu-se que o teor de água apresentou um pequeno incremento de 3,80% ao final dos 75 dias de armazenamento, que pode ser devido à condensação do vapor d’água e da embalagem empregada para o acondicionamento das polpas (polietileno de baixa densidade).

Na Tabela 2 encontram-se os valores da acidez total titulável para as polpas de tamarindo integral e formuladas em função da concentração de maltodextrina, no qual é observada uma redução significativa deste parâmetro entre os tratamentos estudados. As médias quantificadas encontram-se acima das obtidos por Batista et al. (2013), ao avaliarem a

qualidade de polpas de frutas congeladas em uma agroindústria familiar no município de Dantas, MG, Brasil, onde os autores encontraram valores para a polpa do tamarindo de 0,33 (g (100g)<sup>-1</sup> ácido tartárico), e inferiores aos resultados obtidos por Canuto et al. (2010), ao caracterizarem polpas de frutas da Amazônia, encontrando acidez de 30,6 (g (100g)<sup>-1</sup> ácido cítrico) para esta mesma frutífera.

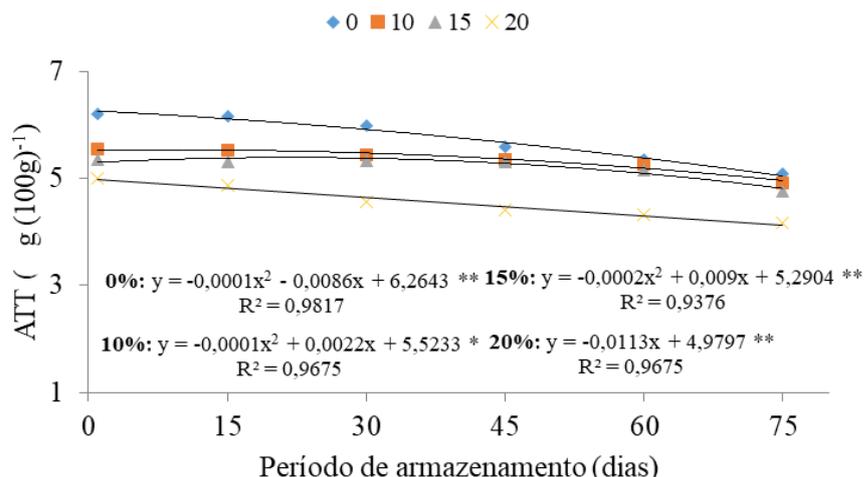
**Tabela 2.** Médias da acidez total titulável (g (100g)<sup>-1</sup>) das polpas de tamarindo com diferentes concentrações de maltodextrina nos diferentes períodos de armazenamento

| Concentrações (%) | Períodos de armazenamento (dias) |        |                    |         |        |         |
|-------------------|----------------------------------|--------|--------------------|---------|--------|---------|
|                   | 0                                | 15     | 30                 | 45      | 60     | 75      |
| 0                 | 6,208a                           | 6,169a | 5,982 <sup>a</sup> | 5,583a  | 5,354a | 5,079a  |
| 10                | 5,543b                           | 5,519b | 5,437b             | 5,354ab | 5,262a | 4,920ab |
| 15                | 5,347b                           | 5,313b | 5,338b             | 5,313b  | 5,160a | 4,766b  |
| 20                | 4,994c                           | 4,865c | 4,562c             | 4,403c  | 4,325b | 4,173c  |

\*Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ )

Na Figura 2 encontra-se o comportamento da acidez total titulável em função do tempo de armazenamento, em que a equação polinomial de segundo grau apresentou um bom ajuste para todos os tratamentos estudados, em especial, para a polpa integral de tamarindo, podendo ser utilizada de forma confiável para descrever o comportamento das amostras. Os modelos revelados para as polpas a 0, 15 e 20% foram significativos a 1% de probabilidade, ao passo que, na polpa a 10% mostrou significativa a 5% de probabilidade.

Observou-se um declínio de 18,19, 11,22, 10,88 e 16,44% para as amostras a 0, 10, 15 e 20%, respectivamente ao final do armazenamento, sendo esta característica atribuída à degradação dos ácidos orgânicos. Santos et al. (2014) ao avaliarem a influência do tempo de estocagem na qualidade de polpa de frutas tropicais comercializadas no Sudoeste da Bahia, relataram que os padrões de distribuição dos ácidos orgânicos sofreram alterações durante as condições de estocagem (-20 °C, durante 300 dias). Os ácidos cítrico, ascórbico e tartárico nos primeiros 50 dias apresentaram ordens decrescentes de concentração em cada uma das quatro polpas avaliadas (abacaxi, cacau, goiaba e umbu).



**Figura 2.** Valores para a ATT das polpas de tamarindo ao longo de 75 dias de armazenamento

Na Tabela 3 são apresentados os valores para o pH das polpas de tamarindo nos diferentes períodos de armazenamento e concentrações de maltodextrina, percebeu-se que as amostras não apresentam nenhum comportamento padrão de acordo com a variável estudada. Dependendo do valor de pH, os alimentos são classificados como: pouco ácidos (pH>4,5); ácidos (pH entre 4 e 4,5) e muito ácidos (pH<4) (VASCONCELOS & MELO FILHO, 2010).

A polpa de tamarindo, portanto, é um alimento muito ácido, o que é um fator importante na conservação devido à inibição e/ou redução do crescimento de certos microrganismos, entre os quais, bolores e leveduras.

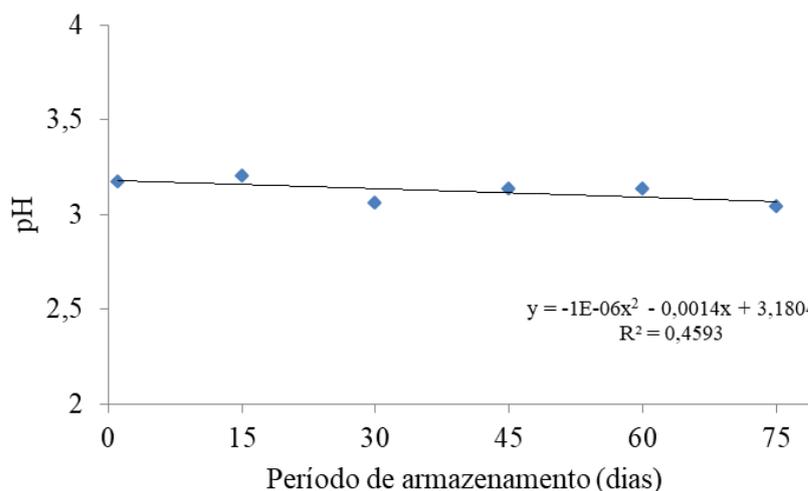
**Tabela 3.** Valores de pH das polpas de tamarindo com diferentes concentrações de maltodextrina nos diferentes períodos de armazenamento

| Concentrações (%) | Períodos de armazenamento (dias) |       |       |       |       |       |
|-------------------|----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                   | 0                                | 15    | 30    | 45    | 60    | 75    |
| 0                 | 3,360                            | 3,203 | 3,067 | 3,090 | 3,090 | 3,097 |
| 10                | 3,113                            | 3,203 | 3,057 | 3,113 | 3,113 | 3,049 |
| 15                | 3,153                            | 3,217 | 3,057 | 3,153 | 3,153 | 2,999 |
| 20                | 3,193                            | 3,190 | 3,087 | 3,193 | 3,193 | 3,042 |

Os resultados corroboram com Santos et al. (2016), cujo os valores variaram de 2,68 a 2,83 em diferentes marcas de polpas de tamarindo congeladas comercializadas em Petrolina (PE) e Juazeiro (BA), por Canuto et al. (2010), com média de 2,5, e por Silva et al. (2010),

avaliando os aspectos físico-químicos de polpas de fruta no interior do Ceará, onde a média para a polpa de tamarindo foi de 2,0.

Na Figura 3 encontra-se os valores médios para o pH em função do tempo de armazenamento. A equação polinomial de segunda ordem não apresentou um modelo ajustável, apesar de este parâmetro manter-se estável (pH 3,05 a 3,2), a curva correspondente apresentou uma tendência de declínio pouco acentuada.



**Figura 3.** Valores médios para o pH das polpas de tamarindo ao longo de 75 dias de armazenamento

Na Tabela 4 são apresentados os valores para o ácido ascórbico em função do tempo de armazenamento e da concentração de maltodextrina. Houve decréscimos estatísticos onde todos os tratamentos estudados diferiram entre si. Sabe-se que diversos fatores afetam a estabilidade do ácido ascórbico durante o armazenamento, incluindo o pH do meio, presença de oxigênio e de íons metálicos, e a temperatura (TARRAGO-TRANI et al., 2012; SPINOLA et al., 2013).

Os resultados obtidos encontram-se próximos aos de Silva et al. (2008), em polpa de tamarindo desidratada pelo processo *foam mat* a 70 °C, cuja média foi de 23,54 mg (100 g)<sup>-1</sup> de ácido ascórbico, enquanto que o valor da polpa fresca foi de 36,73 mg (100g)<sup>-1</sup>. E superiores à média obtida por Canuto et al. (2010), de 0,1 mg (100 g)<sup>-1</sup>.

Segundo Rufino et al. (2009), o teor deste composto pode variar entre diferentes regiões do País, em função de fatores como temperatura, intensidade de luz e conteúdo de umidade. Ainda segundo os mesmo autores, o processamento da polpa pode afetar bastante a concentração de ácido ascórbico, pesquisas feitas com o açaí, caju e murici apresentaram

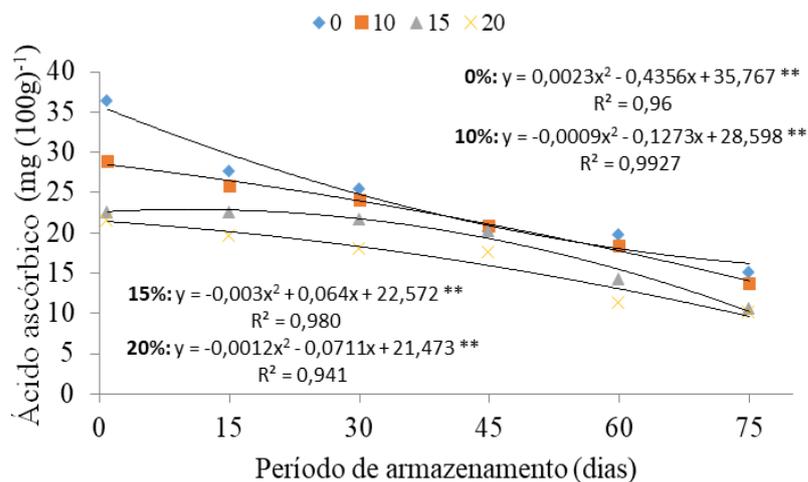
médias de 84, 190 e 148 mg (100 g)<sup>-1</sup> para o fruto, respectivamente, enquanto que as polpas apresentaram valores muito inferiores, a saber, 10, 12 e 0,3 mg (100 g)<sup>-1</sup>.

**Tabela 4.** Valores do ácido ascórbico (mg (100 g)<sup>-1</sup>) para as polpas de tamarindo com diferentes concentrações de maltodextrina nos diferentes períodos de armazenamento

| Concentrações (%) | Períodos de armazenamento (dias) |         |                     |         |         |         |
|-------------------|----------------------------------|---------|---------------------|---------|---------|---------|
|                   | 0                                | 15      | 30                  | 45      | 60      | 75      |
| 0                 | 36,498a                          | 27,627a | 25,480 <sup>a</sup> | 20,316a | 19,886a | 15,199a |
| 10                | 28,827b                          | 25,869b | 24,114b             | 20,893a | 18,389b | 13,693b |
| 15                | 22,662c                          | 22,638c | 21,772c             | 20,208a | 14,243c | 10,689c |
| 20                | 21,570d                          | 19,724d | 18,039d             | 17,596b | 11,339d | 10,179c |

\*Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (p ≤ 0,05)

Na Figura 4 encontram-se o comportamento para o teor de ácido ascórbico nas polpas de tamarindo. A equação polinomial de segundo ordem grau foi significativa a 1% de probabilidade e apresentou bons ajustes, em particular na polpa formulada a 10% de maltodextrina, podendo ser utilizada para descrever o comportamento das amostras durante o armazenamento de forma confiável. O decréscimo no teor foi de 58,36, 52,50, 52,83 e 52,81% para as polpas a 0, 10, 15 e 20%, respectivamente ao final dos 75 dias.



**Figura 2.** Teor de ácido ascórbico das polpas de tamarindo ao longo de 75 dias de armazenamento

Na Tabela 5 estão apresentadas as médias da luminosidade das amostras em função do armazenamento e da concentração de maltodextrina. O parâmetro L\* é uma medição da

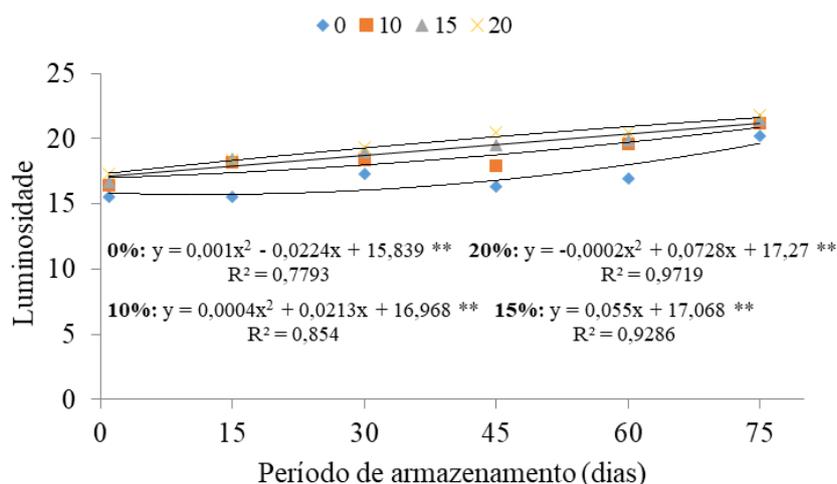
luminosidade, avaliando de maneira a estabelecer uma escala cinza, com valores entre preto (0) e branco (100) (PATHARE et al., 2013). Observou-se um aumento significativo com a concentração de maltodextrina, onde as polpas formuladas a 20% apresentaram maior luminosidade em relação à polpa integral, tal fato já era esperado uma vez que a adição de maltodextrina eleva os valores de L\* por ser um pó branco. Resultados semelhantes foram encontrados por Santos et al. (2016) ao avaliar a cor de quatro diferentes marcas de polpas de tamarindo comercializadas em Petrolina (PE) e Juazeiro (BA), encontraram valores para a luminosidade de 10,98 a 15,40.

**Tabela 5.** Médias para a luminosidade das polpas de tamarindo com diferentes concentrações de maltodextrina nos diferentes períodos de armazenamento

| Concentrações (%) | Períodos de armazenamento (dias) |         |                     |         |         |         |
|-------------------|----------------------------------|---------|---------------------|---------|---------|---------|
|                   | 0                                | 15      | 30                  | 45      | 60      | 75      |
| 0                 | 15,577c                          | 15,550b | 17,317c             | 16,323c | 16,977c | 20,243b |
| 10                | 16,453b                          | 18,187a | 18,940 <sup>a</sup> | 17,940b | 19,580b | 21,483a |
| 15                | 16,697b                          | 18,417a | 19,283 <sup>a</sup> | 19,500a | 19,813b | 21,813a |
| 20                | 17,277a                          | 18,370a | 19,283 <sup>a</sup> | 20,427a | 20,427a | 21,813a |

\*Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (p ≤ 0,05)

Na Figura 5 encontra-se o comportamento das amostras em relação à luminosidade nos diferentes tempos de armazenamento.



**Figura 3.** Valores da Luminosidade das polpas de tamarindo ao longo de 75 dias de armazenamento

As polpas apresentaram aumentos na luminosidade de 23,05, 22,18, 22,28 e 20,79% nas concentrações de 0, 10, 15 e 20%, respectivamente, ao final da estocagem. A equação polinomial de segundo grau foi aplicada nas amostras a 0, 10 e 20%, ao passo que a equação linear apresentou melhor ajuste para a polpa a 15%, sendo que ambas foram significativas ao nível de 1% de probabilidade, representando de forma confiável os dados experimentais.

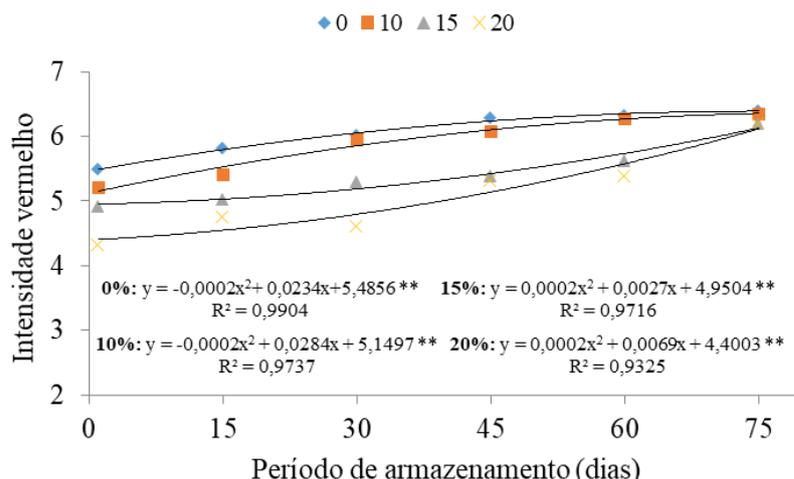
Na Tabela 6 encontram-se as médias da intensidade a\* em função da concentração de maltodextrina. Valores positivos correspondem à cor vermelha das amostras, que se tornam mais intensas com o aumento da concentração, exceto para o período de 75 dias, onde os tratamentos não apresentam diferenças significativas entre si.

**Tabela 6.** Médias para a intensidade vermelho (+a\*) das polpas de tamarindo com diferentes concentrações de maltodextrina nos diferentes períodos de armazenamento

| Concentrações (%) | Períodos de armazenamento (dias) |        |        |        |        |        |
|-------------------|----------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
|                   | 0                                | 15     | 30     | 45     | 60     | 75     |
| 0                 | 5,487a                           | 5,813a | 6,010a | 6,290a | 6,310a | 6,397a |
| 10                | 5,200b                           | 5,410b | 5,947a | 6,076a | 6,276a | 6,347a |
| 15                | 4,923c                           | 5,027c | 5,297b | 5,390b | 5,626b | 6,192a |
| 20                | 4,317d                           | 4,753d | 4,613c | 5,317b | 5,387c | 6,192a |

\*Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ )

Na Figura 6 têm-se os valores da intensidade vermelho em função do tempo de armazenamento. A equação polinomial de segundo grau apresentou bons ajustes, particularmente para a amostra integral, podendo ser utilizada para representar de forma confiável os dados experimentais. As amostras apresentaram aumentos significativos de 14,23, 18,07, 20,51 e 30,29% nas polpas a 0, 10, 15 e 20%, respectivamente ao final dos 75 dias.



**Figura 4.** Valores para a intensidade vermelho das polpas de tamarindo ao longo de 75 dias de armazenamento

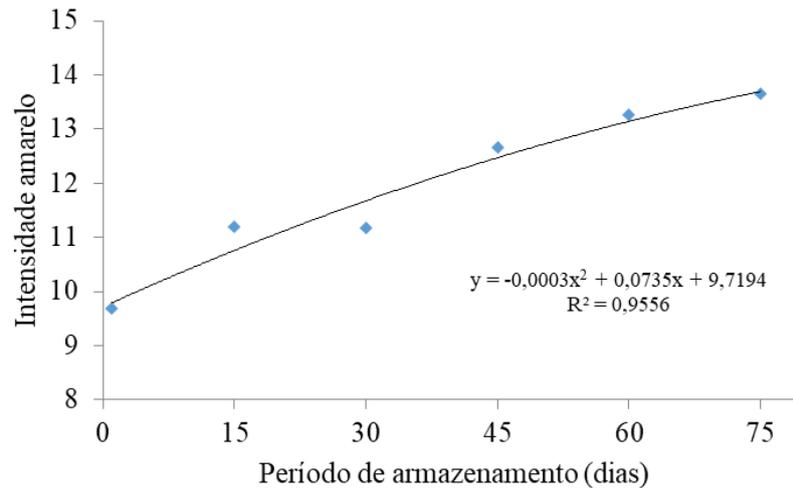
Na Tabela 7 encontram-se os valores da intensidade b\* nas polpas de tamarindo em função da concentração de maltodextrina. Valores positivos correspondem à cor amarela onde não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos a 5% de probabilidade. As médias quantificadas corroboram com Maia et al. (2014), ao encontrarem valores médios para a geleia de tamarindo de +a\* 3,9 e +b\*4,1, mostrando uma tendência para um produto vermelho-amarelado, condizente com os resultados obtidos no presente estudo.

**Tabela 7.** Médias para a intensidade amarelo das polpas de tamarindo com diferentes concentrações de maltodextrina nos diferentes períodos de armazenamento

| Concentrações (%) | Períodos de armazenamento (dias) |       |       |       |       |       |
|-------------------|----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                   | 0                                | 15    | 30    | 45    | 60    | 75    |
| 0                 | 6,883                            | 5,787 | 5,67  | 5,503 | 5,483 | 5,32  |
| 10                | 6,45                             | 5,55  | 5,303 | 5,277 | 5,117 | 5,013 |
| 15                | 5,813                            | 5,173 | 5,08  | 4,867 | 4,607 | 4,513 |
| 20                | 5,53                             | 5,03  | 4,857 | 4,52  | 4,23  | 4,173 |

\*Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ )

Na Figura 7 encontram-se os valores médios da intensidade amarelo em função do tempo de armazenamento. A equação polinomial de segundo grau apresentou um bom ajuste, podendo ser utilizada para representar de forma confiável os dados experimentais. As amostras apresentaram acréscimo de 22,32% ao final do período de armazenamento.



**Figura 5.** Valores médios para a intensidade amarelo das polpas de tamarindo ao longo de 75 dias de armazenamento.

#### 5.4. CONCLUSÕES

- Verifica-se que as polpas de tamarindos apresentam aumentos não significativos no teor de água durante o armazenamento congelado e que a acidez diminui devido à degradação dos ácidos orgânicos.
- De acordo com os valores de pH, as polpas são caracterizadas como muito ácidas, tal característica exerce grande importância na estabilidade microbiológica, visto que, alimentos de pH baixos são menos suscetíveis ao desenvolvimento microbiano.
- O ácido ascórbico apresenta degradação de aproximadamente 50% do seu teor inicial, este fato já era esperado, uma vez que esta vitamina é bastante lábil, mesmo a baixas temperaturas, como a utilizada neste estudo.
- De acordo com os valores de L, a\* e b\*, as polpas apresentam coloração escuras com intensidade vermelho-amarelada, tais parâmetros são influenciados pelas variáveis: concentração de maltodextrina e tempo de armazenamento.

#### 5.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS – AOAC. **Official methods of analysis of the Association of the Official Analysis Chemists.** 18th ed. Arlington: Association of Analytical Communities, 2005. 1141 p.

BATISTA, A. G. B.; OLIVEIRA, B. D.; OLIVEIRA, M. A.; GUEDES, T. J. G.; SILVA, D. F.; PINTO, N. A. V. D. Parâmetros de qualidade de polpas de frutas congeladas: uma abordagem para produção do agronegócio familiar no Alto Vale do Jequitinhonha. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, v. 7, n.4, p. 49-54, 2013.

BRASIL, A. S.; SIGARINI, K. S.; PARDINHO, F. C.; FARIA, R. A. P. G.; SIQUEIRA, N. F. P. Avaliação da qualidade físico-química de polpas de fruta congeladas comercializadas na cidade de Cuiabá-MT. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.38, n.1, p.167-175, 2016.

CANUTO, G.A.B.; XAVIER, A.A.O.; NEVES, L.C.; BENASSI, M.T. Caracterização físico-química de polpas de frutos da Amazônia e sua correlação com a atividade antirradical livre. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.32, n.4, p. 1198-1205, 2010.

CASTRO, T. M. N.; ZAMBONI, P. V.; DOVADONI, S.; CUNHA NETO, A.; RODRIGUES, L. J. Parâmetros de qualidade de polpas de frutas congeladas. Parâmetros de qualidade de polpas de frutas congeladas. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v.74, n. 4, p. 426-436, 2015.

DONADON, J. R., DURIGAN, J. F.; MORGADO, C. M. A.; SANTOS, L. O. Armazenamento refrigerado de abacates ‘hass’. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, n. 4, p. 981-989, 2012.

FERREIRA, E.A.; MENDONÇA, V.; SOUZA, H. A.; RAMOS, J. D. Adubação fosfatada e potássica na formação de mudas de tamarindeiro. **Scientia Agraria**, v.9, n.4, p.475-480, 2008.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ – IAL. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4. ed. Brasília: Ministério da Saúde, 2008. 1000 p.

MAIA, J. D; TRAVÁLIA, B. M.; ANDRADE, T. A.; SILVA, G. K. C.; ANDRADE, J. K. S.; JÚNIOR, A. M. O.; MOREIRA, J. J. S. Desenvolvimento, avaliação físico-química, microbiológica e Sensorial de geleia de tamarindo. **GEINTEC**, v 4, n.1, p.632-641, 2014.

PALHARINI, M. C. A.; FISCHER, I. H.; VEGIAN, M. R. C.; FILET, M. S.; MONTES, S. M. N. M. Efeito da temperatura de armazenamento na conservação pós-colheita de amora-preta. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 45, n. 4, p. 413-419, 2015

PATHARE, P.B.; OPARA, U.L.; AL-SAID, F.A-J. Colour measurement and analysis in fresh and processed foods. A review. **Food and Bioprocess Technology**, v.6, p. 36-60, 2013.

RUFINO, M.S.M.; FERNANDES, F.A.N.; ALVES, R.E.; BRITO, E.S. Free radical-scavenging behaviour of some north-east Brazilian fruits in a DPPH system. **Food Chemistry**, v.114, n.2, p.693-695, 2009.

SANTOS, J. S.; SANTOS, M. L. P.; AZEVEDO, A. S. Validação de um método para determinação simultânea de quatro ácidos orgânicos por cromatografia líquida de alta eficiência em polpas de frutas congeladas. **Química Nova**, v. 37, n. 3, p. 540-544, 2014.

SANTOS, E. H. F.; NETO, A. F.; DONZELI, V. P. Aspectos físico-químicos e microbiológicos de polpas de frutas comercializadas em Petrolina (PE) e Juazeiro (BA). **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 19, e2015089, 2016.

SAMIRA, A.; WOLDETSADIK, K.; WORKNEH, T. S. Postharvest quality and shelf life of some hot pepper varieties. **Journal of Food Science and Technology**, v. 50, n. 5, p. 842-855, 2011.

SILVA, A. S.; GURJÃO, K. C. O.; ALMEIDA, F. A. C.; BRUNO, R. L. A.; PEREIRA, W. E. Desidratação da polpa de tamarindo pelo método de camada de espuma. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n 6, p.1889-1905, 2008.

SILVA, V. K. L.; FIGUEIREDO, R. W.; BRITO, E. S.; MAIA, G. A.; SOUSA, P. H. M.; FIGUEIREDO, E. A. T. Estabilidade de polpa de bacuri. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, n. 5, p. 1293-1300, 2010.

SILVA, F.A. S.; AZEVEDO, C. A. V. The Assistat *Software* Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **African Journal Agricultural Research**, v.11, n.39, p.3733-3740, 2016.

SOUSA, D. M. M.; BRUNO, R. L. A.; DORNELAS, C. S. M.; ALVEZ, E. U.; ANDRADE, A. P.; NASCIMENTO, L. C. Caracterização morfológica de frutos e sementes e desenvolvimento pós-seminal de *Tamarindus indica L.* - Leguminosae: Caesalpinioideae. **Revista Árvore**, v.34, n.6, p.1009-1015, 2010.

SPINOLA, V.; BERTA, B.; CÂMARA, J. S.; CASTILHO, P. C. Effect of Time and Temperature on Vitamin C Stability in Horticultural Extracts. UHPLC-PDA vs. Iodometric Titration as Analytical Methods. **LWT - Food Science and Technology**, v. 50, n. 2, p. 489-495, 2013.

TARRAGO-TRANI, M. T.; PHILLIPS, K. M.; COTTY, M. Matrix-Specific Method Validation for Quantitative Analysis of Vitamin C in Diverse Foods. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 26, n. 1-2, p. 12-25, 2012.

VASCONCELOS, M. A. S.; MELO FILHO, A. B. **Conservação dos Alimentos**. Recife: EDUFRRPE, 2010, 130 p.

## 6. CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA POLPA DE TAMARINDO LIOFILIZADA DURANTE O ARMAZENAMENTO

**Resumo:** A liofilização é uma das técnicas de secagem que melhor preserva os componentes dos alimentos, em vista disso, objetivou-se com o presente trabalho estudar a estabilidade de polpas de tamarindo em pó armazenadas em embalagens laminadas por 75 dias sob condições ambientais (25 °C e 75% UR). Os tamarindos foram higienizados, despulpados e homogeneizados com três diferentes concentrações de maltodextrina (10, 15 e 20%), as polpas formuladas foram congeladas por 48 horas (-30 °C) e posteriormente liofilizadas para obtenção dos pós. Os seguintes parâmetros físico-químicos foram avaliados: teor de água, atividade de água, acidez, pH, ácido ascórbico e cor (L, a\* e b\*). O experimento foi organizado em esquema fatorial 3 x 6 e os dados submetidos à análise de variância. Para o fator quantitativo, empregou-se a regressão linear ou polinomial, enquanto que, para o fator qualitativo, empregou-se, quando necessário, o teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ). De acordo com os resultados obtidos, os pós apresentaram incrementos no teor de água e foram classificados como não perecíveis de acordo com as médias da atividade de água. A acidez total titulável diminuiu e o pH aumentou durante o armazenamento, sendo considerados como alimentos “muito ácidos”, tal característica é de extrema importância na preservação, pois inibe o crescimento de certos tipos de microorganismos. O teor de ácido ascórbico reduziu em até 36,29% ao final do armazenamento, o que está associado com a secagem, tempo, temperatura e embalagem utilizada. Com relação à cor, as amostras apresentaram escurecimento e diminuição da intensidade vermelho-amarelo.

**Palavras-chave:** embalagem laminada, condições ambientais, maltodextrina

### 6.1. INTRODUÇÃO

O tamarindeiro (*Tamarindus indica* L.) pertence à família das *Fabáceas*, subfamília *Caesalpinoideae*, sendo originário da África Tropical, de onde se dispersou. É encontrado em várias regiões brasileiras, adaptado aos diversos estados, e plantado dispersadamente, sendo considerado fruto típico. A árvore é ideal para regiões semiáridas, tolerando de 5 a 6 meses de condições de seca, mas não sobrevive em baixas temperaturas (SOUSA et al., 2010; PEREIRA et al., 2007).

A comercialização do tamarindo é geralmente realizada em feiras livres, no entanto, por serem perecíveis e de cascas frágeis, as frutas têm sua comercialização *in natura* dificultada a grandes distâncias. Nesse contexto, a secagem é um método de conservação especialmente vantajoso para uso em polpas de frutas, uma vez que quando secas tem sua massa e volume muito reduzidos, diminuindo proporcionalmente os custos com embalagem, transporte e armazenamento, bem como, torna possível o armazenamento em temperatura ambiente por reduzir a atividade de água, minimizando as degradações químicas, bioquímicas e microbiológicas (DOYMAZ & ISMAIL, 2011; SANTOS et al., 2012; SANTOS et al., 2013; DIÓGENES et al., 2013).

A liofilização é conhecida como o processo de secagem que oferece produtos de elevada qualidade. A ausência de água líquida e as baixas temperaturas envolvidas no processo minimizam a migração de sólidos solúveis no interior do material, inibe reações de alterações químicas, favorece a retenção de componentes aromáticos voláteis e a estrutura porosa do material seco facilita sua rápida reidratação (RATTI, 2001).

Apesar das garantias propostas pela secagem, é através do monitoramento do produto embalado que se permite ter acesso às reais condições do alimento antes do consumo. A embalagem em que os produtos secos são acondicionados é um dos fatores que garantem a qualidade do produto durante o armazenamento e transporte, podendo ser considerada a ferramenta mais simples e viável de fornecer informações sobre a integridade do alimento em questão (ALEXANDRE et al., 2014; OLIVEIRA et al., 2015).

Diante do exposto, objetivou-se com o trabalho estudar a estabilidade das polpas de tamarindo em pó, produzidas pelo método de secagem por liofilização, armazenadas em embalagens laminadas durante 75 dias, sob condições ambientais, monitorando-se os parâmetros físicos e químicos no tempo inicial e a cada 15 dias de estocagem.

## **6.2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **6.2.1. Local do experimento**

O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas (LAPPA), da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande (PB).

### **6.2.2. Aquisição e Processamento da matéria-prima**

Foi utilizada como matéria-prima tamarindos, safra 2017, adquiridos na zona rural do município de Juazeiro do Norte (CE). Os frutos foram selecionados de acordo com o grau de maturação, onde os mesmos apresentaram casca quebradiça e a polpa marrom-escura, adequados para o consumo e processamento. Em seguida, realizou-se a lavagem em água corrente e a sanitização por imersão em solução de hipoclorito de sódio (30 ppm) por 5 min, seguido por um enxague com água potável, drenando-se o excesso de água dos frutos e procedendo-se a separação manual da casca.

Os tamarindos descascados foram imersos em água destilada por 20 min, na proporção 1:1, para facilitar o desprendimento da polpa das sementes, sendo despulpados em despulpadeira (Laboremos DF 200). A polpa obtida foi homogeneizada com três formulações de maltodextrina (DE 10) nas concentrações de 10, 15 e 20%, definidas por pré-testes.

Para a secagem, utilizou-se um liofilizador de bancada, modelo L101 da Liotop Brasil, operando de acordo com as seguintes condições: temperatura de secagem,  $-51^{\circ}\text{C}$ ; pressão, 116  $\mu\text{Hg}$ ; vácuo, 214 Vca. A secagem das amostras foi conduzida por 72 h, sendo posteriormente desintegradas com o auxílio de almofariz e pistilo, acondicionadas em embalagens laminadas e mantidas dentro de dessecadores com sílica gel, sob condições ambientais ( $25^{\circ}\text{C}$  e UR 75%), durante 75 dias sendo analisadas a cada 15 dias, a partir do tempo 0.

### 6.2.3. Análises físico-químicas

Foram realizadas as seguintes análises, em triplicata, nas polpas formuladas liofilizadas: teor de água, determinado pelo método de secagem das amostras até peso constante, em estufa a  $105^{\circ}\text{C}$ ; acidez total titulável (ATT), empregando-se a técnica de titulometria baseada na neutralização da amostra com a solução padronizada de hidróxido de sódio (NaOH) a 0,1 N e o resultado expresso em % ácido tartárico; pH, determinado pelo método potenciométrico, através de medidor digital modelo TEC-2, do fabricante Tecnal, calibrado com soluções tampão de pH 4,0 e 7,0, ambos de acordo com metodologia descrita por IAL (2008); ácido ascórbico, determinada por titulometria com 2,6-diclorofenolindofenol de sódio padronizado da qual, utiliza o ácido oxálico como solução extratora, os resultados foram expressos em  $\text{mg (100g)}^{-1}$  de ácido ascórbico, conforme a metodologia de AOAC (2005); atividade de água, por leitura direta em Aqualab (Decagon), a  $25^{\circ}\text{C}$ ; e cor, por leitura direta, utilizando o espectrofotômetro MiniScan HunterLab XE Plus, equipado com iluminante D65, ângulo de observação de  $10^{\circ}$  e calibrado com placa padrão branca e preta ( $X = 80,5$ ;  $Y =$

85,3; Z = 90,0) sendo realizadas as leituras dos seguintes parâmetros: L\* luminosidade, a\* transição da cor verde (-a\*) para o vermelho (+a\*), e b\* transição da cor azul (-b\*) para a cor amarela (+b\*).

#### 6.2.4. Análise estatística

O experimento foi organizado em Delineamento Inteiramente Casualizado, disposto em esquema fatorial 3 x 6 (tratamento x tempo). Os dados obtidos foram submetidos à Análise de Variância. Para o fator quantitativo, empregou-se a regressão na Análise de Variância e para o fator qualitativo, empregou-se, quando necessário, o teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ), utilizando o programa Assistat versão 7.7 beta (SILVA & AZEVEDO, 2016).

### 6.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 encontram-se as médias do teor de água das polpas liofilizadas em função da concentração de maltodextrina. Sobre este parâmetro, perceberam-se reduções significativas entre as amostras, exceto para os tempos 15, 30 e 60 dias nas formulações a 15 e 20%, que foram estatisticamente iguais a 5% de probabilidade. A polpa formulada em pó a 10% diferiu estatisticamente das demais para todos os períodos de armazenamento, apresentando os maiores valores.

**Tabela 1.** Médias do teor de água das polpas de tamarindo formuladas com maltodextrina nos diferentes períodos de armazenamento

| Concentrações (%) | Períodos de armazenamento (dias) |                     |         |         |         |         |
|-------------------|----------------------------------|---------------------|---------|---------|---------|---------|
|                   | 0                                | 15                  | 30      | 45      | 60      | 75      |
| 10                | 12,061a                          | 13,780 <sup>a</sup> | 13,397a | 13,921a | 14,765a | 15,604a |
| 15                | 10,603b                          | 11,183b             | 11,160b | 12,647b | 13,247b | 14,633b |
| 20                | 9,673c                           | 10,810b             | 10,973b | 11,537c | 12,733b | 12,777c |

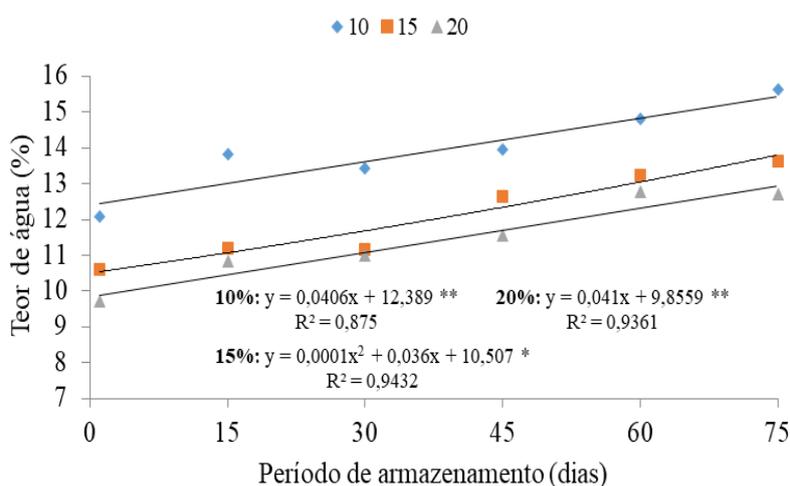
\*Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ )

As médias quantificadas corroboram com Oliveira et al. (2015), ao estudarem a estabilidade da polpa em pó do mandacaru (*Cereus jamacaru*), formuladas com 10% maltodextrina (DE 10 e 14), secas por aspersão e mantidas em embalagens laminadas (50 dias, 25 °C e UR 57,7%), em que, os autores observaram que o teor de água das amostras

variou de 6,07 a 12,30% (DE 10) e 6,77 a 13,09% (DE 14) o que representa um aumento de 102,57 e 93,33%, respectivamente.

Lisbôa et al. (2012), também verificaram o mesmo comportamento no teor de água do figo-da-índia em pó, seco em camada de espuma, acondicionado em embalagens laminadas e armazenados nas temperaturas de 25 e 40 °C e umidades relativas de 55 e 83%. Na umidade relativa de 55% o teor de água das amostras apresentou aumentos entre 128 e 141% ao final dos 100 dias de armazenamento para as temperaturas estudadas, enquanto que, na umidade relativa de 83%, os aumentos de teor de água variaram entre 128 e 135%.

Na Figura 1 tem-se o comportamento do teor de água das amostras com relação ao tempo de armazenamento, onde os incrementos neste parâmetro foram de 29,38, 28,58 e 31,05% para as polpas liofilizadas a 10, 15 e 20% de maltodextrina, respectivamente. A análise estatística indicou diferenças significativas entre os valores com a progressão do tempo, neste caso, podemos constatar que a embalagem laminada não impediu a absorção de água do ambiente, no entanto, a qualidade do produto não foi influenciada nem tampouco houve crescimento fungico ao final dos 75 dias. Os coeficientes de determinação das equações linear (10 e 20%) e polinomial de segunda ordem (15%) indicaram bons ajustes, representando de forma confiável os dados experimentais.



**Figura 1.** Valores do teor de água das polpas de tamarindo formuladas ao longo de 75 dias de armazenamento

Na Tabela 2 encontram-se as médias referentes à atividade de água das amostras em função da concentração de maltodextrina. Observou-se que a adição do coajuvante influenciou significativamente na redução deste parâmetro, onde todos os tratamentos

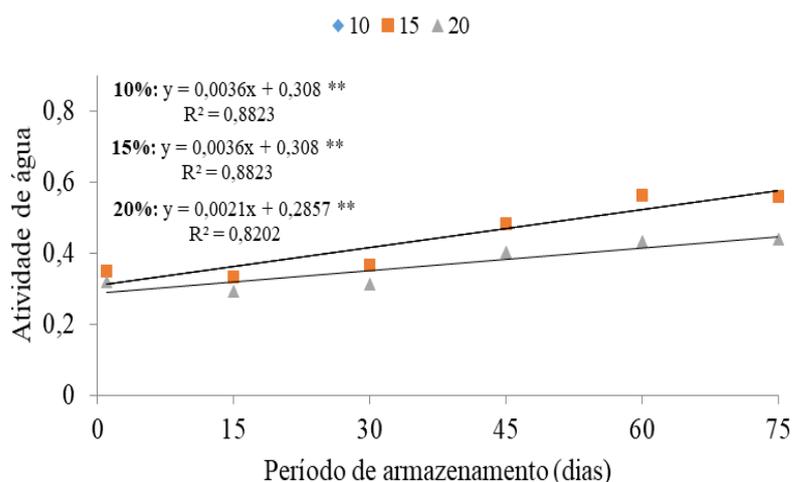
apresentaram diferenças estatísticas entre si. De acordo com a classificação dada por Azeredo (2012), as polpas formuladas em pó caracterizam-se como um produto não perecível ( $A_w < 0,85$ ), isto influi na estabilidade e conservação do produto durante o armazenamento.

**Tabela 2.** Médias da atividade de água das polpas de tamarindo formuladas com maltodextrina nos diferentes períodos de armazenamento

| Concentrações (%) | Períodos de armazenamento (dias) |                    |        |        |        |        |
|-------------------|----------------------------------|--------------------|--------|--------|--------|--------|
|                   | 0                                | 15                 | 30     | 45     | 60     | 75     |
| 10                | 0,350a                           | 0,333 <sup>a</sup> | 0,367a | 0,482a | 0,561a | 0,560a |
| 15                | 0,330b                           | 0,303b             | 0,330b | 0,450b | 0,470b | 0,470b |
| 20                | 0,320c                           | 0,293c             | 0,311c | 0,401c | 0,431c | 0,440c |

\*Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ )

Na Figura 2 tem-se o comportamento da atividade de água em função do tempo de armazenamento, onde é verificado incrementos de 40,54, 35,94 e 33,41% nas polpas formuladas a 10, 15 e 20%, respectivamente devido à adsorção de água, mostrando serem produtos de higroscopicidade acentuada. A equação linear foi significativa a 1% de probabilidade e apresentou ajustes satisfatórios, podendo representar de forma confiável os dados experimentais, percebeu-se ainda que as curvas a 10 e 15% apresentaram sobreposição, não diferindo estatisticamente entre si durante o período de 75 dias.



**Figura 2.** Valores para a atividade de água das polpas de tamarindo formuladas ao longo de 75 dias de armazenamento

O aumento da atividade de água é comum durante o armazenamento em embalagens que não sejam totalmente impermeáveis. A importância de escolher uma embalagem eficiente contra a passagem da água se dá, principalmente, pela necessidade de manter as condições desfavoráveis ao desenvolvimento microbiano.

Segundo Melo Filho & Vasconcelos (2011), a velocidade de crescimento dos microrganismos diminui com a menor atividade de água, podendo até sofrer paralisação completa em atividades de água menor que 0,6, com variação mínima de acordo com o tipo de microrganismo. Resultados similares aos encontrados foram obtidos por Lisbôa et al. (2015), ao secar o figo-da-india em camada de espuma (0,5% de Super Liga Neutra, 2% de Emustab e 5% de extrato de soja), no qual, ocorreram aumentos de 0,311 a 0,358 (25 °C e UR 55%), 0,311 a 0,391 (40 °C e UR 55%), 0,311 a 0,377 (25 °C e UR 83%) e 0,311 a 0,460 (40 °C e UR 83%); e por Oliveira et al. (2015), em que a atividade de água na polpa em pó do mandacaru aumentou de 0,313 a 0,349 (DE 10) e 0,319 a 0,351 (DE 14) ao longo de 50 dias.

Na Tabela 3 têm-se as médias da acidez total titulável para as polpas de tamarindo liofilizadas em função da concentração de maltodextrina. Observam-se decréscimos significativos deste parâmetro entre as amostras, exceto no período de 30 dias, onde as formulações a 15 e 20% não apresentaram diferenças estatísticas entre si.

**Tabela 3.** Médias da acidez total titulável (g (100g)<sup>-1</sup>) das polpas de tamarindo formuladas com maltodextrina nos diferentes períodos de armazenamento

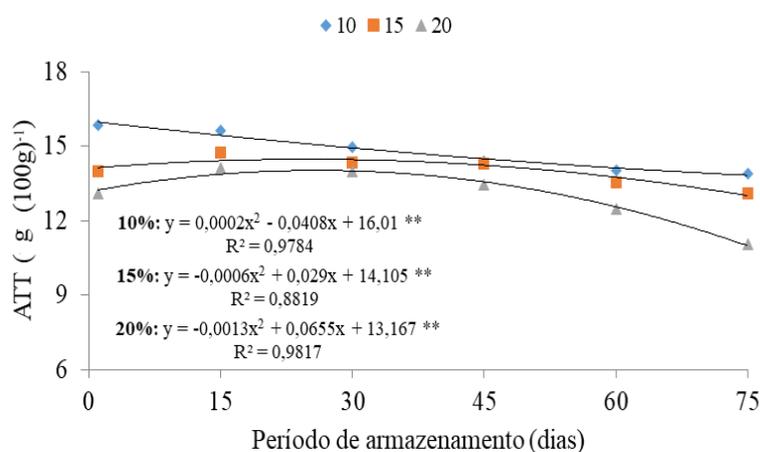
| Concentrações (%) | Períodos de armazenamento (dias) |                     |         |         |         |         |
|-------------------|----------------------------------|---------------------|---------|---------|---------|---------|
|                   | 0                                | 15                  | 30      | 45      | 60      | 75      |
| 10                | 15,853a                          | 15,612 <sup>a</sup> | 14,960a | 14,401a | 14,023a | 13,904a |
| 15                | 13,970b                          | 14,723b             | 14,320b | 14,293a | 13,550b | 13,120b |
| 20                | 13,083c                          | 14,137c             | 13,966b | 13,473b | 12,480c | 11,065c |

\*Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (p ≤ 0,05)

Na Figura 3 encontra-se o comportamento da acidez total titulável em função do tempo de armazenamento. A regressão polinomial de segunda ordem apresentou significância a 1% de probabilidade e bons ajustes para descrever o comportamento das amostras. Durante o armazenamento, as reduções foram de 12,29, 6,11 e 15,41% para as polpas a 10, 15 e 20%, respectivamente. Supõe-se que tal decréscimo deva-se, em parte, ao incremento do teor de água adsorvido. Resultados parecidos foram obtidos por Alexandre et al. (2014), ao estudarem o armazenamento da pitanga em pó obtida pela secagem em camada de espuma acondicionada em embalagens flexíveis e armazenadas a temperatura e umidade relativa

ambiente, em que os autores verificaram uma tendência de redução no teor de ácido cítrico, com diferenças significativas entre os tempos inicial e final de armazenamento (60 dias).

Já para Oliveira et al. (2015), as amostras de polpa em pó de mandacaru adicionadas de maltodextrina (DE 10 e 14) mantiveram-se estáveis durante o tempo de armazenamento, bem como, Silva et al. (2008), ao estudarem a secagem de polpa de tamarindo em camada de espuma, não verificaram diferença estatística para o teor de acidez em ácido cítrico nas amostras secas nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80 °C em estufa com circulação forçada de ar com altura da camada de espuma de 0,5 cm.



**Figura 3.** Valores para a acidez total titulável das polpas de tamarindo formuladas ao longo de 75 dias de armazenamento

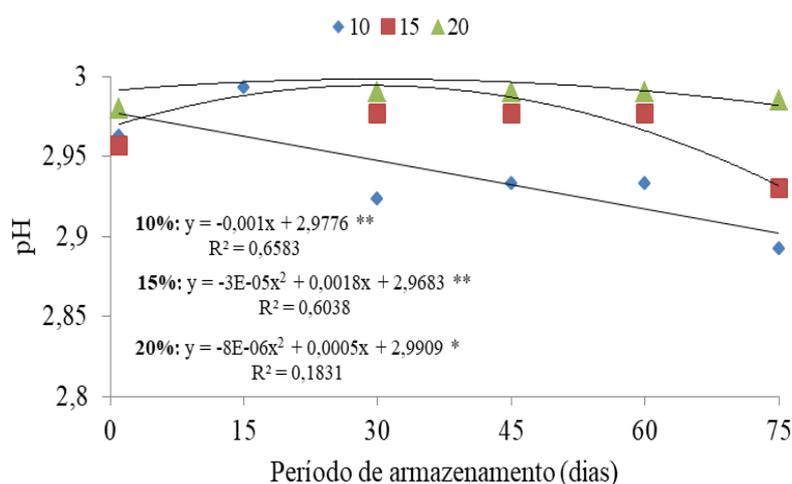
Na Tabela 4 encontra-se as médias dos valores de pH das polpas de tamarindo com relação à concentração de maltodextrina. Observa-se que, de uma maneira geral, a polpa formulada a 10% apresentou as menores médias, indicando ser mais ácida, de acordo com a escala de pH. Dependendo do valor de pH, os alimentos são classificados como: pouco ácidos (pH > 4,5), ácidos (pH entre 4 e 4,5) e muito ácidos (pH < 4) (VASCONCELOS & MELO FILHO, 2010). As polpas formuladas em pó, portanto, são alimentos considerados “muito ácidos” o que é um fator importante na conservação, devido à inibição do crescimento de certos microrganismos, entre os quais, bolores e leveduras.

**Tabela 4.** Médias do pH das polpas de tamarindo formuladas com maltodextrina nos diferentes períodos de armazenamento

| Concentrações (%) | Períodos de armazenamento (dias) |       |       |       |       |       |
|-------------------|----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                   | 0                                | 15    | 30    | 45    | 60    | 75    |
| 10                | 2,963                            | 2,993 | 2,923 | 2,923 | 2,923 | 2,893 |
| 15                | 2,957                            | 3,020 | 2,977 | 2,977 | 2,977 | 2,930 |
| 20                | 2,980                            | 3,020 | 2,990 | 2,990 | 2,990 | 2,985 |

\*Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ )

Na Figura 4 tem-se o comportamento do pH em função do tempo de armazenamento. Ocorreram incrementos de 3,37, 2,91 e 1,16% nas amostras a 10, 15 e 20%, respectivamente. As equações utilizadas não apresentaram um modelo ajustável. O aumento do pH já era esperado, uma vez que os valores de acidez diminuíram e sabe-se que estes parâmetros físico-químicos apresentam comportamento inverso. Resultados semelhantes foram encontrados por Alexandre et al. (2014), durante o armazenamento da polpa da pitanga em pó, em que os autores observaram que o pH difere estatisticamente entre o tempo inicial (zero) e o tempo final (60 dias) com tendência de aumento nos valores a partir dos 30 dias.



**Figura 4.** Valores para o pH das polpas de tamarindo formuladas ao longo de 75 dias de armazenamento

Na Tabela 5 tem-se o teor de ácido ascórbico das polpas formuladas de tamarindo em função da concentração de maltodextrina. De uma maneira geral, percebe-se um comportamento de decréscimo deste teor com o aumento da concentração. As médias

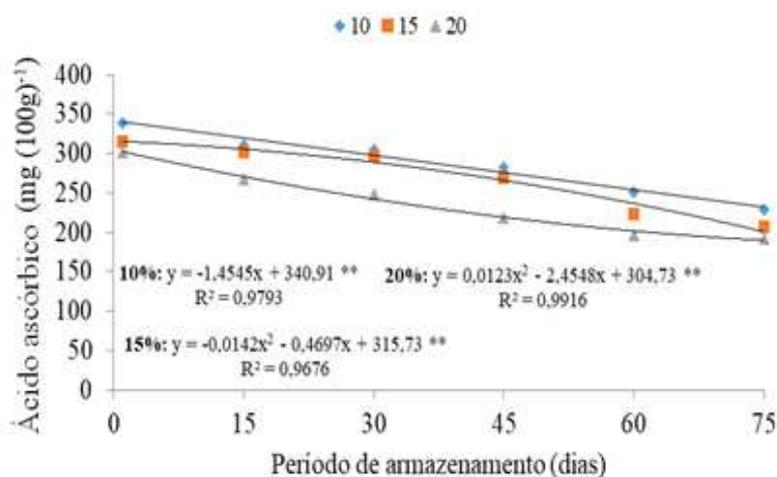
quantificadas encontram-se superiores às obtidas por Silva et al. (2008) avaliando o efeito da temperatura no teor de ácido ascórbico em polpas de tamarindo desidratadas em camada de espuma, de 19,20 a 39,45 mg (100g)<sup>-1</sup>.

**Tabela 5.** Médias do teor de ácido ascórbico (mg (100g)<sup>-1</sup>) das polpas de tamarindo formuladas com maltodextrina nos diferentes períodos de armazenamento

| Concen-<br>trações<br>(%) | Períodos de armazenamento (dias) |          |          |          |          |          |
|---------------------------|----------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
|                           | 0                                | 15       | 30       | 45       | 60       | 75       |
| 10                        | 339,386a                         | 311,177a | 304,412a | 281,971a | 251,197a | 228,600a |
| 15                        | 314,325b                         | 302,265a | 297,415a | 268,724b | 222,963b | 207,395b |
| 20                        | 302,217c                         | 268,010b | 247,723b | 219,100c | 196,024c | 192,553c |

\*Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (p ≤ 0,05)

Na Figura 5 encontra-se o teor de ácido ascórbico em função do tempo de armazenamento. As equações utilizadas na regressão apresentaram bons ajustes e significância a 1% de probabilidade. A redução deste parâmetro com o tempo foi de 32,64, 34,04 e 36,29% para as polpas a 10, 15 e 20% de maltodextrina, respectivamente. Para Moreira et al. (2011), o teor de ácido ascórbico são, após o processo de desidratação, dependente do método empregado, do tempo de estocagem e da embalagem utilizada, tais fatores podem ter contribuído para sua redução através de reações de oxidações e químicas.



**Figura 5.** Valores para teor de ácido ascórbico das polpas de tamarindo formuladas ao longo de 75 dias de armazenamento

Resultados próximos aos obtidos foram observados no trabalho de Oliveira et al. (2015), para a polpa em pó do mandacaru, em que a quantidade de ácido ascórbico apresentou tendência de diminuição com o tempo de armazenamento, a redução entre o tempo inicial e o tempo final atingiu 23,41% (DE = 10) e 26,58% (DE = 14). Moraga et al. (2012), avaliando a estabilidade dos compostos fitoquímicos do pó de grapefruit (toranja) liofilizado em função da umidade relativa após 3 e 6 meses de armazenamento, também perceberam decréscimo no teor de ácido ascórbico, sendo esta redução maior quanto maior a umidade relativa.

Na Tabela 6 encontram-se a média referente à luminosidade das polpas de tamarindo com relação à concentração de maltodextrina. Observou-se que, o aumento da concentração eleva significativamente os valores da luminosidade, tornando as polpas mais claras. O valor da luminosidade (L\*) é um indicador de escurecimento que pode ser ocasionado tanto por reações oxidativas quanto pelo aumento da concentração de pigmentos (KADER, 2010).

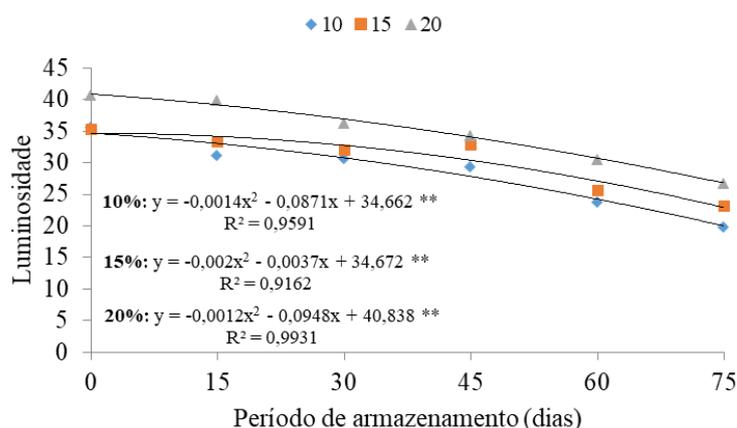
**Tabela 6.** Médias da luminosidade das polpas de tamarindo formuladas com maltodextrina nos diferentes períodos de armazenamento

| Concen-<br>trações<br>(%) | Períodos de armazenamento (dias) |                     |         |         |         |         |
|---------------------------|----------------------------------|---------------------|---------|---------|---------|---------|
|                           | 0                                | 15                  | 30      | 45      | 60      | 75      |
| 10                        | 35,603b                          | 31,230c             | 30,703c | 29,317c | 23,817c | 19,770c |
| 15                        | 35,187b                          | 33,290b             | 31,950b | 32,730b | 25,563b | 23,170b |
| 20                        | 40,617a                          | 39,780 <sup>a</sup> | 36,233a | 34,353a | 30,583a | 26,803a |

\*Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ )

Na Figura 6 tem-se o comportamento da luminosidade em função do tempo de armazenamento. A equação polinomial de segunda ordem apresentou bons ajustes, representando de forma confiável os dados experimentais. De uma forma geral, as amostras apresentaram escurecimento, devido à redução da luminosidade ao longo do tempo de armazenamento, a saber, 44,47, 34,14 e 34,01% para as concentrações de 10, 15 e 20% de maltodextrina, respectivamente.

Resultados semelhantes podem ser verificados nos trabalhos de Oliveira et al. (2015), Alexandre et al. (2014), Lisbôa et al. (2011) e Ramos et al. (2008), este último refere-se a desidratação de fatias de abacaxi, em que, foi observado a ocorrência da diminuição de luminosidade ao longo de setenta e cinco dias de armazenamento a temperatura ambiente; e Caparino et al. (2012), ao estudarem a cor de mangas em pó (*Philippine 'carabao' var.*), secas em tambor rotativo, aspersão e liofilizador, em que foi observado a diminuição dos valores de luminosidade para cada amostra em relação à polpa integral.



**Figura 6.** Valores para a luminosidade das polpas de tamarindo formuladas ao longo de 75 dias de armazenamento

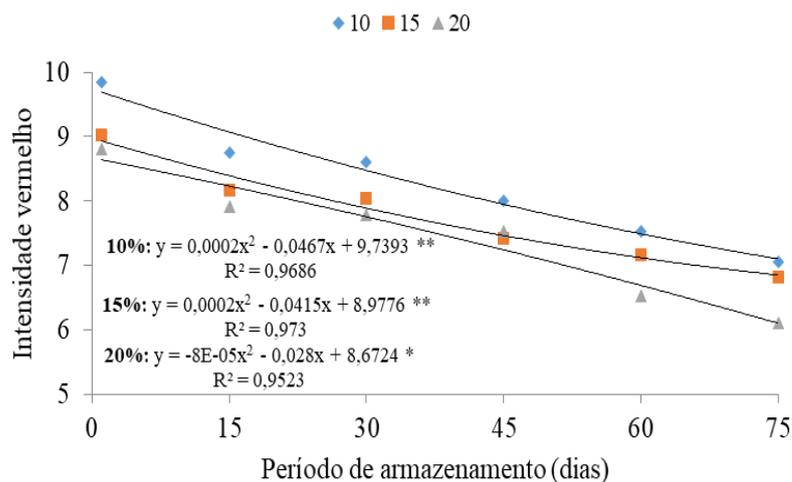
Na Tabela 7 têm-se os valores da intensidade vermelho nas polpas formuladas em pó em função da concentração de maltodextrina. Notou-se que as médias quantificadas apresentaram diferenças significativas de acordo com a concentração, apresentando decréscimos da cor vermelha.

**Tabela 7.** Médias da intensidade vermelho nas polpas de tamarindo formuladas com maltodextrina nos diferentes períodos de armazenamento

| Concen-<br>trações<br>(%) | Períodos de armazenamento (dias) |                    |        |        |        |        |
|---------------------------|----------------------------------|--------------------|--------|--------|--------|--------|
|                           | 0                                | 15                 | 30     | 45     | 60     | 75     |
| 10                        | 9,850a                           | 8,747 <sup>a</sup> | 8,603a | 8,000a | 7,540a | 7,050a |
| 15                        | 9,033b                           | 8,170b             | 8,040b | 7,430b | 7,170b | 6,817b |
| 20                        | 8,800c                           | 7,920c             | 7,787c | 7,523b | 6,530c | 6,120c |

\*Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ )

Na Figura 7 tem-se o comportamento da intensidade vermelho em função do tempo de armazenamento das amostras. A equação polinomial de segunda ordem apresentou bons ajustes, representando de forma confiável os dados experimentais. A degradação da cor com o tempo de armazenamento foi de 28,43, 24,50 e 30,49% para as concentrações de 10, 15 e 20%, respectivamente.



**Figura 7.** Valores para a intensidade vermelho nas polpas de tamarindo formuladas ao longo de 75 dias de armazenamento

Oliveira et al. (2015), também encontraram reduções nos valores da intensidade de vermelho (+a) na polpa do fruto de mandacaru em pó com dextroses equivalentes de 10 e 14. Alexandre et al. (2015), observaram a diminuição da intensidade de vermelho da pitanga em pó entre o tempo zero e o tempo final (60 dias) de 30,29%, os autores explicam que essa diminuição pode ser devida à transparência e permeabilidade da embalagem, que expõe a amostra à luz, umidade e ao calor. Resultado inverso foi encontrado por Lisbôa et al. (2012), onde a intensidade de vermelho das amostras de figo-da-índia armazenadas aumentaram com o tempo, sendo afetada principalmente pela temperatura de armazenamento, chegando a atingir entre 77 e 79% de acréscimo a 40 °C.

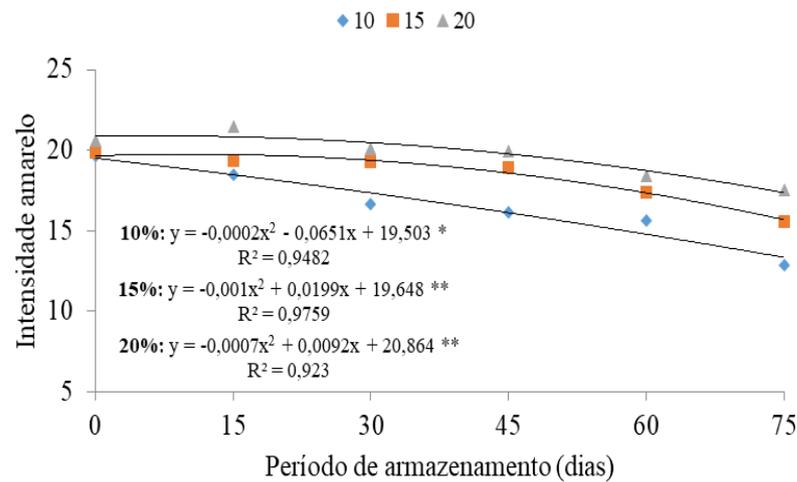
Na Tabela 8 encontram-se os valores da intensidade amarelo nas polpas formuladas de tamarindo em pó em função da concentração de maltodextrina. Percebe-se que as médias apresentaram incrementos na intensidade com o aumento da concentração deste coadjuvante.

**Tabela 8.** Médias da intensidade amarelo nas polpas de tamarindo formuladas com maltodextrina nos diferentes períodos de armazenamento

| Concentrações (%) | Períodos de armazenamento (dias) |         |         |         |         |         |
|-------------------|----------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
|                   | 0                                | 15      | 30      | 45      | 60      | 75      |
| 10                | 19,673b                          | 18,513c | 16,693c | 16,160c | 15,660c | 12,870c |
| 15                | 19,8733ab                        | 19,343b | 19,293b | 18,890b | 17,390b | 15,573b |
| 20                | 20,580a                          | 21,48a  | 20,067a | 19,937a | 18,437a | 17,530a |

\*Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (p ≤ 0,05)

Na Figura 8 tem-se o comportamento da intensidade amarelo em função do tempo de armazenamento. A equação polinomial de segunda ordem apresentou bons ajustes, representando de forma confiável os dados experimentais. A degradação da cor foi de 34,57, 21,64 e 14,82% nas polpas a 10, 15 e 20%, respectivamente ao final do período de 75 dias.



**Figura 8.** Valores para a intensidade amarelo nas polpas de tamarindo formuladas ao longo de 75 dias de armazenamento

Lisbôa et al. (2012), verificaram que os valores médios da intensidade de amarelo das amostras de figo-da-índia apresentaram decréscimos, reduzindo-se a 40 °C, entre 17 e 19% ao final dos 100 dias de armazenamento. Comportamento inverso foi observado com o aumento da concentração de maltodextrina tornando a cor amarela das amostras mais intensas. Alexandre et al. (2015), verificaram que a polpa em pó da pitanga sofreu redução e, excetuando-se o resultado obtido no tempo 10 dias, tais reduções foram progressivos durante o armazenamento.

#### 6.4. CONCLUSÕES

- As polpas formuladas de tamarindo a 10, 15 e 20%, apresenta incrementos nos valores de teor de água de 29,38, 28,58 e 31,05%, respectivamente.
- As amostras mostram-se não perecíveis, de acordo com as médias obtidas para a atividade de água, no entanto, este parâmetro apresenta acréscimos com as condições estudadas.

- A acidez total titulável diminui e o pH aumenta durante o armazenamento, onde as amostras são consideradas como alimentos “muito ácidos”, tal característica é de suma importância na conservação devido reduzir ou inibir o crescimento de certos tipos de microrganismos.
- O teor de ácido ascórbico reduz em até 36,29% ao final do armazenamento, tal fato está associado ao método de secagem, tempo, temperatura e embalagem utilizada.
- Com relação à cor, as amostras apresentam escurecimento e diminuição da intensidade vermelho-amarelada com o tempo de armazenamento.

## 6.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALEXANDRE, H. V.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M.; OLIVEIRA, E. N. A. Armazenamento de pitanga em pó. **Comunicata Scientiae**, v.5, n.1, p. 83-91. 2014.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS – AOAC. **Official methods of analysis of the Association of the Official Analysis Chemists**. 18th ed. Arlington: Association of Analytical Communities, 2005. 1141 p.

AZEREDO, H. M. C. **Fundamentos de estabilidade de alimentos**. 2 .ed. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2012. 326 p.

CAPARINO, O. A.; TANG, J.; NINDO, C. I; SABLANI, S. S.; POWERS, J. R.; FELLMAN, J. K. Effect of drying methods on the physical properties and microstructures of mango (*Philippine ‘Carabao’* var.) powder. **Journal of Food Engineering**, v.111, n.1, p. 135-148. 2012.

DIÓGENES, A. M. G.; QUEIROZ, A. J. M.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; SANTOS, D. C. Cinética de secagem de grãos de abóbora. **Revista Caatinga**, v.26, n.1, p. 71-80, 2013..

DOYMAZ, I.; ISMAIL, O. Drying characteristics of sweet cherry. **Food and Bioprocess Processing**, v.89, n.1, p. 31-38, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2010.03.006>

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do IAL.**: métodos químicos e físicos para análise de alimentos. 5.ed. São Paulo, 2008. 1020 p.

KADER, A. A. Future of modified atmosphere research. **Acta Horticulturae**, v.8, n.57, p. 212-217. 2010.

LISBÔA, C. G. C.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M. Armazenamento de figo-da-índia em pó. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.2, p.216-221. 2012.

MELO FILHO, A. B.; VASCONCELOS, M. A. S. **Química de alimentos**. UFRPE: Recife, Brasil, 78p. 2011.

MORAGA, G.; IGUAL, M.; GARCÍA-MARTÍNEZ, E.; MOSQUERA, L. H.; MARTÍNEZNAVARRETE, N. Effect of relative humidity and storage time on the bioactive compounds and functional properties of grapefruit powder. **Journal of Food Engineering**, v.112, n.3, p.191-199, 2012.

MOREIRA, J. S. A.; SOUZA, M. L.; ARAÚJO NETO, S. E.; SILVA, R. F. Estudo da estabilidade microbiológica e físico-química de polpa de cupuaçu desidratada em estufa. **Revista Caatinga**, v.24, n.2, p.26-32. 2011.

OLIVEIRA, A. S.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M.; BRITO, J. G. Estabilidade da polpa do *Cereus jamacaru* em pó durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.2, p. 147–153, 2015.

PEREIRA, P. C.; MELO, B.; FRAZÃO, A. A.; ALVES, P. R. B. **A cultura do tamarindeiro (*Tamarindus indica* L.)**. 2007. Disponível em: <http://www.fruticultura.iciag.ufu.br/tamarindo.html/>. Acesso em 10 outubro 2017.

RAMOS, A. M.; QUINTERO, A. C. F.; FARAONI, A. S.; SOARES, N. F. F.; PEREIRA, J. A. M. Efeito do tipo de embalagem e do tempo de armazenamento nas qualidades físico-química e microbiológica de abacaxi desidratado. **Alimentos e Nutrição**, v.19, p.259-269, 2008.

RATTI, C. Hot air and freeze-drying of high-value foods: a review. **Journal of Food Engineering**, v.49, n.4, p.311- 319. 2001.

SANTOS, D. C., QUEIROZ, A. J. M., FIGUEIRÊDO, R. M. F., OLIVEIRA, E. N. A. Drying of waste grains flour of annatto by using solar energy. **African Journal of Agricultural Research**, v.7, n.47, p.6281- 6288, 2012.

SANTOS, D. C., QUEIROZ, A. J. M., FIGUEIRÊDO, R. M. F., OLIVEIRA, E. N. A. Cinética de secagem de farinha de grãos residuais de urucum. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 2, p. 223-231, 2013.

SILVA, A. S.; GURJÃO, K. C. O.; ALMEIDA, F. A. C.; BRUNO, R. L. A.; PEREIRA, W. E. Desidratação da polpa de tamarindo pelo método de camada de espuma. **Ciência e Agrotecnologia**, v.32, n.6. 2008.

SILVA, F. de A. S.; AZEVEDO, C. A. V. de. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **African journal of agricultural research**, v.11, n.39, p.3733-3740, 2016.

SOUSA, D. M. M.; BRUNO, R. L. A.; DORNELAS, C. S. M.; ALVEZ, E. U.; ANDRADE, A. P.; NASCIMENTO, L. C. Caracterização morfológica de frutos e sementes e desenvolvimento pós-seminal de *Tamarindus indica* L. - Leguminosae: Caesalpinioideae. **Revista Árvore**, v.34, n.6, p.1009-1015, 2010.

VASCONCELOS, M. A. S.; MELO FILHO, A. B. **Conservação dos Alimentos**. Recife: EDUFRPE, 2010, 130 p.

## 7. CINÉTICA DE DEGRADAÇÃO DO ÁCIDO ASCÓRBICO E DA COR EM POLPAS DE TAMARINDO CONGELADAS

**Resumo:** O conhecimento da cinética de degradação é de suma importância para prever a perda de qualidade dos alimentos durante o armazenamento. Em vista disso, objetivou-se com o presente trabalho estudar a cinética de degradação do ácido ascórbico e da cor em polpas de tamarindo armazenadas a temperatura de congelamento comercial. As seguintes análises foram realizadas nas polpas integral e adicionadas de maltodextrina (10, 15 e 20%): teor de água, ácido ascórbico e cor (tonalidade e índice de escurecimento), avaliadas a cada 15 dias por 75 dias. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado com esquema fatorial 6 x 4 (tempo x concentração). Durante o armazenamento congelado, as polpas apresentaram aumento no teor de água, este fato pode ser atribuído à embalagem utilizada que não apresentou uma boa barreira à entrada de vapor d'água. O teor de ácido ascórbico apresentou decréscimos com tempo de armazenamento, e, de acordo com a meia-vida do produto, a polpa integral de tamarindo apresentou validade de 60 dias, já as polpas adicionadas de maltodextrina, a validade foi prorrogada por 75 dias. O modelo de Weibull apresentou um bom ajuste para descrever a cinética de degradação do ácido ascórbico, onde a velocidade de degradação é maior na polpa integral, evidenciando que o coadjuvante utilizado exerce um efeito protetor. Com relação à cor, as médias obtidas para a tonalidade revelam que as amostras apresentam ângulos próximos a 0°, evidenciando o vermelho. O índice de escurecimento diminuiu de acordo com a progressão do tempo e aumento da concentração de maltodextrina. A regressão linear utilizada para descrever a cinética e degradação da cor nas polpas mostrou-se satisfatória para fornecer as informações a respeito da velocidade de degradação.

**Palavras-chave:** *Tamarindus indica*. L, modelo de Weibull, maltodextrina

### 7.1. INTRODUÇÃO

O Cerrado, segundo maior bioma do Brasil, apresenta uma rica biodiversidade vegetal que possui elevado potencial econômico, nutricional e tecnológico. Entre as espécies frutíferas presentes destaca-se o tamarindo (*Tamarindus indica* L.), nativa da África Tropical,

pertencente à família *Fabaceae*, e frequentemente encontrada em regiões de clima tropical e subtropical no país (HAMACEK et al. 2011).

A comercialização dos frutos pelos agricultores familiares é geralmente realizada em feiras livres, no entanto, por serem de casca frágil e sujeito a deterioração fungica, os tamarindos têm sua comercialização *in natura* dificultada a grandes distâncias. Neste contexto, a produção de polpas de frutas congeladas torna-se um meio favorável para o aproveitamento integral das frutas na época da safra evitando os problemas ligados a sazonalidade. Para que se produza uma polpa de fruta congelada com qualidade é preciso atentar-se à manutenção dos nutrientes e às suas características físico-químicas, microbiológicas e sensoriais, que devem estar próximas as da fruta *in natura*, de forma a satisfazer as exigências do consumidor e da legislação vigente (DANTAS et al., 2012).

O ácido ascórbico está amplamente distribuído nos produtos de origem vegetal, e é considerado hidrossolúvel e termolábil. Sabe-se que diversos fatores afetam a sua estabilidade durante o processamento e armazenamento, incluindo o pH do meio, a presença de oxigênio e de íons metálicos, e a temperatura (TARRAGO-TRANI et al., 2012; SPINOLA et al., 2013). A cor, por sua vez, é o atributo de qualidade mais atrativo para o consumidor, pois está associada com a maturação, frescor e também ao sabor, sendo considerada o parâmetro que, em primeiro lugar, atinge o olhar do comprador. A degradação da cor do material pode ser avaliada com base no índice de escurecimento (IE), calculado a partir das coordenadas L\*, a\* e b\* do sistema Hunter (TREVISAN et al., 2006; PONKHAM et al., 2012).

O conhecimento da cinética de degradação, incluindo a ordem de reação, constantes de velocidade e a energia de ativação, é muito importante para prever a perda de qualidade dos alimentos durante o armazenamento (PATRAS et al., 2010). O uso de modelos matemáticos cinéticos facilita consideravelmente a otimização, o design, simulação e controle de projetos industriais e contribui para uma melhor utilização do tempo e energia (SANT'ANNA et al., 2012).

Trabalhos relacionados à degradação do ácido ascórbico durante o processamento de alimentos vegetais já foram registrados em várias investigações (FERNÁNDEZ et al., 2011; GEORGÉ et al., 2011; MERCALI et al., 2012; CUNHA et al., 2014), bem como a degradação da cor (MOURA et al., 2001; AQUINO et al., 2011; MATSUDA et al., 2013). No entanto, informações sobre a degradação durante o congelamento da polpa de tamarindo são incipientes.

Diante do exposto, objetivou-se com o presente trabalho estudar a cinética de degradação do ácido ascórbico e da cor em polpas de tamarindo armazenadas na temperatura de -18 °C, por um período de 75 dias

## 7.2. MATERIAL E MÉTODOS

### 7.2.1. Local do Experimento

O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas (LAPPA), da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande (PB).

### 7.2.2. Aquisição e Processamento da matéria-prima

Foram utilizados como matéria-prima tamarindos, safra 2017, adquiridos na zona rural do município de Juazeiro do Norte (CE). Os frutos foram selecionados de acordo com o grau de maturação, onde os mesmos apresentaram casca quebradiça e a polpa marrom-escura, adequados para o consumo e processamento. Em seguida, realizou-se a lavagem em água corrente e a sanitização por imersão em solução de hipoclorito de sódio (30 ppm) por 5 min, seguido por um enxague com água potável, drenando-se o excesso de água dos frutos e procedendo-se a separação manual da casca.

Os tamarindos descascados foram imersos em água destilada por 20 min, na proporção 1:1, para facilitar o desprendimento da polpa das sementes, sendo despulpados em despulpadeira (Laboremos DF 200). A polpa obtida foi homogeneizada com três formulações de maltodextrina (DE 10) nas concentrações de 10, 15 e 20%, definidas por pré-testes. A amostra controle e as formuladas foram envasadas em embalagens plásticas transparentes de polietileno de baixa densidade, com capacidade para 250g de polpa, sendo posteriormente termosseladas.

### 7.2.3. Armazenamento das polpas

O armazenamento foi feito em *freezer* horizontal na temperatura fixa de -18 °C, usualmente utilizada na comercialização, durante 75 dias, sendo analisadas a cada 15 dias, a partir do tempo 0.

#### 7.2.4. Parâmetros analisados

O teor de ácido ascórbico foi determinado por titulometria com 2,6-diclorofenolindofenol de sódio padronizado da qual, utiliza o ácido oxálico como solução extratora, os resultados foram expressos em  $\text{mg (100g)}^{-1}$  de ácido ascórbico, conforme a metodologia da AOAC (2000); e a cor foi determinada por leitura direta, utilizando o espectrofotômetro MiniScan HunterLab XE Plus, equipado com iluminante D65, ângulo de observação de  $10^\circ$  e calibrado com placa padrão branca e preta ( $X=80,5$ ;  $Y= 85,3$ ;  $Z=90,0$ ) A partir das coordenadas  $L^*$  (luminosidade),  $+a^*$  (intensidade vermelho) e  $+b^*$  (intensidade amarelo) obtidas nas amostras, foram calculadas as coordenadas  $h^\circ$  (tonalidade) e índice de escurecimento (IE), de acordo com as Equações 01 e 02, respectivamente.

$$h^* = \tan^{-1} \left( \frac{b^*}{a^*} \right) \quad (01)$$

$$IE = \frac{[100(X-0,031)]}{0,172} \quad (02)$$

$$\text{Em que: } X = \frac{a^* + 1,75L^*}{(5,645L^* + a^* - 3,02b^*)}$$

#### 7.2.5. Modelos da cinética de degradação do ácido ascórbico

Utilizou-se o modelo de Weibull, representado pela Equação 03:

$$\frac{C}{C_0} = \exp(-k * t^\alpha) \quad (03)$$

Onde:  $C_0$  e  $C$  representam a concentração de ácido ascórbico inicial e final, respectivamente;  $k$  é a velocidade da constante de primeira ordem ( $\text{min}^{-1}$ );  $\alpha$  é a é o fator de forma (adimensional); e  $t$  é o tempo de armazenamento (dias).

#### 7.2.6. Modelos cinéticos de degradação da cor

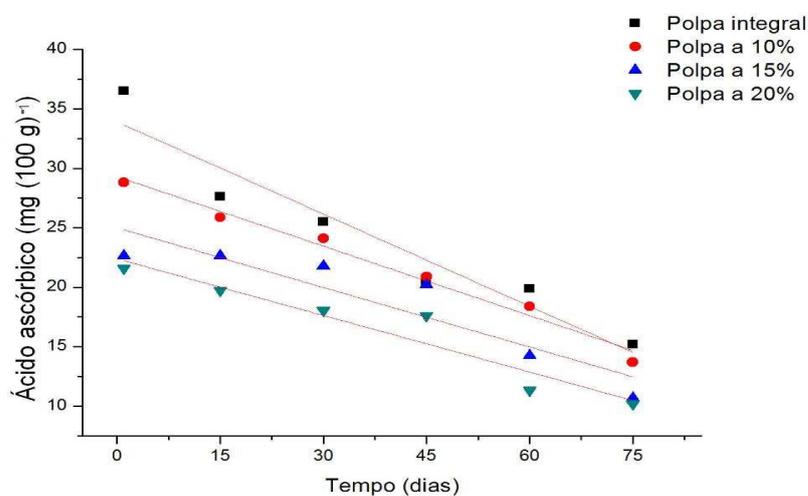
Para a determinação da ordem de reação e sua constante de velocidade, foram plotados os valores de tonalidade e índice de escurecimento versus o tempo (dias) de armazenamento para cada amostra, e realizada a regressão linear destes valores. A inclinação obtida na regressão linear corresponde aos valores de  $k$  (velocidade de reação).

#### 7.2.7. Análise estatística

Para a análise dos fatores quantitativos, foi realizada a regressão linear em que houve efeito significativo do tempo. As constantes das cinéticas de degradação e a plotagem dos gráficos foram obtidas com o auxílio dos programas estatísticos STATISTIC 7 e ORIGINPro 8.

### 7.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 encontram-se os resultados da degradação do ácido ascórbico das polpas de tamarindo integral e formuladas durante o armazenamento a  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ .



**Figura 1** - Relação do teor de ácido ascórbico durante o tempo de armazenamento (dias)

A redução do teor desta vitamina foi de 58,36, 52,50, 52,83 e 52,81% para as amostras a 0, 10, 15 e 20%, respectivamente, evidenciando que a adição de maltodextrina exerceu influências ao nível de 5% de probabilidade. Na Tabela 1 encontra-se o ajuste da equação linear aos dados experimentais. Percebeu-se que os valores de  $R^2 \geq 0,850$  foram

considerados satisfatórios, podendo ser utilizada para prever o comportamento das amostras durante o tempo de armazenamento.

**Tabela 1** – Equação linear e coeficiente de determinação para as polpas de tamarindo integral e formuladas com maltodextrina

| Polpa (%) | Equação                 | R <sup>2</sup> |
|-----------|-------------------------|----------------|
| 0         | $y = -0,2587x + 33,910$ | 0,925          |
| 10        | $y = -0,1949x + 29,307$ | 0,983          |
| 15        | $y = -0,1671x + 24,997$ | 0,850          |
| 20        | $y = -0,1589x + 22,394$ | 0,919          |

Santos et al. (2014), afirmam que as taxas de degradação dos ácidos orgânicos, particularmente do ácido ascórbico em frutas, são afetados por fatores como, temperatura, umidade e tempo de armazenamento. Com isso, as perdas da qualidade nutricional e do frescor das polpas de frutas congeladas podem ser avaliadas com base na redução do teor destes ácidos durante o período de estocagem.

Segundo a ANVISA (2017) a data de vencimento da qualidade do produto alimentício será indicada pelo próprio fabricante, mas, para isso, este fica obrigado a apresentar um estudo de estabilidade de seus produtos. De acordo com as taxas de degradação apresentadas, o período de validade da polpa de fruta pode ser obtido com base na cinética de degradação do ácido ascórbico. Considerando-se como concentração mínima aceitável o valor equivalente a 50% do teor inicial do ácido encontrado no produto (meia-vida), o prazo de validade remanescente do produto pode ser estimado em 60 dias para a polpa integral, e 75 dias para as polpas adicionadas de maltodextrina. Deve-se destacar que o prazo de validade é o tempo médio que um produto não apresenta deterioração, desde que respeitadas às condições de armazenamento indicadas na embalagem.

Na Tabela 2 encontram-se as constantes e os coeficientes de determinação da Equação cinética de Weibull.

**Tabela 2-** Parâmetros e coeficientes de determinação da equação cinética de Weibull aplicada às polpas de tamarindo

| Polpa (%) | k (horas <sup>-1</sup> ) | $\alpha$ | R <sup>2</sup> |
|-----------|--------------------------|----------|----------------|
| 0         | 2,52 x 10 <sup>-3</sup>  | 0,771    | 0,973          |
| 10        | 2,67 x 10 <sup>-4</sup>  | 1,009    | 0,908          |
| 15        | 2,41 x 10 <sup>-4</sup>  | 1,089    | 0,848          |
| 20        | 2,39 x 10 <sup>-4</sup>  | 1,027    | 0,827          |

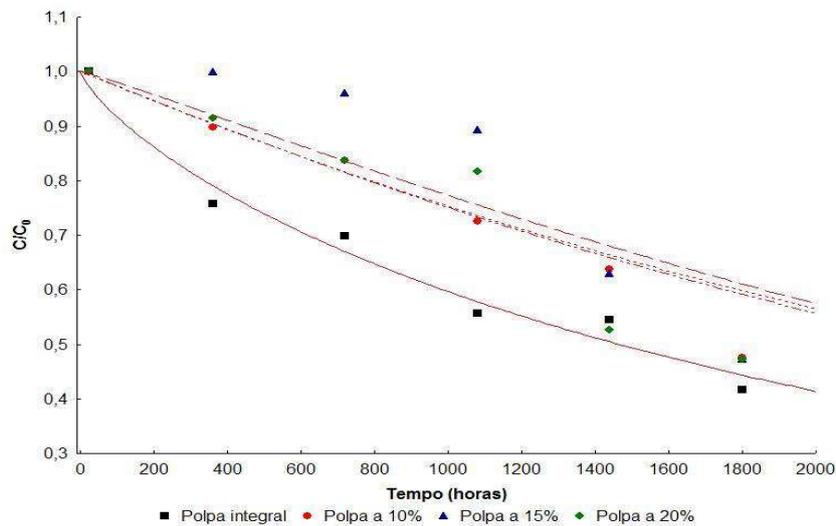
Os valores de k referem-se à velocidade de degradação do ácido ascórbico. Notou-se que esta velocidade é maior na polpa integral de tamarindo, ao passo que, as polpas adicionadas de maltodextrina apresentaram uma menor degradação. Supõe-se que o coadjuvante utilizado exerça um efeito protetor sobre este nutriente, no entanto, pesquisas que comprovem este resultado não foram encontradas na literatura.

A degradação provavelmente deve-se às reações químicas envolvendo oxidação e formação de ácido desidroascórbico (DHAA), hidrólise do DHAA em ácido 2,3-dicicogulônico e a geração, por polimerização, de produtos inativos nutricionalmente (DEWANTO et al., 2002). As constantes cinéticas podem ser observadas em diversos trabalhos, Ordóñez-Santos et al. (2013), ao estudarem a cinética de degradação do ácido ascórbico em goiabas nas temperaturas de 75, 85 e 95 °C por 10, 20, 30 e 40 min, onde os valores de k foram 0,80, 1,12 e 1,45 (min<sup>-1</sup>), respectivamente. Oliveira et al. (2013), ao estudarem a cinética de degradação do suco integral de manga (25, 35 e 45 °C) durante 120 dias, onde as constantes foram de 0,0039, 0,0080 e 0,0161 (dias<sup>-1</sup>), respectivamente, e Paul e Ghosh (2012), registrando em sucos de romã (70 a 90 °C por 90 min) valores de k de 0,00288 a 0,00382 (min<sup>-1</sup>).

Ainda de acordo com a Tabela 2, nota-se que  $\alpha$  foi menor que 1 para a polpa integral (0,771) e superiores à unidade nas polpas adicionadas de maltodextrina. Quando  $\alpha$  apresenta valor igual à unidade, significa que o modelo de Weibull representa uma cinética de 1ª ordem. A maioria dos trabalhos na literatura utiliza a cinética de primeira ordem para descrever a degradação do ácido ascórbico (NISHA et al., 2004; CASTRO et al., 2004; ALVES et al. 2010; HAL et al., 2012). O modelo de Weibull é usado para descrever sistemas ou eventos que tenham algum grau de variabilidade. Este modelo já foi usado para descrever o crescimento e inativação microbiana e a degradação de nutrientes e enzimas (DEROSSI et al.,

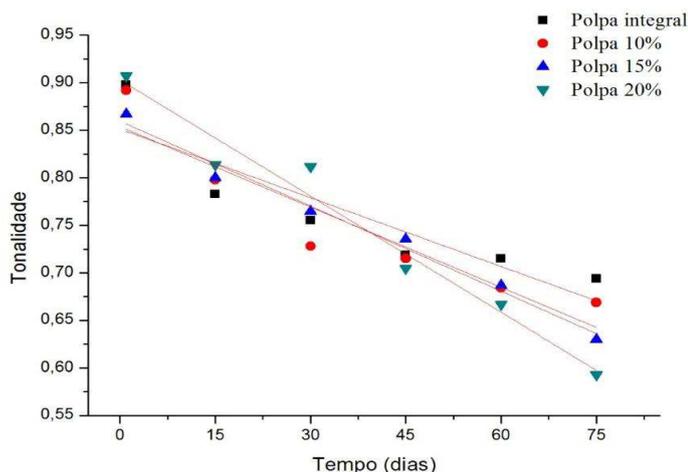
2010). Segundo os mesmos autores, em termos de degradação do ácido ascórbico, este modelo é utilizado para descrever tal comportamento em vegetais congelados.

A Figura 2 apresenta o ajuste do modelo para as polpas de tamarindo integral e formuladas. O ajuste aos dados foi considerado satisfatório, em especial, para a polpa integral e a 10%, onde os valores de  $R^2$  foram 0,973 e 0,908, respectivamente.



**Figura 2** - Ajuste dos dados de degradação do ácido ascórbico de polpa de tamarindo integral e formulada com 10, 15 e 20% de maltodextrina ao modelo de Weibull

Na Figura 3 têm-se as médias para a tonalidade das polpas integral e formuladas. Ângulos de 0° ou 360° representam tonalidade vermelha, enquanto que os ângulos 90°, 180° e 127° representam amarelo, verde e azul, respectivamente (PATHARE et al., 2013). Percebeu-se que as médias alcançadas apresentaram valores próximos a 0°, indicando uma polpa de coloração vermelha, que se torna mais intensa com a progressão do armazenamento.



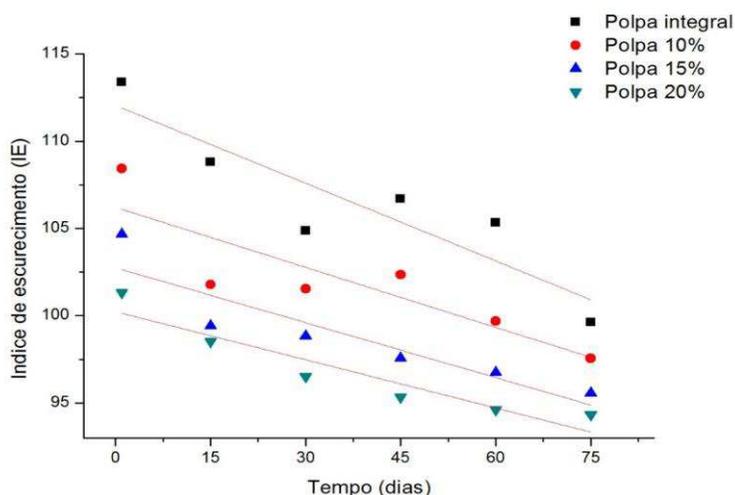
**Figura 3-** Ângulo de tonalidade das polpas de tamarindo integral e formuladas com 10, 15 e 20% de maltodextrina durante o armazenamento congelado

Na Tabela 3, são apresentados os valores de  $k$  e os coeficientes de determinação da equação linear aplicada aos dados da tonalidade das amostras, podemos observar que a velocidade da degradação aumentou no sentido da maior concentração do coadjuvante utilizado, ou seja, a tonalidade diminuiu e isso pode ser explicado devido à maltodextrina diminuir os valores do ângulo *Hue*, reduzindo sua intensidade. Os valores de  $R^2$  mostraram-se satisfatórios para as amostras a 15 e 20% de maltodextrina, a saber, 0,961 e 0,922, respectivamente.

**Tabela 3** - Parâmetros  $k$  e coeficientes de determinação da regressão linear aplicada à tonalidade das polpas de tamarindo armazenadas.

| Polpa (%) | $k$ (dias <sup>-1</sup> ) | $R^2$ |
|-----------|---------------------------|-------|
| 0         | 0,0024                    | 0,585 |
| 10        | 0,0028                    | 0,711 |
| 15        | 0,0030                    | 0,961 |
| 20        | 0,0041                    | 0,922 |

Na Figura 4 encontra-se a regressão linear referente aos valores do índice de escurecimento. Percebeu-se que os pontos apresentaram-se distintos para todas as amostras estudadas e que os índices de escurecimento diminuíram significativamente de acordo com o aumento das variáveis tempo e concentração de maltodextrina.



**Figura 4** - Regressão não linear dos valores do índice de escurecimento nas polpas de tamarindo

O índice de escurecimento mede a pureza da cor castanha na amostra e por isso é um parâmetro que indica a formação dos pigmentos amarronzados decorrente das reações de escurecimento, como a oxidação da vitamina C, que ocasionam a formação de pigmentos escuros no produto (BOREL et al., 2015).

Na Tabela 4 são apresentadas as constantes k e seus respectivos coeficientes de determinação para o índice de escurecimento. A velocidade das reações diminuiu com o aumento das concentrações de maltodextrina, indicando que a formação de pigmentos escuros é menor nestas condições e que o coadjuvante utilizado age camuflando o escurecimento das amostras.

**Tabela 4** - Parâmetros e coeficientes de determinação da regressão não linear aplicada ao índice de escurecimento das popas de tamarindo

| Polpa (%) | k (dias <sup>-1</sup> ) | R <sup>2</sup> |
|-----------|-------------------------|----------------|
| 0         | 0,1484                  | 0,5984         |
| 10        | 0,1147                  | 0,4879         |
| 15        | 0,1050                  | 0,6255         |
| 20        | 0,0919                  | 0,7446         |

Dados sobre as constantes cinéticas do índice de escurecimento em polpas de frutas congeladas são escassos, o resultado obtido pode ser comparado com outros parâmetros de coloração. Oliveira et al. (2013), obtiveram constantes cinéticas de 0,0187 e 0,0487 dias<sup>-1</sup> referente a luminosidade do suco de manga armazenados a 35 e 45°C, respectivamente, e 0,0313 e 0,110 dias<sup>-1</sup> referente a diferença total e cor das amostras armazenadas sob estas mesmas temperaturas.

#### 7.4. CONCLUSÕES

- No armazenamento congelado, o teor de ácido ascórbico apresenta decréscimos com tempo de armazenamento, a polpa integral de tamarindo apresenta validade de 60 dias, enquanto que as polpas adicionadas de maltodextrina apresentam validade de 75 dias de acordo com a meia vida deste nutriente.
- O modelo de Weibull apresenta um bom ajuste para descrever a cinética de degradação do ácido ascórbico, sendo verificado que a velocidade de degradação é maior na polpa integral, evidenciando que o coadjuvante utilizado exerce um efeito protetor sobre o ácido ascórbico.
- Com relação à cor, as médias obtidas para o parâmetro tonalidade revelam que as amostras apresentam ângulos próximos a 0°, evidenciando o vermelho.
- O índice de escurecimento diminui de acordo com o aumento das variáveis, tempo e concentração de maltodextrina.
- A regressão linear utilizada para descrever a cinética e degradação da cor nas polpas é eficiente para fornecer a informações à respeito da velocidade de degradação.

## 7.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, J.A.; NASSUR, R.C.M.R; PIRES, C.R.F; ALCÂNTARA, E.M.; GIANNONI, J.A.; LIMA, L.C.O. Cinética de degradação de vitamina C em mangas “Palmer” minimamente processadas armazenadas em diferentes temperaturas. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, n. 3, p. 714-721, 2010.

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução CISA/MA/MS nº 10, de 31 de julho de 1984**. Disponível em: [http://www.anvisa.gov.br/anvisalegis/resol/10\\_84.htm](http://www.anvisa.gov.br/anvisalegis/resol/10_84.htm). Acessado em: 04 de Sete. 2017

AOAC - Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis of AOAC International**. v.2. 17.ed. Arlington, 2000.

AQUINO, A. C. M. S.; MOÉS, R. S.; CASTRO, A. A. Estabilidade de ácido ascórbico, carotenoides e antocianinas de frutos de acerola congelados por métodos criogênicos. **Brazilian Journal Food and Technology**, v. 14, n. 2, p. 154-163, 2011.

BOREL, L. D. M.; LINHARES, M. C.; PRADO, M.M. Cinética de degradação da cor de pólen apícola durante a secagem infravermelho. In: Congresso Brasileiro de Sistemas Particulados, 37, 2015. São Carlos (SP). **Anais...** Universidade Federal de São Carlos, 2015. p 1-10.

CASTRO, I.; TEIXEIRA, J.A.; SALENGKE, S.; SASTRY, S.K.; VICENTE, A.A. Ohmic heating of strawberry products: electrical conductivity measurements and ascorbic acid degradation kinetics. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v.5, n.1, p.27-36, 2004.

CUNHA, K.D.; SILVA, P. R.; COSTA, L. F. S. F.; TEODORO, A. J.; KOBLITZ, M. G. B. Estabilidade de ácido ascórbico em sucos de frutas frescos sob diferentes formas de armazenamento. **Brazilian Journal Food and Technology**, v. 17, n. 2, p. 139-145, 2014

DANTAS, R. L.; ROCHA, A. P. T.; ARAÚJO, A. S.; RODRIGUES, M. S. A.; MARANHÃO, T. K. L. Qualidade microbiológica de polpa de frutas comercializadas na cidade de Campina Grande. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.14, n.2, p.125-130, 2012.

DEWANTO, V.; WU, X.; LIU, R.H. Processed sweet corn has higher antioxidant activity. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, n. 17, p. 4959-4964, 2002

DEROSSI, A., DE PILLI, T.; FIORE, A.G. Vitamin C degradation of strawberry juice under non-isothermal conditions. **Food Science and Technology**, v.43, n.4, p.590-595, 2010.

FERNÁNDEZ, A.; DOS SANTOS, M.; DA SILVA, D.; DE SOUSA, P.; MAIA, G. & DE FIGUEIREDO, R. Chemical and physicochemical characteristics changes during passion fruit juice processing. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.31, n.3, p.747-751, 2011.

GEORGÉ, S.; TOURNIAIRE, F.; GAUTIER, H.; GOUPY, P.; ROCK, E. & CARIS, C. Changes in the contents of carotenoids, phenolic compounds and vitamin C during technical processing and lyophilisation of red and yellow tomatoes. **Food Chemistry**, v.124, n.4, p.1603-1611, 2011.

HAL, P.; BOSSCHAART, C.; TWISK, C.V.; VERKERK, R.; DEKKER, M. Kinetics of thermal degradation of vitamin C in marula fruit (*Sclerocarya birrea* subsp. *caffra*) as compared to other selected tropical fruits. **LWT - Food Science and Technology**, v.49, n.2, p.188-191, 2012.

HAMACEK, F. R.; SANTOS, P. R. G.; BEDETI, S. F.; CARDOSO, L. M.; RIBEIRO, S. M.; MARTINO, H. S.; MOREIRA, A. V. B.; SANT'ANA, H. M. P. Tamarindo do cerrado mineiro: caracterização física, físico-química, carotenóides e vitaminas. **Nutrire**, v.36, Sup, p.69-69, 2011.

MERCALI, G.; JAESCHKE, B.; TESSARO, I.; MARCZAK, L. Study of vitamin C degradation in acerola pulp during ohmic and conventional heat treatment. **LWT - Food Science and Technology**, v. 47, v.1, p. 91-95, 2012.

MATSUDA, H.; LLAVE, Y.; FUKUOKA, M.; SAKAI, N. Color changes in fish during grilling – Influences of heat transfer and heating medium on browning color. **Journal of Food Engineering**, v. 116, n.1, p. 130-137, 2013.

MOURA, S. C. S. R.; VITALI, A. A.; ALMEIRA, M.E. M.; BERBARI, S. A.; SIGRIST, J. M. M. Cinética de Degradação de Polpas de Morango. **Brazilian Journal Food and Technology**, v.4, p.115-121, 2001

NISHA, P.; SINGHAL, S.; PANDIT A. A study on degradation kinetics of ascorbic acid in amla (*Phyllanthus emblica* L.) during cooking. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, v. 55, n.5, p.415–422, 2004.

OLIVEIRA, A. N.; RAMOS, A. M.; CHAVES, J. P.; VALENTE, M. E. R. Cinética de degradação e vida-de-prateleira de suco integral de manga. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.43, n.1, p.172-177, 2013.

ORDONEZ-SANTOS, L. E.; PORTILHA, M. A. P.; RODRIGUEZ, D. X. R. Cinética de degradação térmica de vitamina c em frutos de goiaba (*Psidium guajava* L.). **Rev. Lasallista Investigación**, v.10, n.2, p.44-51, 2013.

PATHARE, P.B.; OPARA, U.L.; AL-SAID, F.A-J. Colour measurement and analysis in fresh and processed foods. A review. **Food and Bioprocess Technology**, v.6, p. 36-60, 2013.

PATRAS, A.; BRUTON, N. P.; O'DONNELL, C.; TIWARI, B.K. Effect of thermal processing on anthocyanin stability in foods; mechanisms and kinetics of degradation. **Trends in Food Science & Technology**, v. 21, n. 1, p. 3-11, 2010.

PAUL, R.; GHOSH, U. Effet or thermal treatment on ascorbic content of pomegranate juice. **Indian Journal Biotechnology**, v.11, p.309-312, 2012.

PONKHAM, K.; MEESO, N.; SOPONRONNARIT, S.; SIRIAMORNUN, S.. Modeling of combined far-infrared radiation and air drying of a ring shaped pineapple with/without shrinkage. **Food and Bioproducts Processing**. v.90, ed 2, p.155-164, 2012.

SANT'ANNA, V.; BRANDELLI, A.; MARCZAKA, L. D. F.; TESSARO, I. C. Kinetic modeling of total polyphenol extraction from grape marc and characterization of the extracts. **Separation and Purification Technology**, v. 100, p. 82–87, 2012.

SANTOS, J. S.; SANTOS, M. L. P.; AZEVEDO, A. S. Validação de um método para determinação simultânea de quatro ácidos orgânicos por cromatografia líquida de alta eficiência em polpas de frutas congeladas. **Química Nova**, v. 37, n. 3, p.540-544, 2014.

SPINOLA, V.; BERTA, B.; CÂMARA, J. S.; CASTILHO, P. C. Effect of Time and Temperature on Vitamin C Stability in Horticultural Extracts. UHPLC-PDA vs. Iodometric Titration as Analytical Methods. **LWT - Food Science and Technology**, v. 50, n. 2, p. 489-495, 2013.

TARRAGO-TRANI, M. T.; PHILLIPS, K. M.; COTTY, M. Matrix-Specific Method Validation for Quantitative Analysis of Vitamin C in Diverse Foods. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 26, n. 1-2, p. 12-25, 2012.

TREVISAN, R.; TREPTOW, R. O.; GONÇALVES, E. D. Atributos de qualidade considerados pelo consumidor de Pelotas/RS, na compra de pêssego *in natura*. **Revista Brasileira Agrociência**, v. 12, n. 3, p. 371-374, 2006.

## 8. COMPORTAMENTO HIGROSCÓPICO DA POLPA DE TAMARINDO LIOFILIZADA

**Resumo:** Alimentos liofilizados são produtos com alto valor agregado por reter grande parte de seus nutrientes originais, no entanto, apresentam dificuldades técnicas devido à elevada higroscopicidade em condições de umidades relativas elevadas, necessitando-se do emprego de um agente carreador para promover um melhor manuseio do produto obtido e assim prolongar sua vida útil. Neste contexto, objetivou-se determinar as isothermas de adsorção das polpas de tamarindo liofilizadas com 10, 15 e 20% de maltodextrina (DE 10), nas temperaturas de 25, 30 e 35 °C. Os pós foram submetidos ao estudo da higroscopicidade pelo método estático-indireto e os modelos de GAB, BET, Halsey e Hailwood-Horrobin foram ajustados aos dados obtidos da atividade de água e umidade de equilíbrio, utilizando-se como critérios de ajustes as magnitudes do coeficiente de determinação ( $R^2$ ), do erro médio relativo (P%) e do desvio-padrão estimado (SE). De acordo com os resultados obtidos, o tempo necessário para se atingir o equilíbrio higroscópico das amostras foi de aproximadamente 27 horas. O modelo matemático de Halsey foi selecionado como o mais adequado para descrever o comportamento higroscópico das polpas de tamarindo liofilizadas ( $R^2 \geq 0,971$ ;  $P \leq 0,04\%$ ; e  $SE \leq 0,00105$ ), seguido pelos modelos de GAB, Hailwood-Horrobin e BET. As isothermas de adsorção comportaram-se como do Tipo II, com inversão das curvas na atividade de água próxima a 0,8.

**Palavras-chave:** desidratação, isothermas de adsorção, modelos matemáticos

### 8.1. INTRODUÇÃO

O tamarindeiro (*Tamarindus indica* L.) pertence à família das *Fabaceas*, subfamília *Caesalpinoideae*, sendo originário da África Tropical, de onde se dispersou. É encontrado em várias regiões brasileiras, adaptado aos diversos estados, produzindo frutos que são comumente consumidos na forma de polpa, sucos, extratos, xaropes e balas, podendo ser utilizado também em outras formulações para consumo ao natural, como expectorante, laxativo, carminativo, além de ser indicado para infecções no estômago, fígado e na vesícula biliar (SOUSA et al., 2010; QUEIROZ, 2010).

Para viabilizar a exploração agroindustrial dos frutos do tamarindeiro, é necessário estudos de tecnologias que aumentem a sua vida útil e preservem as suas características

bioativas, químicas e sensoriais, responsáveis por sua aceitação no mercado consumidor. Dentre os métodos que podem ser utilizados para esta finalidade, a secagem é a mais empregada, fazendo com que o fruto, que antes era consumido só em sua época de safra, hoje possa ser consumido em qualquer período do ano (OLIVEIRA et al., 2010; MOREIRA et al., 2013).

A secagem de frutas pode ser conduzida por diferentes processos, desde aqueles com utilização de temperaturas elevadas, como as desidratações em estufa e por atomização, quanto aqueles com temperaturas baixas, como a liofilização. A secagem por esse último método produz alimentos com alto valor agregado por reter grande parte de seus nutrientes originais. Entretanto, as frutas liofilizadas, assim como de outros produtos com elevado conteúdo de açúcares, apresentam dificuldades técnicas devido à elevada higroscopicidade, em condições de umidades relativas elevadas. Por esta razão, nas últimas décadas, a adição de aditivos alimentares, nomeadamente hidrocolóides, para a obtenção de produtos em pó, com a finalidade de encapsular componentes ativos, tem aumentado. A utilização de agentes carreadores, como a maltodextrina, pode promover um melhor manuseio do produto final obtido, conferindo-lhe maior proteção contra a adsorção de umidade do ambiente e tornando-o menos higroscópico (TATTINI JUNIOR et al., 2006; TONON et al., 2009; MONTENEGRO et al., 2012).

As isotermas de sorção de umidade dos alimentos tem aplicação na predição do tempo de secagem, vida útil do produto, determinação do tipo de embalagem e na caracterização do produto, inclusive quando o mesmo é constituído por componentes de atividade de água diferentes (ALEXANDRE et al., 2007). A literatura apresenta mais de 200 equações para representação das isotermas dos produtos agrícolas. Os modelos diferem tanto em sua base teórica ou empírica quanto na quantidade de parâmetros envolvidos (MULET et al., 2002).

Diante do exposto, objetivou-se com o presente trabalho determinar as isotermas de adsorção da polpa de tamarindo liofilizada com 10, 15 e 20% de maltodextrina, nas temperaturas de 25, 30 e 35 °C.

## **8.2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **8.2.1. Local do experimento**

O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas (LAPPA), da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande (PB).

### 8.2.2. Aquisição e Processamento da matéria-prima

Foram utilizados como matéria-prima tamarindos, safra 2017, adquiridos na zona rural do município de Juazeiro do Norte (CE). Os frutos foram selecionados de acordo com o grau de maturação, onde os mesmos apresentaram casca quebradiça e a polpa marrom-escura, adequados para o consumo e processamento. Em seguida, realizou-se a lavagem em água corrente e a sanitização por imersão em solução de hipoclorito de sódio (30 ppm) por 5 min, seguido por um enxague com água potável, drenando-se o excesso de água dos frutos e procedendo-se a separação manual da casca.

Os tamarindos descascados foram imersos em água destilada por 20 min, na proporção 1:1, para facilitar o desprendimento da polpa das sementes, sendo despulpados em despulpadeira (Laboremos DF 200) e acondicionados em embalagens plásticas de polietileno de baixa densidade com capacidade de 0,5 L. Após pré-testes, foram elaboradas três formulações com maltodextrina (DE 10) nas concentrações de 10, 15 e 20%.

Para a secagem, utilizou-se um liofilizador de bancada, modelo L101 da Liotop Brasil, operando de acordo com as seguintes condições: temperatura de secagem, -51 °C; pressão, 116 µHg; vácuo, 214 Vca. A secagem das amostras foi conduzida por 72 h, sendo posteriormente desintegradas com o auxílio de almofariz e pistilo, acondicionados em embalagens laminadas e mantidas dentro de dessecadores com sílica gel, sob condições ambientais (25 °C e UR 75%).

### 8.2.3. Determinação das Isotermas

As isotermas de adsorção das polpas de tamarindo liofilizadas foram realizadas utilizando o método estático-indireto (CAPRISTE & ROTSTEIN, 1982) nas temperaturas de 25, 30 e 35 °C, justificada pela condição do ambiente ao qual este produto poderá ser exposto em sua comercialização. Aproximadamente 1g das amostras foram pesadas em cápsulas de alumínio, utilizando-se uma balança analítica com precisão de 0,0001g determinando-se a atividade de água em higrômetro Aqualab 3TE da Decagon. Na sequência, as amostras foram submetida à umidificação, colocando-se os pós em uma câmara B.O.D (Biochemical

Oxygen Demand) no interior de um recipiente com água destilada. Em tempos regulares, as amostras eram pesadas e colocadas no Aqualab a fim de se determinar e atividade de água, nas temperaturas mencionadas, até se atingir o equilíbrio. Em seguida, as amostras foram levadas para estufa a 105 °C, para a determinação do teor de água final, segundo a metodologia proposta pelo IAL (2008). A umidade de equilíbrio de cada amostra ( $X_{eq}$ ) foi calculada segundo a Equação 1.

$$X_{eq} = \frac{m_0 - m_s}{m_s} \quad (01)$$

Em que:  $X_{eq}$  - umidade de equilíbrio, (g. g<sup>-1</sup>);  $m_0$  - massa da amostra no equilíbrio, (g);  $m_s$  - massa da amostra seca, (g).

#### 8.2.4. Modelos matemáticos

O ajuste matemático aos dados experimentais para a determinação das isotermas de adsorção foi realizado através das equações apresentadas na Tabela 1, por meio de análise de regressão não linear, utilizando o *software* Statistica versão 7.0, obtendo-se os valores dos coeficientes de determinações ( $R^2$ ) e os parâmetros para cada modelo.

**Tabela 1** Modelos matemáticos utilizados para o ajuste das isotermas das polpas de tamarindo liofilizadas

| Modelos           | Equações   |    |
|-------------------|--|----|
| BET               | $X_{eq} = \frac{Xm.C.aw}{(1-aw)} \cdot \left[ \frac{1 - (n+1).(aw)^n + n.(aw)^{n+1}}{1 - (1-C).aw - C.(aw)^{n+1}} \right]$ | 02 |
| GAB               | $X_{eq} = \frac{Xm.C.K.aw}{(1-K.aw).(1-K.aw+C.K.aw)}$  | 03 |
| Halsey            | $X_{eq} = \left( \frac{-K}{\ln aw} \right)^{\frac{1}{n}}$  | 04 |
| Hailword-Horrobin | $X_{eq} = \frac{aw}{(a + b.aw + c.aw^2)}$  | 05 |

Em que:  $X_{eq}$ : teor de água de equilíbrio (% b.s);  $X_m$ : conteúdo de água na monocamada molecular (g H<sub>2</sub>O<sup>-1</sup>);  $aw$ : atividade de água;  $n$ : numero de camadas moleculares;  $C, K$ : constantes de sorção;  $a, b, c$ : coeficientes de ajuste dos modelos que dependem do produto.

Para verificar o grau de ajuste dos modelos matemáticos aos dados experimentais, foram consideradas as magnitudes do erro médio relativo (P%) e do desvio-padrão da estimativa (SE), segundo as Equações 6 e 7, respectivamente, sendo que, de modo geral, quanto menores forem as magnitudes destes índices, melhor o ajuste do modelo aos dados observados.

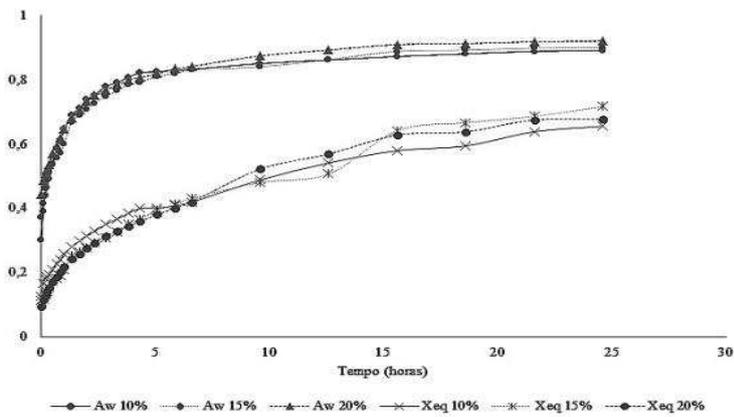
$$P = \frac{100}{\eta} \sum \frac{Y - Y_0}{Y} \quad (06)$$

$$SE = \sqrt{\sum \frac{(Y - Y_0)^2}{GLR}} \quad (07)$$

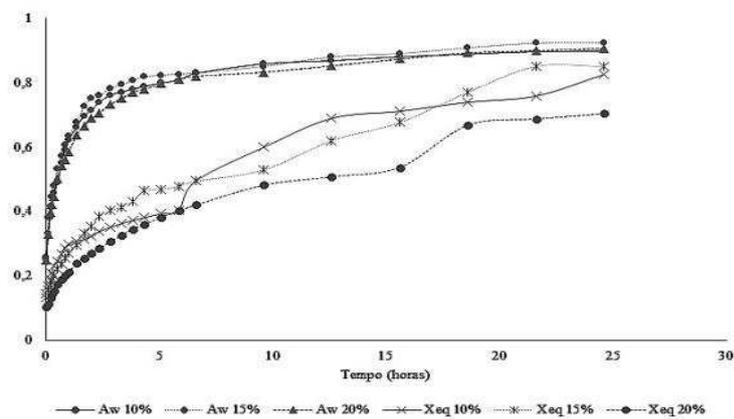
Em que: Y - valor observado experimentalmente; Y<sub>0</sub>- valor estimado pelo modelo;  $\eta$ - número de dados observados; GLR - graus de liberdade do resíduo.

### 8.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

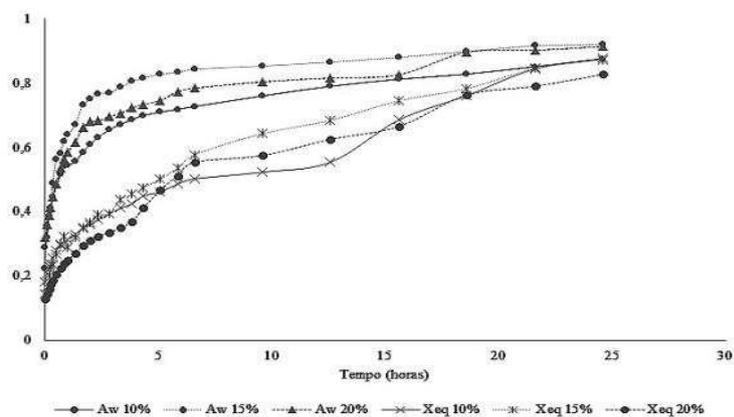
Os resultados experimentais da atividade de água e do tempo para os pós de tamarindo liofilizados, são mostrados na Figura 1 (A , B e C).



(A)



(B)



(C)

**Figura 1** Relação da atividade de água e o tempo para as polpas de tamarindo liofilizadas e mantidas nas temperaturas de 25 °C (A), 30 °C (B) e 35 °C (C).

O tempo necessário para atingir o equilíbrio das amostras foi de aproximadamente 27 horas. Este tempo foi inferior ao observado por Santos et al. (2014), trabalhando com a polpa da goiaba em pó atomizada, onde as isotermas de adsorção encerraram-se em um período de 8 dias nas temperaturas de 25 a 40 °C; e por Oliveira et al. (2011), com pós de sapoti liofilizado, encerrando as isotermas em um período de 7 dias, na temperatura fixa de 23°C.

Observou-se que as polpas de tamarindo absorvem água com facilidade, onde o valor crítico de atividade de água, 0,6, considerado o limite inferior para crescimento microbiano (RAHMAN, 2009), é atingido entre 50 a 80 min, para as condições estudadas. Oliveira et al. (2011), observaram comportamento semelhante para a polpa do sapoti liofilizada, mencionando uma elevação relativamente importante do teor de água da amostra e concluindo que esta evolução é característica de produtos polares de alta energia de ligação que podem está localizados dentro das partículas dos pós liofilizados.

Nas Tabelas 2, 3, 4 e 5 encontram-se dispostos os parâmetros, coeficientes de determinações, erros médios relativos e desvios-padrão dos modelos matemáticos ajustados às isotermas de adsorção a 25, 30 e 35 °C das polpas de tamarindo liofilizadas. Os modelos apresentaram valores para o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) variando entre 0,966 a 0,999, erros médios relativos (P%) entre 0,01 a 11,87% e desvios-padrão (SE) entre  $4,00 \times 10^{-5}$  a  $1,50 \times 10^{-3}$ .

De acordo com os maiores valores de  $R^2$  e menores valores de P% e SE, o modelo matemático de Halsey foi considerado o mais adequado para descrever as isotermas das polpas de tamarindo liofilizadas, apresentando valores de  $R^2 \geq 0,971$ ;  $P \leq 0,04\%$ ; e  $SE \leq 0,00105$ ; seguido pelos modelos de GAB ( $R^2 \geq 0,970$ ;  $P \leq 0,09\%$ ; e  $SE \leq 0,00129$ ) e Hailwood-Horrobin ( $R^2 \geq 0,972$ ;  $P \leq 0,01\%$ ; e  $SE \leq 0,00124$ ).

O modelo de BET também se apresentou adequado, exceto na temperatura de 30°C para a concentração de 10% de maltodextrina, onde o erro médio percentual foi de 11,87%, tal valor é considerado insatisfatório, visto que, para um bom ajuste, devem-se ter erros médios menores do que 10% (PEDRO et al. 2010, MOREIRA et al. 2013, OLIVEIRA et al. 2013a, 2014b; ROCHA et al. 2014).

**Tabela 2** - Parâmetros, coeficientes de determinações, erros médios relativos e desvios-padrão do modelo de Halsey ajustado às isotermas de adsorção das polpas de tamarindo liofilizadas a 25, 30 e 35 °C

| Halsey     |           |       |       |                |       |                       |
|------------|-----------|-------|-------|----------------|-------|-----------------------|
| Temp. (°C) | Conc. (%) | a     | b     | R <sup>2</sup> | P (%) | SE                    |
| 25         | 10        | 0,050 | 1,604 | 0,992          | 0,02  | 2,30x10 <sup>-4</sup> |
|            | 15        | 0,072 | 1,184 | 0,993          | 0,02  | 1,70x10 <sup>-4</sup> |
|            | 20        | 0,073 | 1,115 | 0,975          | 0,03  | 5,60x10 <sup>-4</sup> |
| 30         | 10        | 0,055 | 1,711 | 0,971          | 0,05  | 1,05x10 <sup>-3</sup> |
|            | 15        | 0,063 | 1,503 | 0,999          | 0,01  | 4,00x10 <sup>-5</sup> |
|            | 20        | 0,064 | 1,347 | 0,998          | 0,01  | 8,00x10 <sup>-5</sup> |
| 35         | 10        | 0,116 | 1,416 | 0,995          | 0,02  | 1,30x10 <sup>-4</sup> |
|            | 15        | 0,066 | 1,623 | 0,978          | 0,04  | 8,00x10 <sup>-4</sup> |
|            | 20        | 0,102 | 1,202 | 0,988          | 0,03  | 3,50x10 <sup>-4</sup> |

O modelo de Halsey é largamente empregado para descrever o comportamento de alimentos desidratados em pó com uma boa precisão. Lima et al. (2008), em seu estudo sobre as isotermas de adsorção da farinha da coroa de frade, concluíram que o modelo de Halsey foi o melhor entre os testados para descrever o comportamento higroscópico da amostra nas temperaturas de 10, 20, 30 e 40 °C, com R<sup>2</sup> superior a 0,9936 e P inferior a 4,90%. Feitosa et al. (2017), ao estudarem o comportamento higroscópico do mix em pó de batata yacon e suco de lima liofilizado, obtiveram bons ajustes com este modelo, a saber, R<sup>2</sup> ≥ 0,9842 e P ≥ 4,22%, nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C. Furtado et al. (2014), observaram que o modelo de Halsey descreveu com maior precisão as isotermas de dessorção para as amêndoas de baru, pois apresentou os maiores coeficientes de determinação (≤ 0,977) e menores erros médio relativos (≤ 9,612).

Os parâmetros das equações matemáticas frequentemente apresentam um significado físico. No caso do modelo de Halsey, o parâmetro ‘b’ caracteriza o tipo de interação entre o vapor e o sólido. Se ‘b’ é grande, a atração entre o sólido e o vapor é muito específica e não se estende para muito longe da superfície. Se ‘b’ é pequeno, as forças de atração predominantes são de Van der Waals e são capazes de agir a grandes distâncias da superfície (HALSEY,

1949), neste caso, observamos que os valores para estes parâmetros são pequenos, isso significa que a atração entre o adsorvido e o adsorvente é grande, logo, as polpas de tamarindo apresentam uma grande força de interação com a água, adsorvendo-a com facilidade.

Os resultados obtidos corroboram com Leite et al. (2014), ao encontrarem valores baixos (2,299 a 3,350) para o parâmetro ‘b’ em pitangas desidratadas em estufa, nas temperaturas de 20, 30, 40 e 50 °C, observando uma tendência de decréscimo com o aumento da temperatura estudada. Waughon e Pena (2007), ao estudarem as isotermas de adsorção da fibra residual do abacaxi, também encontraram valores baixos para o parâmetro ‘b’, a saber, 1,59 e 1,48, nas temperaturas de 25 e 40 °C, respectivamente.

**Tabela 3** - Parâmetros, coeficientes de determinações, erros médios relativos e desvios-padrão do modelo de GAB ajustado às isotermas de adsorção das polpas de tamarindo liofilizadas a 25, 30 e 35 °C

| GAB        |           |                |       |       |                |       |                       |
|------------|-----------|----------------|-------|-------|----------------|-------|-----------------------|
| Temp. (°C) | Conc. (%) | X <sub>m</sub> | C     | K     | R <sup>2</sup> | P (%) | SE                    |
| 25         | 10        | 6,044          | 0,056 | 1,068 | 0,993          | 0,03  | 1,70x10 <sup>-4</sup> |
|            | 15        | 1,019          | 0,241 | 0,999 | 0,997          | 0,03  | 1,30x10 <sup>-4</sup> |
|            | 20        | 0,559          | 0,378 | 0,952 | 0,998          | 0,03  | 6,00x10 <sup>-5</sup> |
| 30         |           | X <sub>m</sub> | C     | K     | R <sup>2</sup> | P (%) | SE                    |
|            | 10        | 6,000          | 0,063 | 1,062 | 0,974          | 0,09  | 1,12x10 <sup>-3</sup> |
|            | 15        | 2,759          | 0,128 | 1,005 | 0,997          | 0,03  | 1,40x10 <sup>-4</sup> |
|            | 20        | 1,959          | 0,151 | 1,012 | 0,995          | 0,03  | 1,60x10 <sup>-4</sup> |
| 35         |           | X <sub>m</sub> | C     | K     | R <sup>2</sup> | P (%) | SE                    |
|            | 10        | 3,703          | 0,130 | 1,024 | 0,982          | 0,05  | 6,20x10 <sup>-4</sup> |
|            | 15        | 2,886          | 0,136 | 0,997 | 0,970          | 0,09  | 1,29x10 <sup>-3</sup> |
|            | 20        | 0,284          | 1,000 | 0,819 | 0,976          | 0,09  | 1,05x10 <sup>-3</sup> |

Com relação ao modelo de GAB, também considerado adequado para predição das isotermas de adsorção das polpas de tamarindo liofilizadas, Bezerra et al. (2011) e Moreira et al. (2013) identificaram que, diante dos modelos testados, foi o que melhor se ajustou aos dados experimentais, apresentando os menores valores de erros médios relativos (E) e altos coeficientes de correlação para polpa de manga em pó obtida em estufa a vácuo e polpa de manga em pó liofilizada, respectivamente.

No modelo de GAB, o parâmetro  $X_m$  corresponde à quantidade de água na monocamada, fortemente adsorvida a sítios específicos na superfície dos alimentos, que não participa de reações, de difícil eliminação pela secagem e também não congelável por estar ligada ao produto (ALVES et al., 2015). De acordo com a Tabela 3, observa-se uma redução deste teor com o aumento da concentração de maltodextrina. Ao passo que, analisando o efeito da temperatura sobre este parâmetro, não é possível verificar um comportamento específico. Em geral, quanto menor o  $X_m$  maior será a estabilidade do produto (ASCHERI et al., 2006). Feitosa et al. (2017), obtiveram valores variando entre 7,6192 e 7,9550 (% b.s) nas três temperaturas estudadas (20, 30 e 40 °C). Kotovicz (2011), ao avaliar o comportamento higroscópico da batata yacon submetida à secagem convectiva a 70 °C por 150 min obtiveram valor de  $X_m$  de 17,36%, sendo superior aos encontrados neste estudo.

Com relação ao parâmetro C do modelo de GAB, este representa o calor total de sorção da primeira camada e tem significado físico relacionado ao efeito da temperatura (MORAGA et al., 2006; ROCHA et al., 2014), sendo observado uma tendência de aumento com a concentração de maltodextrina e uma tendência de diminuição com a elevação da temperatura. Resultados semelhantes podem ser observados nos trabalhos de Rocha et al. (2014) e Moura Neto et al. (2015), sobre o comportamento higroscópico da polpa de kiwi liofilizado e das polpas de manga e cajá em pó adicionadas de maltodextrina obtidas por secagem em spray dryer, respectivamente.

O valor da constante K de GAB representa uma medida das interações entre as moléculas do adsorvato com o adsorvente (CATELAM et al., 2011). Notou-se uma redução deste parâmetro com o aumento da concentração de maltodextrina, onde, os valores obtidos variaram de 1,068 a 0,819. Oliveira et al. (2014), para o pó liofilizado da polpa de cajá integral encontraram um valor de 0,9965 para este parâmetro, afirmando que o valor da força de interação entre o vapor de água e a matriz sólida do pó da polpa de cajá diminuiu com a adição da maltodextrina, corroborando com os resultados obtidos neste estudo.

**Tabela 4** - Parâmetros, coeficientes de determinações, erros médios relativos e desvios-padrão do modelo de Hailwood-Horrobin ajustado às isotermas de adsorção das polpas de tamarindo liofilizadas a 25, 30 e 35 °C

| Hailwood-Horrobin |           |          |          |          |                      |              |                       |
|-------------------|-----------|----------|----------|----------|----------------------|--------------|-----------------------|
| Temp. (°C)        | Conc. (%) | a        | b        | c        | R <sup>2</sup>       | P (%)        | SE                    |
| 25                | 10        | 1,066    | -0,772   | -2,176   | 0,979                | 0,06         | 5,30x10 <sup>-4</sup> |
|                   | 15        | 1,671    | -1,294   | -1,349   | 0,991                | 0,06         | 3,20x10 <sup>-4</sup> |
|                   | 20        | 2,470    | -1,939   | -0,795   | 0,995                | 0,05         | 1,60x10 <sup>-4</sup> |
| 30                |           | <b>a</b> | <b>b</b> | <b>c</b> | <b>R<sup>2</sup></b> | <b>P (%)</b> | <b>SE</b>             |
|                   | 10        | 0,810    | -0,591   | -3,012   | 0,972                | 0,10         | 1,24x10 <sup>-3</sup> |
|                   | 15        | 1,137    | -0,834   | -1,978   | 0,993                | 0,05         | 2,90x10 <sup>-4</sup> |
| 35                | 20        | 1,549    | -1,165   | -1,395   | 0,992                | 0,05         | 2,50x10 <sup>-4</sup> |
|                   |           | <b>a</b> | <b>b</b> | <b>c</b> | <b>R<sup>2</sup></b> | <b>P (%)</b> | <b>SE</b>             |
|                   | 10        | 1,037    | -0,764   | -1,924   | 0,989                | 0,03         | 3,80x10 <sup>-4</sup> |
| 35                | 15        | 0,924    | -0,665   | -2,456   | 0,984                | 0,06         | 6,90x10 <sup>-4</sup> |
|                   | 20        | 2,480    | -1,925   | -0,495   | 0,978                | 0,07         | 9,50x10 <sup>-4</sup> |

O modelo de Hailwood-Horrobin é tri-paramétrico e é mais empregado para estimar a umidade de equilíbrio da madeira, no entanto foi utilizado com bons ajustes para descrever o comportamento higroscópico da fibra residual do abacaxi seco em secador de leito fixo, com R<sup>2</sup> 0,9978 e P 2,2% (WAUGHON & PENA, 2007).

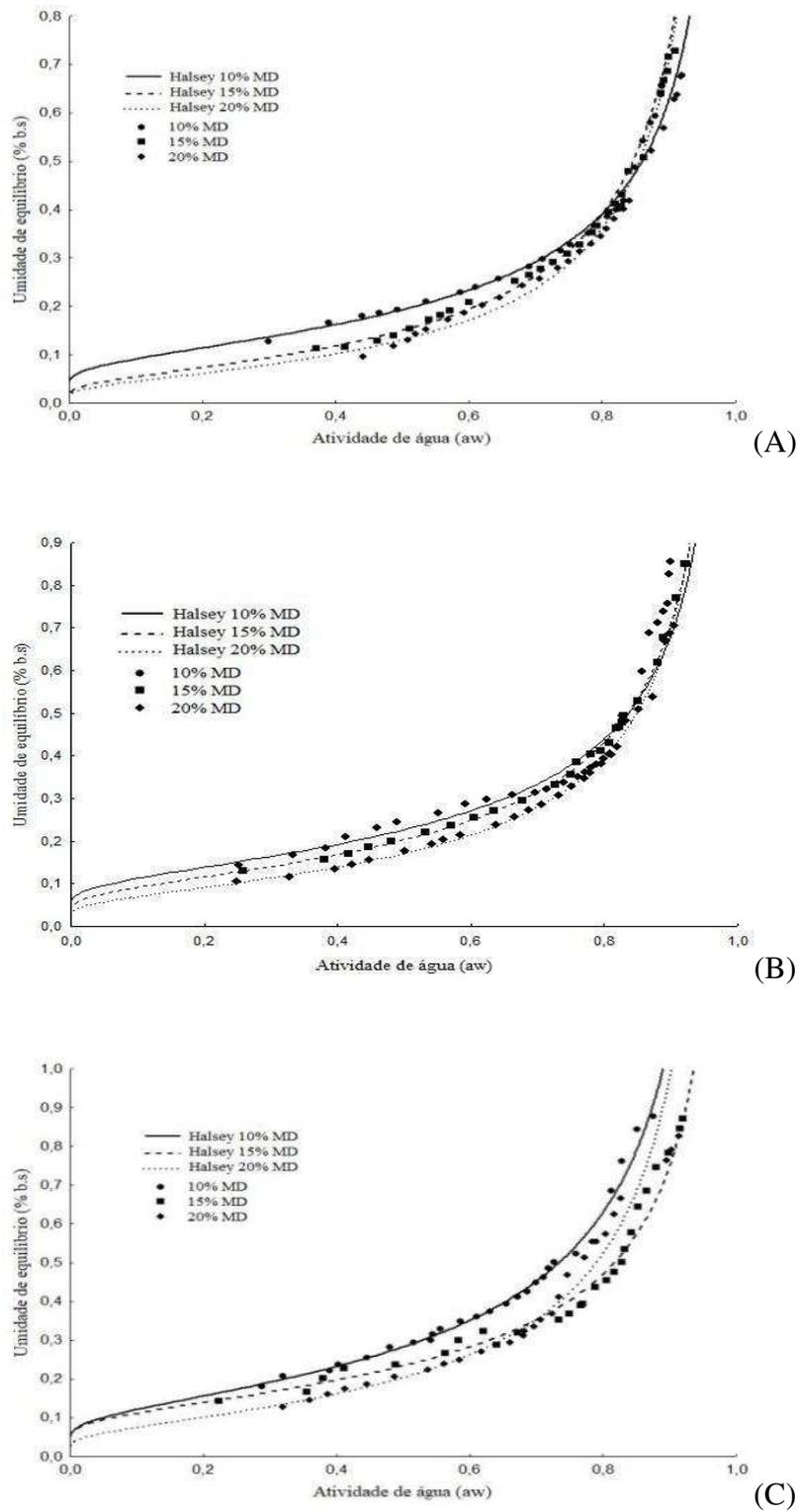
No modelo de Hailwood-Horrobin, o parâmetro 'a' refere-se à massa de água por unidade de massa seca da amostra, que satura os espaços de sorção na monocamada da superfície sólida. Os índices 'b' e 'c' referem-se à hidratação da monocamada e à água dissolvida no sólido, respectivamente (NAKANISHI, 2016). Analisando-se a Tabela 4, observou-se que o parâmetro 'a' é crescente com a concentração de maltodextrina, e que 'b' e 'c' assumem valores negativos em todas as condições estudadas. Waughon e Pena (2007) encontraram valores de 0,00133, 0,0768 e -0,0737 para as constantes 'a', 'b' e 'c' a 25 °C, respectivamente, e -0,00067, 0,0844 e -0,0801 para 'a', 'b' e 'c' a 40 °C, respectivamente.

**Tabela 5** - Parâmetros, coeficientes de determinações, erros médios relativos e desvios-padrão do modelo de Hailwood-Horrobin ajustado às isotermas de adsorção das polpas de tamarindo liofilizadas a 25, 30 e 35 °C

| BET        |           |                |                       |       |                |       |                        |
|------------|-----------|----------------|-----------------------|-------|----------------|-------|------------------------|
| Temp. (°C) | Conc. (%) | X <sub>m</sub> | C                     | K     | R <sup>2</sup> | P (%) | SE                     |
| 25         | 10        | 31177,230      | 2,50x10 <sup>-5</sup> | 0,269 | 0,985          | 5,61  | 3,60x10 <sup>-04</sup> |
|            | 15        | 164,599        | 4,09x10 <sup>-3</sup> | 0,219 | 0,997          | 3,02  | 9,00x10 <sup>-05</sup> |
|            | 20        | 42,899         | 1,40x10 <sup>-2</sup> | 0,199 | 0,998          | 3,82  | 8,00x10 <sup>-05</sup> |
| 30         |           | X <sub>m</sub> | C                     | K     | R <sup>2</sup> | P (%) | SE                     |
|            | 10        | 68526,700      | 1,10x10 <sup>-5</sup> | 0,302 | 0,966          | 11,87 | 1,50x10 <sup>-03</sup> |
|            | 15        | 435,912        | 1,85x10 <sup>-3</sup> | 0,311 | 0,999          | 2,70  | 6,00x10 <sup>-05</sup> |
| 35         | 20        | 488,937        | 1,56x10 <sup>-3</sup> | 0,256 | 0,996          | 2,09  | 1,20x10 <sup>-04</sup> |
|            |           | X <sub>m</sub> | C                     | K     | R <sup>2</sup> | P (%) | SE                     |
|            | 10        | 12575,600      | 6,40x10 <sup>-5</sup> | 0,455 | 0,985          | 0,04  | 3,90x10 <sup>-04</sup> |
| 35         | 15        | 290,650        | 2,78x10 <sup>-3</sup> | 0,352 | 0,976          | 0,08  | 1,07x10 <sup>-03</sup> |
|            | 20        | 9,566          | 4,64x10 <sup>-2</sup> | 0,312 | 0,982          | 0,08  | 8,30x10 <sup>-04</sup> |

De acordo com Andrade et al. (2011) o modelo de BET é aplicável entre atividades de água de 0,05 e 0,45. O parâmetro X<sub>m</sub> de BET apresenta mesmo significado físico do modelo de GAB estes, por sua vez, apresentaram valores superiores, em que, foi observada uma tendência de redução com o aumento da concentração de maltodextrina, bem como, com a elevação da temperatura. Com relação aos parâmetros C, estes apresentaram uma tendência decréscimo com o aumento da concentração de maltodextrina, comportamento inverso é observado para os parâmetros K, que diminui com relação à concentração e à temperatura.

Na Figura 2 (A, B e C), encontram-se os dados experimentais das isotermas de adsorção de umidade para as polpas de tamarindo formuladas com 10, 15 e 20% de maltodextrina e ajustadas ao modelo de Halsey, considerado o melhor entre os testados.



**Figura 2** Isothermas de adsorção de umidade das polpas de tamarindo liofilizadas ajustadas ao modelo de Halsey nas temperaturas de 25 (A), 30 (B) e 35°C (C)

As isothermas de adsorção comportam-se como do Tipo II, ou seja, apresentam formato sigmoide, de acordo com a classificação da IUPAC (1985). A forma das isothermas é devido à

combinação de efeitos coligativos, capilares, interação da água de superfície, baixo peso molecular de carboidratos (açúcares como glucose, arabinose, galactose, raminose, etc.), conteúdo proteico e outros fatores (PANCHEV et al., 2010).

Curvas características do Tipo II abrangem uma série de produtos, os quais foram relatados por diversos autores como, por exemplo, Mosquera et al. (2012), para o liofilizados em pó com e sem maltodextrina e goma arábica; Aguirre-Cruz et al. (2010), para a isoterma da farinha de banana na temperatura de 30 °C; Melo et al. (2011), para as isotermas de adsorção de umidade a 25 °C da casca, polpa e parte fibrosa do buriti; Feitosa et al. (2017), para pó do mix de batata yacon e suco de lima; Pumacahua-Ramos et al. (2017), para isotermas de adsorção do amido de quinoa a 20, 30, 40, 50 e 60°C.

Observou-se que, próximo da atividade de água de 0,8, ocorreram inversões das curvas e este comportamento é atribuído a um aumento na solubilização dos açúcares mais simples. Resultados similares também foram relatados por outros pesquisadores (TELIS-ROMERO et al., 2005; PÉREZ ALONSO et al., 2006).

#### 8.4. CONCLUSÕES

- As polpas liofilizadas absorvem água rapidamente, apresentando, portanto, higroscopicidade elevada em que, os valores de atividade de água crítica são obtidos em tempo de 50 a 80 min.
- O modelo mais adequado para descrever o comportamento higroscópico das polpas liofilizadas de tamarindo é o de Halsey.
- As curvas apresentam formato sigmóide, do tipo II, característico para produtos agrícolas, com inversão em atividade de água próxima a 0,8.

#### 8.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIRRE-CRUZ, A.; ALVAREZ-CASTILLO, A.; CASTREJÓN-ROSALES, T.; CARMONA-GARCÍA, R.; BELLO-PEREZ L, A. Moisture adsorption behavior of banana flours (*Musa paradisiaca*) unmodified and modified by acid-treatment. **Starch-Starke**, v.62, n.12, p.658–666, 2010.

ALEXANDRE, H. V.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M. Isotermas de adsorção de umidade da pitanga em pó. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v.7, p.11-20, 2007.

ALVES, T. P.; FÓZ, H. D.; NICOLETI, J. F. Isotermas de desorção de pimentão verde e energia envolvida no processo. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 18, n. 2, p. 137-145, 2015.

ANDRADE, R. D.; LUMES, R.; PÉREZ, C. E. Models of sorption isotherms for food: Uses and limitations. **Revista de la Facultad de Química Farmaceutica**, v.18, p.325-334, 2011.

ASCHERI, D. P. R.; ANDRADE, C. T.; CARVALHO, C. W. P.; ASCHERI, J. L. R. Efeito da extrusão sobre a adsorção de água de farinhas mistas pré-gelatinizadas de arroz e bagaço de jabuticaba. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 2, p. 325-335, 2006.

BEZERRA, T. S.; COSTA, J. M. C.; AFONSO, M. R. A.; MAIA, G. A.; CLEMENTE, E. Avaliação físico-química e aplicação de modelos matemáticos na predição do comportamento de polpas de manga desidratadas em pó. **Revista Ceres**, v.58, p.278-283, 2011.

CAPRISTE, G. H.; ROTSTEIN, E. Prediction of sorptional equilibrium data for starch-containing foodstuffs. **Journal of Food Science**, v. 47, n. 8, p. 1501-1507, 1982.

FEITOSA, R. M.; SILVA, R. C. S.; AMADEU, L. T. S.; 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.

FURTADO, G. F.; SILVA, F. S.; PORTO, A. G.; SANTOS, P. DESSORÇÃO E CALOR ISOSTÉRICO DE AMÊNDOAS DE BARU. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 8, n. 2, p. 1416-1427, 2014.

HALSEY, G. Physical adsorption on non-uniform surfaces. **Journal of Chemical Physics**, v. 16, p. 931-937, 1948.

IAL (INSTITUTO ADOLFO LUTZ). **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4 ed. São Paulo: IAL, 2008. 1018p.

IUPAC. INTERNATIONAL UNION OF PURE AND APPLIED CHEMISTRY. Reporting physisorption data for gas/solid systems. **Pure and Applied Chemistry**, v. 57, n. 4, p. 603-619, 1985.

KOTOVICZ, V. **Otimização da desidratação osmótica e secagem do yacon (*Polymnia sonchifolia*)**. 2011. 90f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2011.

LEITE, R. A. G.; SILVA, A. L. M. P.; PORTO, A. G.; DERLAN, J. M. Determinação de isotermas de sorção dos frutos de *Eugenia uniflora L.* In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 43, 2014, Campo Grande - MS. **Anais...** Campo Grande: CONBEA, 2014. Disponível em: <http://conbea14.sbea.org.br/2014/anais/R0340-2.pdf>. Acessado em: 02 de outubro de 2018.

LIMA, E. E.; SILVA, A. S.; FIGUEIREDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M. Estudo das isotermas e calor isostérico de adsorção da farinha da coroa de frade. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.10, n.2, p.163-170, 2008.

MELO, W. S.; PENA, R. S.; RODRIGUES, A. M. C.; SILVA, L. H. M. Comportamento higroscópico do buriti (*Mauritia flexuosa*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.31, n.4, p.935-940, 2011.

MONTENEGRO, M. A.; VALLE, L.; BORSARELLI, C. Gum Arabic: More Than an Edible Emulsifier. **Products and applications of biopolymers**, v. 1, p. 1-25, 2012.

MOREIRA, T. B.; ROCHA, E. M. F. F.; AFONSO, M. R. A.; COSTA, J. M. C. Comportamento das isotermas de adsorção do pó da polpa de manga liofilizada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 10, p. 1093-1098, 2013.

MOSQUERA, L. H.; MORAGA, G.; MARTÍNEZNAVARRETE, N. Critical water activity and critical water content of freeze-dried strawberry powder as affected by maltodextrin and arabic gum. **Food Research International**, v.47, n.2, p.201–206, 2012.

MORAGA, G.; MARTINEZ-NAVARRETE, N.; CHIRALT, A. Water sorption isotherms and phase transitions in kiwifruit. *Journal of Food Engineering*, v. 72, n. 2, p. 147-156, 2006.

MOURA NETO, L. G.; ROCHA, É. M. F. F.; AFONSO, M. R. A.; COSTA, J. M. C. Adsorption isotherms of hog plum (*Spondias mombin* L.) pulp powder obtained by spray dryer. **Acta Scientiarum**, v. 37, n. 2, p. 273-277, 2015.

MULET, A.; GARCÍA-PASCUAL, P.; SANJUÁN, N.; GARCÍA-REVERTER, J. Equilibrium isotherms and isosteric heats of morel (*Morchella esculenta*). **Journal of Food Engineering**, v. 53, p. 75–81, 2002.

NAKANISHI, S. C. **Estudo da ampliação de escala do processo de pré-tratamento alcalino do bagaço de cana-de-açúcar para obtenção de etanol de segunda geração**. 2016. 188f. Tese de doutorado (Biotecnologia Industrial). Universidade de São Paulo- São Paulo, 2016.

OLIVEIRA, E. N. A.; SANTOS, D. C.; SOUSA, F. C.; MARTINS, J. N.; OLIVEIRA, S. P. A. Obtenção de ubaia desidratada pelo processo de liofilização. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 04, n. 02: p. 235-242, 2010.

OLIVEIRA, V. S.; AFONSO, M. R. A.; COSTA, J. M. C. Caracterização físico-química e comportamento higroscópico de sapoti liofilizado. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 2, p. 342-348, 2011.

OLIVEIRA, D. M.; CLEMENTE, E.; AFONSO, M. R. A.; COSTA, J. M. C. Hygroscopic behavior of lyophilized powder of grugru palm (*Acrocomia aculeata*). **American Journal of Analytical Chemistry**, v. 4, n. 10, p. 1-7, 2013.

OLIVEIRA, D. M.; CLEMENTE, E.; COSTA, J. M. C. Hygroscopic behavior and degree of caking of grugru palm (*Acrocomia aculeata*) powder. **Journal of Food Science and Technology**, v. 51, n. 10, p. 2783-2789, 2014.

PANCHEV, I.; NIKOLOVA, K.; SLAVOV, A. On the water-sorption properties of pectin. **Food Hydrocolloids**, v.24, n.8, p763-769, 2010.

PEDRO, M. A. M.; TELIS-ROMERO, J.; TELIS, V. R. N. Effect of drying method on the adsorption isotherms and isosteric heat of passion fruit pulp powder. **Food Science and Technology**, v. 30, n. 4, p. 993-1000, 2010.

PÉREZ-ALONSO, C.; BERISTAIN, C. I.; LOBATO-CALLEROS, C.; RODRÍGUES-HUEZO, M. E.; VERNON-CARTER, E. J. Thermodynamic analysis of the sorption isotherms of pure and blended carbohydrate polymers. **Journal of Food Engineering**, v. 77, p. 753-760, 2006.

PUMACAHUA-RAMOS, A; LIMAYLLA-GUERRERO, K. M.; TELIS-ROMERO, J.; LOPES FILHO, J. F. Isotermas e calor isostérico de adsorção da água do amido de quinoa. **Bioteχνología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial**, v.15, n. 1 p. 95-104, 2017.

QUEIROZ, J. M. de O. **Propagação do tamarindeiro (*Tamarindus indica* L.)**. 2010. 78 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas/BA. 2010.

RAHMAN, M. S. **Food Properties handbook**. 2° ed. CRC Press, Boca Raton. 857p. 2009.

ROCHA, E. M. F. F.; RODRIGUES, S.; AFONSO, M. R. A.; COSTA, J. M. C. Mathematical modeling for isotherms of mango pulp powder, obtained by atomization. **Journal of Encapsulation and Adsorption Science**, v. 4, n. 01, p. 8-14, 2014.

SANTOS, A. A. C.; FLORÊNCIO, A. K. G.; ROCHA, E. M. F. F.; COSTA, J. M. C. Avaliação físico-química e comportamento higroscópico de goiaba em pó obtida por spray-dryer. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, n. 3, p. 508-514, 2014.

ROCHA, E. M. F. F.; RODRIGUES, S.; AFONSO, M. R. A.; COSTA, J. M. C. Mathematical modeling for isotherms of mango pulp powder, obtained by atomization. **Journal of Encapsulation and Adsorption Science**, v. 4, n. 01, p. 8-14, 2014.

SOUSA, D. M. M.; BRUNO, R. L. A.; DORNELAS, C. S.; ALVES, E. U.; ANDRADE, A. P.; NASCIMENTO, L. C. Caracterização morfológica de frutos e sementes e desenvolvimento pós-seminal de *Tamarindus indica* L - leguminosae: Caesalpinioideae. **Revista Árvore**, v.34, n.6, p.1009-1015, 2010.

TATTINI JÚNIOR, V.; PARRA, D. F.; PITOMBO, R. N. M. Influência da taxa de congelamento no comportamento físico-químico e estrutural durante a liofilização da albumina bovina. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v.42, n.1, p. 127- 136. 2006.

TELIS-ROMERO, J.; KOHAYAKAWA, M. N.; SILVEIRA JÚNIOR, V.; PEDRO, M. A.M.; GABAS, A. L. Enthalpy-entropy compensation based on isotherms of mango. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, p. 293-303, 2005.

TONON, R. V.; BRABET, C.; HUBINGER, M. D. Influência da temperatura do ar de secagem e da concentração de agente carreador sobre as propriedades físico-químicas do suco de açaí em pó. **Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 29, n. 2, p. 444-450, 2009.

WAUGHON, T. G.; PENA, R. S. Avaliação higroscópica da fibra residual do abacaxi. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 1, n. 2: p. 83 - 92, 2007.

## 9. PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISE SENSORIAL DE SUCOS RECONSTITUÍDOS OBTIDOS A PARTIR DA POLPA DE TAMARINDO EM PÓ

**Resumo:** O tamarindo apresenta um grande potencial tecnológico devido aos seus atributos nutricionais e sensoriais. Em vista disso, objetivou-se com o presente trabalho elaborar, e caracterizar sucos reconstituídos formulados a partir da polpa liofilizada com 10, 15 e 20% de maltodextrina. As variáveis de entrada, polpa em pó e sacarose comercial, foram definidas segundo um planejamento experimental simples composto por 7 tratamentos, dos quais, foram analisados físico-quimicamente quanto aos parâmetros: pH, acidez, sólidos solúveis, *Rátio* e ácido ascórbico. De acordo com os resultados obtidos, o pH apresentou os maiores valores nos tratamento 1 e 2, comportamento inverso para a acidez, devido a menos quantidade de polpa (20g). Os sólidos solúveis encontraram-se elevados devido a adição de sacarose e a concentração de maltodextrina. O *Ratio* obtido foi maior no tratamento 2 (220 g de sacarose), ao passo que o ácido ascórbico apresentou as maiores médias no tratamento 4 (60 g de polpa). Com base em tais características, foi selecionada a polpa liofilizada a 15% e os sucos obtidos das formulações 1, 2 e 4 por apresentarem maiores valores de *Rátio* e vitamina C. Os atributos cor, aparência, aroma e doçura, situaram-se no termo hedônico "gostei ligeiramente", enquanto que o sabor situou-se no termo hedônico "gostei ligeiramente". A formulação 4 apresentou intenção de compra em "beberia muito frequentemente", e os índices de aceitação das bebidas foram maiores do que 70%, classificando-as como de boa aceitação.

**Palavras-chave:** ácido ascórbico, intenção de compra, *Rátio*

### 9.1. INTRODUÇÃO

Segundo a Legislação brasileira, suco reconstituído é aquele sob o estado sólido, obtido pela desidratação do suco integral, devendo conter a expressão 'suco desidratado' (BRASIL, 2003). Alguns poucos estudos envolvendo sucos reconstituídos de frutas já foram conduzidos, a saber, Oliveira et al. (2007), ao avaliarem a influência de diferentes concentrações de maltodextrina e velocidade de atomização sobre as características sensoriais de sucos de maracujá e abacaxi em pó reconstituídos, Kandasamy et al. (2012), ao avaliarem o suco de mamão preparado a partir de polpa em pó obtida por secagem em camada de espuma, e Rocha et al. (2014), ao avaliarem o suco de caju integral e em pó. Porém, pesquisas

relacionadas à caracterização físico-química de sucos de tamarindo obtidos por liofilização são incipientes, o que constitui uma contribuição a um aspecto pouco discutido na literatura, visto que o fruto apresenta um grande potencial tecnológico devido aos seus atributos nutricionais e sensoriais.

A qualidade da polpa de frutas está relacionada com a preservação dos nutrientes e às suas características físicas, químicas, microbiológicas e sensoriais, que devem ser próximas da fruta *in natura*, de forma a atender as exigências do consumidor e da legislação vigente. Tais características não podem ser alteradas pelos equipamentos, utensílios, recipientes e embalagens utilizadas durante o seu processamento e comercialização (BATISTA et al., 2013). A secagem é um método de conservação especialmente vantajoso para uso em polpas de frutas, neste contexto, a liofilização diferencia-se dos demais, pois inibe reações de alterações químicas, favorece a retenção de componentes aromáticos voláteis e produz uma estrutura porosa do material seco, o que facilita sua rápida reidratação (RATTI, 2001).

Sabe-se que a elaboração de sucos por planejamento experimental é uma ferramenta poderosa para se chegar às condições otimizadas de um processo, para o desenvolvimento da formulação de produtos dentro das especificações desejadas ou simplesmente para avaliar os efeitos ou impactos que os fatores têm nas respostas desejadas. Já a análise sensorial, se conduzida corretamente, leva à obtenção de resultados reprodutíveis, com precisão e exatidão comparáveis às dos métodos denominados objetivos (RODRIGUES & IEMMA, 2005; CHAVES & SPROESSER, 2006).

As respostas da análise sensorial podem ser utilizadas pela indústria com diferentes objetivos, tais como: controlar as etapas de desenvolvimento de um produto, avaliar alterações na matéria-prima ou no produto final, selecionar um novo insumo, controlar o efeito da embalagem sobre o produto final, controlar a qualidade do produto e de seu processo de produção, e verificar a estabilidade do produto durante seu armazenamento (DUTCOSKY, 2011).

Em vista disso, objetivou-se com o presente trabalho elaborar e caracterizar sucos reconstituídos a partir da polpa formulada de tamarindo em pó obtida mediante secagem por liofilização, utilizando o planejamento experimental de misturas e a análise sensorial de seus atributos.

## **9.2. MATERIAL E MÉTODOS**

### 9.2.1. Local do experimento

O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas (LAPPA), da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande (PB).

### 9.2.2. Aquisição e Processamento da matéria-prima

Foram utilizados como matéria-prima tamarindos, safra 2017, adquiridos na zona rural do município de Juazeiro do Norte (CE). Os frutos foram selecionados de acordo com o grau de maturação, onde os mesmos apresentaram casca quebradiça e a polpa marrom-escura, adequados para o consumo e processamento. Em seguida, realizou-se a lavagem em água corrente e a sanitização por imersão em solução de hipoclorito de sódio (30 ppm) por 5 min, seguido por um enxague com água potável, drenando-se o excesso de água dos frutos e procedendo-se a separação manual da casca.

Os tamarindos descascados foram imersos em água destilada por 20 min, na proporção 1:1, para facilitar o desprendimento da polpa das sementes, sendo despulpados em despulpadeira (Laboremos DF 200) e acondicionados em embalagens plásticas de polietileno de baixa densidade com capacidade de 0,5L. Após pré-testes, foram elaboradas três formulações com maltodextrina (DE 10) nas concentrações de 10, 15 e 20%.

Para a secagem, utilizou-se um liofilizador de bancada, modelo L101 da Liotop Brasil, operando de acordo com as seguintes condições: temperatura de secagem, -51 °C; pressão, 116 µHg; vácuo, 214 Vca. A secagem das amostras foi conduzida por 72 h, sendo posteriormente desintegradas com o auxílio de almofariz e pistilo, acondicionadas em embalagens laminadas e mantidas dentro de dessecadores com sílica gel, sob condições ambientais (25 °C e UR 75%).

### 9.2.3. Planejamento experimental

Para elaboração dos sucos reconstituídos, as variáveis de entrada, polpa de tamarindo liofilizada e sacarose comercial, foram definidas segundo um planejamento experimental

simplex composto por 7 tratamentos, cujo a matriz de planejamento está apresentada nas Tabelas 1 e 2.

**Tabela 1** Variáveis de entrada e níveis reais e codificados

| Variáveis       | Níveis |     |     |
|-----------------|--------|-----|-----|
|                 | -1     | 0   | +1  |
| Sacarose (g)    | 180    | 200 | 220 |
| Polpa em pó (g) | 20     | 40  | 60  |

\*Valores calculados para 1000mL de água potável

**Tabela 2** Quantidade definidas para as variáveis sacarose e polpa em pó do tamarindo liofilizada

| Tratamentos | Sacarose (g) | Polpa em pó (g) |
|-------------|--------------|-----------------|
| 1           | -1 (180)     | -1 (20)         |
| 2           | +1 (220)     | -1 (20)         |
| 3           | -1 (180)     | +1 (60)         |
| 4           | +1 (220)     | +1 (60)         |
| 5           | 0 (200)      | 0 (40)          |
| 6           | 0 (200)      | 0 (40)          |
| 7           | 0 (200)      | 0 (40)          |

#### 9.2.4. Parâmetros analisados

As polpas em pó e as sete formulações de sucos foram caracterizadas quanto a acidez total titulável (ATT), empregando-se a técnica de titulometria baseada na neutralização da amostra com a solução padronizada de hidróxido de sódio (NaOH) a 0,1 N; pH, determinado pelo método potenciométrico, através de medidor digital modelo TEC-2, do fabricante Tecnal, calibrado com soluções tampão de pH 4,0 e 7,0, ambos de acordo com metodologia descrita por IAL (2008); sólidos solúveis totais, por leitura direta em refratômetro do tipo Abbe; *Ratio*, apenas para as formulações, obtido pela simples divisão da ATT pelo SST; e ácido ascórbico, determinado por titulometria com 2,6-diclorofenolindofenol de sódio padronizado da qual, utiliza o ácido oxálico como solução extratora, os resultados foram expressos em  $\text{mg (100g)}^{-1}$  de ácido oxálico, conforme a metodologia de AOAC (2010).

### 9.2.5. Análise sensorial

Para a análise sensorial, foi realizado um teste afetivo de aceitação por escala hedônica estruturado de nove pontos (1- desgostei extremamente a 9- gostei extremamente), sendo avaliado os atributos cor, aparência, aroma, sabor e doçura. Na mesma ficha, foi aplicado o teste de intenção de compra, com escala estruturada de 5 pontos (1= certamente compraria a 5= certamente não compraria), ver Apêndice B e C. A análise sensorial foi realizada em cabines individuais, com 61 provadores não treinados, as amostras foram fornecidas em copos descartáveis de 50 mL, codificadas com algarismos de três dígitos, a uma temperatura entre 10 a 15°C (temperaturas usuais para o consumo das bebidas). Todos os participantes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido aprovado pelo Comitê de Ética da Instituição (Protocolo nº 2.539.766).

Para o cálculo de Índice de Aceitabilidade do produto, foi adotada a expressão de acordo com a Equação 01.

$$IA(\%) = A \times 100 / B \quad (\text{Eq. 01})$$

Em que A= nota média obtida para o produto e B= nota máxima dada ao produto. O IA com boa repercussão têm sido considerado  $\geq 70\%$ .

Para a seleção dos melhores tratamentos obtidos pelo planejamento experimental, foram selecionadas as formulações de sucos com os maiores valores de *Ratio* e percentual de vitamina C.

### 9.2.6. Análise estatística

Os dados das análises físico-químicas foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as diferenças significativas entre médias foram avaliadas pelo teste de Tukey a 5% de significância, ao passo que, os resultados obtidos da análise sensorial foram avaliados pelo Teste t a 1% de significância, ambos com o auxílio do programa estatístico Assistat versão 7.7 beta (SILVA & AZEVEDO, 2016).

### 9.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 3 encontram-se as médias referentes aos parâmetros analisados nas polpas formuladas de tamarindo em pó obtidas por liofilização.

**Tabela 3** Parâmetros analisados nas polpas formuladas de tamarindo em pó

| Parâmetros                                | 10%      | 15%      | 20%      |
|---|----------|----------|----------|
| Acidez (g (100 g) <sup>-1</sup> )         | 15,853a  | 13,972bc | 13,081c  |
| pH  | 2,892c   | 2,932b   | 2,985a   |
| SST                                       | 13,333bc | 14,167b  | 15,83a   |
| Ác. ascórbico (mg (100 g) <sup>-1</sup> ) | 339,386a | 314,326b | 302,217c |

\*Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si nas linhas, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Com relação à acidez, a adição de maltodextrina, nas concentrações estudadas, promoveu uma diminuição significativa nos valores deste parâmetro. Os resultados encontrados corroboram com os obtidos por Silva et al. (2008), ao estudarem a cinética de secagem da polpa de tamarindo pelo método de camada de espuma (50, 60, 70 e 80 °C) avaliando o efeito da temperaturas sobre a acidez, encontrando valores de 11,93 a 24,94 g (100 g)<sup>-1</sup>.

O pH das amostras apresentaram acréscimos e diferiram estatisticamente entre si com o aumento da concentração de maltodextrina. Os valores obtidos estão condizentes com os encontrados por Santos et al. (2016), cuja as médias variaram de 2,68 a 2,83 em diferentes marcas de polpas de tamarindo congeladas comercializadas em Petrolina (PE) e Juazeiro (BA), e por Canuto et al. (2010), ao caracterizarem a polpa integral, com média de 2,5 para este parâmetro.

Analisando-se os SST, verificou-se que as médias apresentam aumentos significativos com a adição de maltodextrina corroborando com as de Muzaffar e Kumar (2015) de 8,4 °Brix e Lima et al. (2015) de 7,25 °Brix. No entanto, são inferiores às verificadas por Silva et al. (2016), de 18,6 °Brix. Sabe-se que diversos fatores como clima, pluviosidade durante o cultivo e adição de água durante o processo de fabricação podem ter efeito sobre o teor de sólidos solúveis nas polpas, o que justificaria a falta de uniformidade entre os valores apresentados para as diferentes marcas (FREIRE et al., 2009). Além disso, o tempo de

maturação e as variedades também são importantes fatores a serem considerados para o aproveitamento industrial do fruto (BATISTA et al., 2015).

Analisando-se o teor de ácido ascórbico, verificou-se que as médias obtidas apresentaram diferenças significativas entre si com a concentração de maltodextrina. Silva et al. (2010), ao analisar a polpa de fruta congelada e comercializada no interior do Ceará, encontraram um valor de 3,0955 mg (100 g)<sup>-1</sup>. Silva et al. (2008), ao avaliar o efeito da temperatura no teor de ácido ascórbico, verificaram que este teor variou de 19,20 a 39,45 mg (100 g)<sup>-1</sup>. A legislação brasileira não estabelece um limite máximo e mínimo para a vitamina C na polpa de tamarindo, contudo este resultado poderá servir como padrão de referência para trabalhos futuros ou como base para o estabelecimento dos Padrões de Identidade e Qualidade. Pode-se citar também que o alimento desidratado tem seus componentes nutricionais mais concentrados, aumentando o valor nutricional do produto (CELESTINO, 2010).

Na Tabela 4 tem-se as respostas para os valores de pH dos tratamentos de sucos obtidos pelo planejamento experimental. Os maiores valores de pH encontram-se nos tratamentos 1 e 2 para as três concentrações (10, 15 e 20%), isto deve-se a menor quantidade de pó utilizado na formulação (20 g), já o menor teor para este parâmetro encontra-se nos tratamentos 3 e 4 (60 g).

**Tabela 4** - Valores do pH nos sucos obtidos por planejamento experimental

| Tratamento | pH      |         |         |
|------------|---------|---------|---------|
|            | 10%     | 15%     | 20%     |
| 1          | 3,033a  | 3,015a  | 3,012a  |
| 2          | 3,006a  | 3,006a  | 3,022a  |
| 3          | 2,914b  | 2,886d  | 2,870d  |
| 4          | 2,877c  | 2,891d  | 2,864d  |
| 5          | 2,910b  | 2,921b  | 2,893c  |
| 6          | 2,895bc | 2,900cd | 2,923b  |
| 7          | 2,908b  | 2,913bc | 2,912bc |

\*Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si nas linhas, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

De acordo com a classificação dada por Vasconcelos e Filho (2010), os sucos de tamarindo são alimentos considerados “muito ácido” o que é um fator importante para a conservação do produto. Rocha et al. (2014), encontraram valor de pH inferior a 4,5 para o suco de caju em pó obtido pela secagem por atomização e afirmaram que tais valores dificulta o desenvolvimento e a proliferação dos microrganismos. Borges et al. (2011), ao avaliarem as mudanças físico-químicas provocadas pelo tipo de armazenamento (ambiente e refrigerado) do suco de abacaxi ‘Pérola’ encontraram valor de pH inicial de 3,74, estando abaixo do pH crítico para a conservação.

Na Tabela 5 têm-se as respostas experimentais para os valores de acidez total titulável das amostras de sucos. Os menores valores para este parâmetro localizou-se nos tratamentos 1 e 2, estes por sua vez, não apresentaram diferenças estatísticas entre si. Já os maiores valores são obtidos nos sucos dos tratamentos 3 e 4, por serem mais concentrados devido a maior quantidade de polpa formulada de tamarindo em sua composição.

**Tabela 5** -Valores da acidez total titulável nos sucos obtidos por planejamento experimental

| Tratamento | ATT (g (100g) <sup>-1</sup> ) |         |         |
|------------|-------------------------------|---------|---------|
|            | 10%                           | 15%     | 20%     |
| 1          | 0,282d                        | 0,250d  | 0,227d  |
| 2          | 0,281d                        | 0,255d  | 0,231d  |
| 3          | 0,816a                        | 0,712a  | 0,643a  |
| 4          | 0,780b                        | 0,708a  | 0,647a  |
| 5          | 0,562c                        | 0,497bc | 0,432b  |
| 6          | 0,543c                        | 0,521b  | 0,418bc |
| 7          | 0,531c                        | 0,477c  | 0,416c  |

\*Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si nas linhas, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Não foram encontrados na literatura valores para a acidez total titulável em sucos reconstituídos de tamarindo. Assim, recorreu-se às pesquisas obtidas para outras frutíferas, como a de Figueira et al. (2010), analisando a acidez de sucos concentrados, sucos integrais, sucos reconstituídos, sucos adoçados e refrigerantes de laranja para compará-los com a legislação vigente, encontraram médias de 4,31, 0,68, 0,66, 0,58 e 0,16 (g de ácido cítrico por 100 gramas da bebida), respectivamente. Coelho et al. (2010), ao avaliarem a qualidade do

suco de maracujá-amarelo com diferentes pontos de colheita verificaram que os valores de acidez dos frutos avaliados após a estocagem não apresentaram diferenças significativas em relação aos frutos totalmente maduros, que atingiram valores médios de 4,42%.

Na Tabela 6 têm-se as respostas experimentais para os sólidos solúveis totais, expresso em °Brix. A adição de sacarose comercial é uma prática que eleva os valores dos sólidos solúveis, logo, os maiores valores encontram-se na formulação 4 (220 g de açúcar + 60g de polpa em pó), seguida pela formulação 2 (220 g de açúcar + 20g da polpa em pó).

**Tabela 6** - Valores para os sólidos solúveis totais nos sucos obtidos por planejamento experimental

| Tratamento | SST (°Brix) |         |         |
|------------|-------------|---------|---------|
|            | 10%         | 15%     | 20%     |
| 1          | 16,000c     | 16,000c | 16,933c |
| 2          | 18,333b     | 19,000b | 20,000b |
| 3          | 18,000b     | 18,333b | 18,000c |
| 4          | 20,667a     | 21,333a | 21,667a |
| 5          | 18,333b     | 18,000b | 18,167c |
| 6          | 18,167b     | 18,667b | 18,000c |
| 7          | 18,333b     | 19,000b | 18,000c |

\*Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si nas linhas, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A legislação brasileira permite a adição de até 10% (m/m) de açúcar de cana aos sucos reconstituídos, ou até a concentração original do suco integral ou ao teor de sólidos solúveis mínimo estabelecido nos respectivos Padrões de Identidade e Qualidade para cada tipo de suco integral (BRASIL, 2009), no entanto não existem valores para o tamarindo, ressaltando por oportuno, que as quantidades de açúcar utilizadas neste estudo foram selecionadas para equilibrar a elevada acidez das polpas.

Os resultados obtidos para todos os tratamentos estão acima dos encontrados por Frata et al. (2006), ao analisarem sucos integrais, reconstituídos e néctar de laranja comerciais, onde os autores obtiveram valores médios entre 11,17 a 11,76°Brix e por Figueira et al. (2010), analisando o teor de sólidos solúveis de sucos concentrados, sucos integrais, sucos

reconstituídos e sucos adoçados de laranja para compará-los com a legislação vigente, encontraram médias de 60,21, 11,01, 11,02, 11,06 °Brix, respectivamente.

Valores semelhantes podem ser observado nos trabalhos desenvolvido por Santana et al. (2008), avaliando três marcas de diferentes sucos de uva integral (*Vitis labrusca L.*) oriundos de duas regiões do Brasil (Sudeste e Centro-Oeste), os autores verificaram que os valores médios de sólidos solúveis variaram significativamente entre as três marcas analisadas e que, o suco de uva da marca A apresentou o maior valor de sólidos solúveis (17,30 °Brix); e por Kunitake et al. (2014), avaliando o impacto da temperatura de pasteurização (85, 90 e 95 °C por 30 s) na qualidade e na estabilidade de caldo de cana acidificado e adicionados de polpa de maracujá, cujo as médias referentes aos sólidos solúveis foram de 19,7 e 20,1 °Brix.

Na Tabela 7 encontram-se as respostas experimentais para os valores de *Ratio* das formulações. Segundo Cardoso et al. (2010), a expressão "*Ratio*" é muito utilizada na indústria de bebidas não alcoólicas; refere-se a relação entre SST e ATT e é uma das melhores formas de avaliação do sabor de uma fruta (CHITARRA & CHITARRA,2005). Essa relação mostra-se interessante uma vez que os maiores valores de ratio estão associados a melhor aceitação em relação ao sabor (BERILLI et al., 2011).

**Tabela 7** - Valores de ratio nos sucos obtidos por planejamento experimental

| Tratamento | <i>Ratio</i> (°Brix/%) |         |         |
|------------|------------------------|---------|---------|
|            | 10%                    | 15%     | 20%     |
| 1          | 56,767b                | 64,017b | 74,624b |
| 2          | 65,284a                | 74,436a | 86,479a |
| 3          | 22,054d                | 25,758e | 28,006e |
| 4          | 26,513d                | 30,128d | 33,482d |
| 5          | 32,621c                | 36,274c | 42,069c |
| 6          | 33,434c                | 35,946c | 43,103c |
| 7          | 34,547c                | 39,827c | 43,301c |

\*Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si nas linhas, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

De acordo com os resultados obtidos, os maiores valores para este parâmetro encontram-se nas formulações 1 e 2, estes por sua vez, são superiores aos obtidos por Pimentel et al. (2011), para o néctar de pêssigo com potencial simbiótico, cujo os valores

foram compreendidos entre 40,0 e 45,33. Silva et al. (2011), desenvolvendo néctares mistos à base de manga e cajá, encontraram valores de *Ratio* variando entre 24,35 e 25,05. Santos et al. (2014), ao elaborarem um néctar de graviola adoçado com mel de *Apis mellifera*, encontraram para o ratio médias que variaram de 47,13 a 55,18.

Na Tabela 8 tem-se as respostas experimentais para o teor de ácido ascórbico. O maior valor encontra-se no tratamento 4, devido a maior quantidade de polpa adicionada. Notou-se ainda que a polpa formulada a 15% apresentou superioridade deste nutriente, seguido pela formulação a 10 e 20%, qua não variaram entre si, respectivamente.

**Tabela 8** Valores para o ácido ascórbico nos sucos obtidos por planejamento experimental

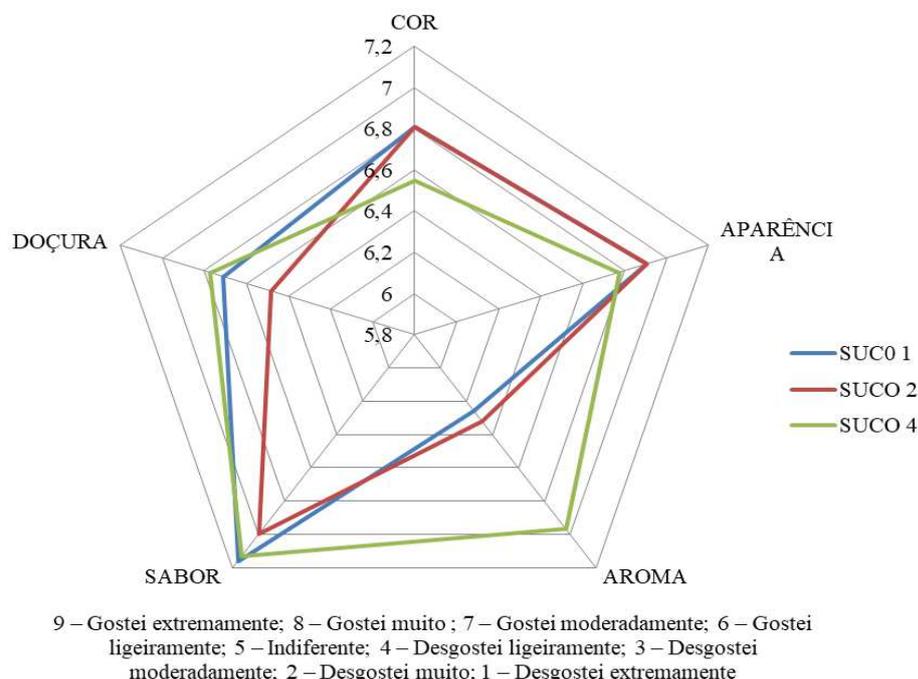
| Tratamento | Ácido ascórbico (mg (100g) <sup>-1</sup> ) |          |          |
|------------|--|----------|----------|
|            | 10%  | 15%      | 20%      |
| 1          | 45,884c                                    | 44,336e  | 52,792b  |
| 2          | 29,554d                                    | 42,985e  | 26,011d  |
| 3          | 56,036ab                                   | 71,253b  | 53,760ab |
| 4          | 61,671a                                    | 82,465a  | 60,945a  |
| 5          | 61,576a                                    | 57,475cd | 27,002d  |
| 6          | 61,414a                                    | 62,527c  | 36,434c  |
| 7          | 61,891a                                    | 63,012c  | 36,436c  |

\*Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si nas linhas, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os valores obtidos encontram-se inferiores aos de Neves & Lima (2010), para néctar de acerola, cuja as variações foram de 154,3 a 271,6 mg (100g)<sup>-1</sup> e Rocha et al. (2014), para o suco integral e o suco em pó obtido por atomização da polpa de caju, cuja as médias encontradas foram de 1592,71 e 282,67 mg (100g)<sup>-1</sup>, os autores ressaltaram que o processo de atomização ocasionou uma redução do teor de ácido ascórbico na ordem de 82,25%.

Para a seleção das melhores formulações de sucos, foi escolhido o pó adicionado de 15% de maltodextrina, pois este se manteve estável durante testes de armazenamentos por um tempo de 90 dias, sob condições ambientais (25°C e 75% UR). O pó a 20% também apresentou estabilidade equiparada, no entanto, por apresentar maior quantidade do coadjuvante, poderia interferir nos atributos sensoriais das amostras. Com base nas formulações obtidas pelo planejamento, os sucos selecionados foram o 1 e 2, por

apresentarem maiores valores de *Ratio*, e o 4 por apresentar maior teor de ácido ascórbico. Os resultados da análise sensorial para estas três formulações de sucos podem ser observados na Figura 1.



**Figura 1.** Perfil sensorial dos sucos obtidos por planejamento experimental

De acordo com a cor e a aparência das amostras observou-se diferenças não significativas entre si, indicando que as concentrações da polpa de tamarindo em pó não afetaram a percepção dos provadores sobre estes atributos. Teixeira (2009), menciona que a cor e a aparência são atributos extrínsecos que representam o primeiro contato entre o consumidor e o produto, determinando as reações pessoais de aceitação, indiferença ou rejeição. De acordo com as médias obtidas, os valores situaram-se entre 6,56 a 6,8, indicando o termo hedônico “gostei ligeiramente” por parte dos provadores.

Com relação ao aroma, a formulação 4 apresentou a maior média, diferindo das demais, tal fato é justificado pela maior concentração de polpa no suco (60g). O sabor e a doçura não apresentaram diferenças estatísticas, as amostras apresentaram-se dentro da escala hedônica em “gostei moderadamente” e “gostei ligeiramente”, respectivamente.

Faraoni et al. (2012), desenvolveram um suco misto de manga, goiaba e acerola utilizando o delineamento de misturas para se determinar as proporções das polpas, e verificaram que todas as 10 formulações foram aceitas sensorialmente, com médias variando de 6,6 a 7,6, situando-as entre os termos hedônicos “gostei ligeiramente” e “gostei muito”.

Santana et al. (2018), ao avaliarem sensorialmente sucos mistos de laranja e cenoura em diferentes concentrações, encontraram escores médios dos referentes tratamentos correspondendo ao termo hedônico "gostei ligeiramente".

Na Tabela 9 são apresentadas as médias obtidas para a intenção de compra das bebidas. As formulações 1 e 2 situaram-se nos termos “beberia frequentemente”, a formulação 4 situou-se no termo “beberia muito frequentemente”, não diferindo estatisticamente da formulação 1.

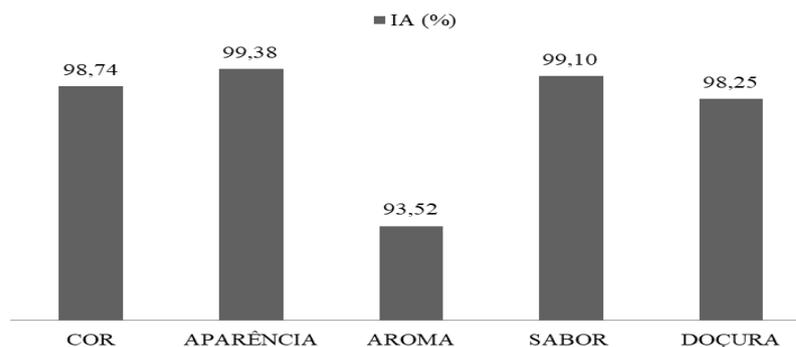
**Tabela 9.** Intenção de compra das formulações de sucos obtidas por planejamento experimental

| Intenção de compra | Formulação 1 | Formulação 2 | Formulação 4 |
|--------------------|--------------|--------------|--------------|
|                    | 3,258ab      | 3,419a       | 2,871b       |

\*Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste F ( $p \geq 0,01$ )

Borges et al. (2011), ao avaliarem a aceitação de sucos de uva ‘Isabel’ combinados em cortes com sucos de outras cultivares, verificaram que os atributos aroma, sabor, corpo e aceitação global, não apresentaram diferenças significativas.

Na Figura 2 encontram-se os índices de aceitação dos atributos avaliados, e pôde-se verificar que os valores obtidos foram elevados, com destaque para os atributos aparência e sabor das bebidas formuladas.



**Figura 2** Índice de aceitabilidade dos sucos obtidos por planejamento experimental

De acordo com estes resultados, pôde-se afirmar que as três formulações foram bem aceitas e apresentam um bom potencial de comercialização, uma vez que os resultados para os diferentes atributos foram acima de 70% (DUTCOSKY, 2011). Lima et al. (2018), ao avaliarem as características sensoriais de três formulações de néctar misto de umbu e mangaba verificaram que os índices de aceitabilidade (IA) obtidos pelos atributos sensoriais

das três formulações foram, respectivamente, 95,83%, 89,58% e 100%, sendo considerados de boa aceitação.

#### 9.4. CONCLUSÕES

- A caracterização das polpas formuladas em pó mostra que as amostras apresentam uma alta acidez, baixos pH, SST e teor de ácido ascórbico elevado, estes parâmetros sofrem influências com as concentrações de maltodextrina utilizadas.
- Com relação aos sucos, o pH apresenta os maiores valores nos tratamento 1 e 2 ao passo que nos tratamentos 3 e 4 são verificados os menores; comportamento inverso é observado para a acidez, em que os menores valores são encontrados nos tratamentos 1 e 2 e o maior teor nos tratamentos 3 e 4, devido a maior quantidade de polpa em sua composição.
- Sobre os sólidos solúveis totais, a legislação brasileira não estabelece limites máximos e mínimos para o tamarindo, estes encontra-se acima das médias citadas pela literatura, tal fato deve-se a adição de sacarose e a concentração de maltodextrina.
- O *Ratio* obtido é maior no tratamento 2, ao passo que, o ácido ascórbico apresenta as maiores médias no tratamento 4.
- Os atributos cor, aparência, aroma e doçura, das três formulações de sucos, situam-se no termo hedônico "gostei ligeiramente", enquanto que o sabor situa-se no termo hedônico "gostei moderadamente". A formulação 4 apresenta intenção de compra em "beberia muito frequentemente" e os índices de aceitação das bebidas são maiores do que 70%, classificando-as como de boa aceitação.

#### 9.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AOAC - Official of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis**. Washington. 18<sup>a</sup> ed. 3<sup>a</sup> Revisão, 2010. 1094p.

BATISTA, A. G. B.; OLIVEIRA, B. D.; OLIVEIRA, M. A.; GUEDES, T. J. G.; SILVA, D. F.; PINTO, N. A. V. D. Parâmetros de qualidade de polpas de frutas congeladas: uma

abordagem para produção do agronegócio familiar no Alto Vale do Jequitinhonha. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, v. 7, n.4, p. 49-54, dez, 2013.

BATISTA, P. F.; LIMA, M. A. C.; TRINDADE, D. C. G.; ALVES, R. E. Quality of different tropical fruit cultivars produced in the lower basin of the São Francisco Valley. **Revista Ciência Agronômica**, v. 46, n. 1, p. 176-184, 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-66902015000100021>.

BERILLI, S. S.; ALMEIDA, S. B.; CARVALHO, A. J. C.; FREITAS, S. J.; BERILLI, A. P. C. G.; SANTOS, P. C. Avaliação sensorial dos frutos de cultivares de abacaxi para consumo *in natura*. **Revista Brasileira de Fruticultura**, volume especial, p. 592-598, 2011.

BORGES, P. R. S.; CARVALHO, E. N.; VILAS BOAS, E. V. B.; LIMA, J. P.; RODRIGUES, L. F. Estudo da estabilidade físico-química de suco de abacaxi ‘pérola’. **Ciência e agrotecnologia**, v.35, n.4, p.742-750, 2011.

BORGES, R. S.; PRUDÊNCIO, S. H.; ROBERTO, S. R.; ASSIS, A. M. Avaliação sensorial de suco de uva cv. Isabel em cortes com diferentes cultivares. **Revista Brasileira de Fruticultura**, volume especial, p.584-591, 2011

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Coordenação de Inspeção Vegetal. Serviço de Inspeção Vegetal. **Instrução normativa n. 12, de 4 de setembro de 2003**. Aprova o regulamento técnico para fixação dos padrões de identidade e qualidade gerais para suco tropical e néctar. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 9 set. 2003. Disponível em: <http://extranet.agricultura.gov.br/sislegisconsulta/consultarLegislacao.do?operacao=visualizar&id=2831>. Acessado em: 07 dez. 2017.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Coordenação de Inspeção Vegetal. Serviço de Inspeção Vegetal. **Decreto n. 6.871, de 4 de junho de 2009**. Padronização, classificação, registro, inspeção, produção e fiscalização de bebidas. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 5 jun. 2009. Disponível em: <http://extranet.agricultura.gov.br/sislegisconsulta/consultarLegislacao.do?operacao=visualizar&id=20271>. Acessado em: 8 dez. 2017.

CANUTO, G. A. B.; XAVIER, A. A. O.; NEVES, L. C.; BENASSI, M. T. Caracterização físico-química de polpas de frutos da Amazônia e sua correlação com a atividade anti-radical livre. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 4, p. 1196-1205, 2010. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452010005000122>

CARDOSO, W. S.; PINHEIRO, F. A.; PEREZ, R.; PATELLI, T.; FARIA, E. R. Desenvolvimento de uma salada de frutas: da pesquisa de mercado à tecnologia de alimentos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, n. 2, p. 454-462, 2010.

CELESTINO, CMS. **Princípio de secagem de alimentos**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2010. 51 p. (Circular Técnica 276).

CHAVES, J. B. P.; SPROESSER, L. R. **Práticas de laboratório de análise sensorial de alimentos e bebidas**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1993. 81p.

CHITARRA, MIF; CHITARRA, AB. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manejo**. 2.ed. Lavras: UFLA, 2005. 785p.

COELHO, A. A.; CENCI, S. A.; RESENDE, E. D. Qualidade do suco de maracujá-amarelo em diferentes pontos de colheita e após o amadurecimento. **Ciência e agrotecnologia**, v.34, n. 3, p. 722-729, 2010.

DUTCOSKY, D. S. **Análise sensorial de alimentos**. Curitiba: Champagnat, 2011.

FARAONI, A. S.; RAMOS, A. M.; GUEDES, D. B.; OLIVEIRA, A. N.; LIMA, T. H. S.; SOUSA, P. H. M. **Ciência Rural**, v.42, n.5, p.911-917, 2012.

FIGUEIRA, R.; NOGUEIRA, A. M. P.; VENTURINI FILHO, W. G.; PEREIRA, E. C. Análise físico-química e legalidade em bebidas de laranja. **Alimentos e Nutrição**, v.21. n. 2, p. 267-272, 2010

FRATA, MT; VALIM, MF; MONTEIRO M. Preference mapping of commercial orange juices. **Fruit Processing**, v.16, n.2, p.116-121, 2006

FREIRE, M T A et al. Caracterização físico-química, microbiológica e sensorial de polpa de cupuaçu congelada (*Theobroma grandiflorum* Shum). **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 12, n.1, p. 9-16, 2009.

IAL - Instituto Adolfo Lutz. **Normas analíticas do IAL: métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 5.ed. São Paulo, 2008. 1020 p.

KANDASAMY, P.; VARADHARAJU, N.; KALEMULLAH, S.; MALADHI, D. Optimization of process parameters for foam-mat drying of papaya pulp. **Journal of Food Science and Technology**, v. 51, n. 10, p. 2526-34, 2012.

KUNITAKE, M.; DITCHFIELD, C.; SILVA, C.; PETRUS, R. Effect of pasteurization temperature on stability of an acidified sugarcane juice beverage. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 38, n.6, p.554-561, 2014.

LIMA, T. L. S.; CAVALCANTE, C. L.; SOUSA, D. G. S.; SILVA, P. H. A.; SOBRINHO, L. G. A. Avaliação da composição físico-química de polpas de frutas comercializadas em cinco cidades do Alto Sertão paraibano. **Revista Verde**, v.10, n.2, p. 49-55, 2015.

LIMA, L. L. A.; SILVA, A. M. O.; FERREIRA, I. M.; NUNES, T. P.; CARVALHO, M. G. Néctar misto de umbu (*Spondias tuberosa* Arr. Câmara) e mangaba (*Hancornia Speciosa* Gomes): elaboração e avaliação da qualidade. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 21, e2017034, 2018

MUZAFFAR, K.; KUMAR, P. Effect of process parameters on extraction of pulp from tamarind fruit. **In: MISHRA, G. C. Conceptual frame work & innovations in agroecology and food sciences**. New Delhi: Krishi Sanskriti Publications, 2015. p. 65-67. Disponível em: <[http://www.krishisanskriti.org/vol\\_image/11Sep201509092417.pdf](http://www.krishisanskriti.org/vol_image/11Sep201509092417.pdf)>. Acesso em: 29 jun. 2017.

NEVES, M VM das; LIMA, VLAG. Avaliação sensorial e caracterização físicoquímica de néctar de acerola adicionado de extrato comercial de própolis. **Alimentos e Nutrição**, v.21, n. 3, p. 399-405, 2010.

OLIVEIRA, ARG; BORGES, SV; FARIA, RK; ENDO, E; GREGÓRIO, SR. Influência das condições de secagem por atomização sobre as características sensoriais de sucos maracujá (*Passiflora edullis*) e abacaxi (*Ananas comosus*) desidratados. **Revista de Ciências Agrônômicas**, v. 38, n.3, p.251- 256, 2007.

PIMENTEL, TC; PRUDENCIO, S H.; RODRIGUES, RS. Néctar de pêssigo potencialmente simbiótico. **Alimentos e Nutrição**, v. 22, n. 3, p. 455-464, 2011.

RATTI, C. Hot air and freeze-drying of high-value foods: a review. **Journal of Food Engineering**, v. 49, p. 311- 319. 2001.

RODRIGUES, MI; IEMMA, AF. **Planejamento de experimento e otimização de processos: uma estratégia seqüencial de planejamentos**. Campinas: Casa do Pão, 2005. 326p.

ROCHA, E. M. F. F.; SOUSA, S. L.; COSTA, J. P.; RODRIGUES, S.; AFONSO, M. R. A.; COSTA, J. M. C. Obtenção de suco de caju atomizado através do controle das condições de secagem. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n. 6, p. 646–651, 2014

SANTANA, M. T. A.; SIQUEIRA, H. H.; REIS, K. C.; LIMA, L. O.; SILVA, R. J. L. Caracterização de diferentes marcas de sucos de uva comercializados em duas regiões do brasil. **Ciência e agrotecnologia**, v. 32, n. 3, p. 882-886, 2008. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542008000300027>

SANTANA, K. I.; PASSOS, F. R.; CARVALHO, A. M. X.; MENDES, F; Q. Suco misto de laranja e cenoura em diferentes concentrações. **The Journal of Engineering and Exact Sciences**, v. 4, n. 3, 2018.

SANTOS, D. C.; MOREIRA, A. S.; OLIVEIRA, E. N. A.; SANTOS, Y. M. G. Elaboração de bebida tipo néctar de graviola adoçada com mel de *Apis melífera*. **Revista Caatinga**, v. 27, n. 4, p. 216 - 225, 2014.

SILVA, A. S.; GURJÃO, K. C. O.; ALMEIDA, F. A. C.; BRUNO, R. L. A.; PEREIRA, W. E. Desidratação da polpa de tamarindo pelo método de camada de espuma. **Ciência e Agrotecnologia**, v.32, n.6, p. 1899-1905, 2008.

SILVA, MT M; OLIVEIRA, JS; JALES, K A. Avaliação da qualidade físico-química de polpas de frutas congeladas comercializadas no interior do Ceará. **In: CONGRESSO NORTE-NORDESTE DE PESQUISA E INOVAÇÃO (CONNEPI), 5., 2010, Maceió. Anais... Alagoas: IFAL, 2010b. Disponível em: <<http://connepi.ifal.edu.br/ocs/index.php/connepi/CONNEPI2010/paper/view/1124>>. Acesso em: 4 set. 2017.**

SILVA, L. M. R.; LIMA, A. S.; MAIA, G. A.; RODRIGUES, M. C. P.; FIGUEIREDO, R. W.; SOUSA, P. H. M. Desenvolvimento de néctares mistos à base de manga e cajá enriquecidos com frutooligossacarídeos ou inulina. **Alimentos e Nutrição**, v. 22, n.1, p. 149-154, 2011.

SILVA, C. E. F.; MOURA, E. M. O.; ANDRADE, F. P.; GOIS, G. N. S. Importância da monitoração dos padrões de identidade e qualidade na indústria de polpa de fruta. **Journal of Bioenergy and Food Science**, v.3, n.1, p. 17-27, 2016.

SANTOS, E H F; NETO, A.F; DONZELI, VP. Aspectos físico-químicos e microbiológicos de polpas de frutas comercializadas em Petrolina (PE) e Juazeiro (BA). **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 19, e2015089, 2016.

SILVA, F. de A. S.; AZEVEDO, C. A. V. de. The Assistat *Software* Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **African Journal of Agricultural Research**, v.11, n.39, p.3733-3740, 2016.

TEIXEIRA, L. V. Análise sensorial na indústria de alimentos. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 64, n. 366, p. 1-14, 2009

VASCONCELOS, M. A. S.; MELO FILHO, A. B. **Conservação dos Alimentos**. Programa Escola Técnica Aberta do Brasil (ETEC – Brasil). Recife: EDUFRPE, 2010, 130 p.

## 10. CONCLUSÕES GERAIS

- A adição de maltodextrina, bem como, a secagem por liofilização promove modificações nas características físicas e físico-química das polpas. Os compostos fenólicos variam 61,611 a 74,161 mg (100 g)<sup>-1</sup> antes do processo e 45,390 a 95,372 mg (100 g)<sup>-1</sup> depois de liofilizadas e a atividade antioxidante reduz em até 52,14% nas amostras em pó.
- As polpas liofilizadas apresenta alta higroscopicidade, o que representa um problema durante o armazenamento devido ao alto grau de aglomeração do produto. As amostras não apresentam a presença de bolores, leveduras, coliformes totais e fecais, sendo também constatada a ausência de *Salmonella sp.* em 25g do produto.
- Observa-se um comportamento muito similar ao da curva obtida para a água pura, permitindo distinguir os três estágios típicos durante a conversão da água em gelo. A estabilização térmica ocorre em 12.000 s na polpa integral, 12.500 s na polpa a 10%, 13.000 s na polpa a 15% e 13.100 s na polpa a 20% de maltodextrina.
- Durante o armazenamento congelado, as polpas não apresentam variações significativas no teor de água, o pH caracteriza-as como “muito ácidas”, o ácido ascórbico apresenta degradação de aproximadamente 50% do seu teor inicial e de acordo com os valores de L, a\* e b\*, as polpas são de coloração escura com intensidade vermelho-amarelada, tais parâmetros sofre influências pelas variáveis concentração de maltodextrina e tempo de armazenamento.
- No armazenamento das polpas liofilizadas, as amostras apresentam incrementos nos valores de teor de água de 29,38, 28,58 e 31,05%, respectivamente, sendo consideradas não perecíveis, de elevada acidez e baixo pH. O ácido ascórbico reduz em até 36,29% ao final do armazenamento, tal fato está associado ao método de secagem, tempo, temperatura e embalagem utilizada.
- Sobre o comportamento higroscópico, as polpas liofilizadas absorvem água rapidamente, apresentando, portanto, higroscopicidade elevada onde os valores de atividade de água crítica são obtidos em tempo de 50 a 80 min. O modelo mais adequado para descrever o comportamento higroscópico das polpas é o de Halsey. As curvas apresentam formato sigmóide, do tipo II, característico para produtos agrícolas, com inversão em atividade de água próxima a 0,8.
- Com relação aos sucos, o pH apresenta os maiores valores nos tratamento 1 e 2 (20g da polpa), comportamento inverso foi observado para a acidez, em que os menores

valores são encontrados nos tratamentos 1 e 2. O *Ratio* obtido é maior no tratamento 2 (220 g de sacarose), ao passo que, o ácido ascórbico apresenta as maiores médias no tratamento 4 (60 g da polpa).

- Os atributos cor, aparência, aroma e doçura, das três formulações de sucos, situam-se no termo hedônico "gostei ligeiramente", enquanto que o sabor situa-se no termo hedônico "gostei moderadamente". A formulação 4 apresenta intenção de compra em "beberia muito frequentemente" e os índices de aceitação das bebidas são maiores do que 70%, classificando-as como de boa aceitação.

APÊNDICES

**APÊNDICE A:** Parâmetros, coeficientes de determinações, erros médios relativos e desvios-padrão dos modelos ajustados às isotermas de adsorção das polpas de tamarindo liofilizadas a 25, 30 e 35 °C

| <b>Oswin</b>     |                  |          |          |                      |                      |                       |                        |
|------------------|------------------|----------|----------|----------------------|----------------------|-----------------------|------------------------|
| <b>Temp. (%)</b> | <b>Conc. (%)</b> | <b>a</b> | <b>b</b> | <b>R<sup>2</sup></b> | <b>P (%)</b>         | <b>SE</b>             |                        |
| 25               | 10               | 0,609    | 0,972    | 0,08                 | 6,90                 | 3,60x10 <sup>-4</sup> |                        |
|                  | 15               | 0,703    | 0,996    | 0,03                 | 1,60                 | 9,00x10 <sup>-5</sup> |                        |
|                  | 20               | 0,643    | 0,997    | 0,04                 | 1,10                 | 8,00x10 <sup>-5</sup> |                        |
| 30               |                  | <b>a</b> | <b>b</b> | <b>R<sup>2</sup></b> | <b>P (%)</b>         | <b>SE</b>             |                        |
|                  | 10               | 0,191    | 0,645    | 0,949                | 0,14                 | 2,22x10 <sup>-3</sup> |                        |
|                  | 15               | 0,193    | 0,594    | 0,996                | 0,04                 | 1,60x10 <sup>-4</sup> |                        |
| 35               | 20               | 0,166    | 0,637    | 0,994                | 0,04                 | 1,90x10 <sup>-4</sup> |                        |
|                  |                  | <b>a</b> | <b>b</b> | <b>R<sup>2</sup></b> | <b>P (%)</b>         | <b>SE</b>             |                        |
|                  | 10               | 0,278    | 0,600    | 0,984                | 0,04                 | 5,50x10 <sup>-4</sup> |                        |
| 35               | 15               | 0,220    | 0,569    | 0,974                | 0,08                 | 1,14x10 <sup>-3</sup> |                        |
|                  | 20               | 0,226    | 0,582    | 0,956                | 0,09                 | 1,89x10 <sup>-3</sup> |                        |
| <b>Peleg</b>     |                  |          |          |                      |                      |                       |                        |
| <b>Temp. (%)</b> | <b>Conc. (%)</b> | <b>k</b> | <b>a</b> | <b>b</b>             | <b>R<sup>2</sup></b> | <b>P (%)</b>          | <b>SE</b>              |
| 25               | 10               | 0,364    | 2,290    | 2,290                | 0,863                | 0,17                  | 3,42x10 <sup>-3</sup>  |
|                  | 15               | 0,447    | 3,223    | 3,223                | 0,932                | 0,19                  | 2,53x10 <sup>-3</sup>  |
|                  | 20               | 0,416    | 3,306    | 3,306                | 0,959                | 0,14                  | 1,43x10 <sup>-3</sup>  |
| 30               |                  | <b>k</b> | <b>a</b> | <b>b</b>             | <b>R<sup>2</sup></b> | <b>P (%)</b>          | <b>SE</b>              |
|                  | 10               | 0,467    | 2,695    | 2,695                | 0,803                | 0,27                  | 8,60 x10 <sup>-3</sup> |
|                  | 15               | 0,456    | 2,794    | 2,794                | 0,889                | 0,21                  | 4,66 x10 <sup>-3</sup> |
| 35               | 20               | 0,399    | 2,652    | 2,652                | 0,910                | 0,20                  | 2,74 x10 <sup>-3</sup> |
|                  |                  | <b>k</b> | <b>a</b> | <b>b</b>             | <b>R<sup>2</sup></b> | <b>P (%)</b>          | <b>SE</b>              |
|                  | 10               | 0,502    | 1,945    | 1,945                | 0,903                | 0,14                  | 3,37 x10 <sup>-3</sup> |
| 35               | 15               | 0,466    | 2,526    | 2,526                | 0,855                | 0,22                  | 6,24 x10 <sup>-3</sup> |
|                  | 20               | 0,502    | 2,591    | 2,591                | 0,950                | 0,16                  | 2,14 x10 <sup>-3</sup> |
| <b>Henderson</b> |                  |          |          |                      |                      |                       |                        |
| <b>Temp.</b>     | <b>Conc. (%)</b> | <b>a</b> | <b>b</b> | <b>R<sup>2</sup></b> | <b>P (%)</b>         | <b>SE</b>             |                        |

| (%)             |           |          |                       |                      |              |                       |
|-----------------|-----------|----------|-----------------------|----------------------|--------------|-----------------------|
| 25              | 10        | 4,703    | 1,162                 | 0,963                | 0,15         | 1,06x10 <sup>-3</sup> |
|                 | 15        | 3,572    | 0,861                 | 0,988                | 0,08         | 3,20x10 <sup>-4</sup> |
|                 | 20        | 3,596    | 0,800                 | 0,995                | 0,05         | 1,10x10 <sup>-4</sup> |
|                 |           | <b>a</b> | <b>b</b>              | <b>R<sup>2</sup></b> | <b>P (%)</b> | <b>SE</b>             |
| 30              | 10        | 4,896    | 1,328                 | 0,924                | 0,26         | 2,69x10 <sup>-3</sup> |
|                 | 15        | 4,058    | 1,121                 | 0,976                | 0,13         | 8,00x10 <sup>-4</sup> |
|                 | 20        | 4,270    | 1,049                 | 0,978                | 0,11         | 7,60x10 <sup>-4</sup> |
|                 |           | <b>a</b> | <b>b</b>              | <b>R<sup>2</sup></b> | <b>P (%)</b> | <b>SE</b>             |
| 35              | 10        | 2,867    | 1,142                 | 0,971                | 0,08         | 7,60x10 <sup>-4</sup> |
|                 | 15        | 4,052    | 1,233                 | 0,947                | 0,20         | 1,93x10 <sup>-3</sup> |
|                 | 20        | 2,940    | 0,917                 | 0,970                | 0,09         | 8,60x10 <sup>-4</sup> |
| <b>Smith</b>    |           |          |                       |                      |              |                       |
| Temp.<br>(%)    | Conc. (%) | a        | b                     | R <sup>2</sup>       | P (%)        | SE                    |
| 25              | 10        | -0,301   | -0,301                | 0,932                | 0,10         | 1,70x10 <sup>-3</sup> |
|                 | 15        | -0,304   | -0,304                | 0,929                | 0,15         | 2,63x10 <sup>-3</sup> |
|                 | 20        | -0,278   | -0,278                | 0,950                | 0,15         | 1,75x10 <sup>-3</sup> |
|                 |           | <b>a</b> | <b>b</b>              | <b>R<sup>2</sup></b> | <b>P (%)</b> | <b>SE</b>             |
| 30              | 10        | -0,355   | -0,355                | 0,885                | 0,17         | 5,01x10 <sup>-3</sup> |
|                 | 15        | -0,338   | -0,338                | 0,955                | 0,09         | 1,89x10 <sup>-3</sup> |
|                 | 20        | -0,303   | -0,303                | 0,954                | 0,09         | 1,40x10 <sup>-3</sup> |
|                 |           | <b>a</b> | <b>b</b>              | <b>R<sup>2</sup></b> | <b>P (%)</b> | <b>SE</b>             |
| 35              | 10        | -0,460   | -0,460                | 0,962                | 0,08         | 1,33x10 <sup>-3</sup> |
|                 | 15        | 0,365    | 0,365                 | 0,937                | 0,13         | 2,71x10 <sup>-3</sup> |
|                 | 20        | -0,380   | -0,380                | 0,960                | 0,09         | 1,72x10 <sup>-3</sup> |
| <b>LangMuir</b> |           |          |                       |                      |              |                       |
| Temp.<br>(%)    | Conc. (%) | a        | b                     | R <sup>2</sup>       | P (%)        | SE                    |
| 25              | 10        | 1652,664 | 3,22x10 <sup>-4</sup> | 0,686                | 0,23         | 7,83x10 <sup>-3</sup> |
|                 | 15        | 2129,840 | 2,48x10 <sup>-4</sup> | 0,599                | 0,39         | 1,49x10 <sup>-2</sup> |
|                 | 20        | 2063,573 | 2,44x10 <sup>-4</sup> | 0,580                | 0,42         | 1,47x10 <sup>-2</sup> |

|    |    | <b>a</b> | <b>b</b>              | <b>R<sup>2</sup></b> | <b>P (%)</b> | <b>SE</b>             |
|----|----|----------|-----------------------|----------------------|--------------|-----------------------|
| 30 | 10 | 1997,176 | 3,13x10 <sup>-4</sup> | 0,618                | 0,27         | 1,67x10 <sup>-2</sup> |
|    | 15 | 2096,507 | 2,90x10 <sup>-4</sup> | 0,655                | 0,27         | 1,45x10 <sup>-2</sup> |
|    | 20 | 1608,847 | 3,22x10 <sup>-4</sup> | 0,675                | 0,29         | 9,86x10 <sup>-3</sup> |
|    |    | <b>a</b> | <b>b</b>              | <b>R<sup>2</sup></b> | <b>P (%)</b> | <b>SE</b>             |
| 35 | 10 | 2207,184 | 3,22x10 <sup>-4</sup> | 0,740                | 0,17         | 9,02x10 <sup>-3</sup> |
|    | 15 | 2045,762 | 3,20x10 <sup>-4</sup> | 0,674                | 0,24         | 1,41x10 <sup>-2</sup> |
|    | 20 | 2332,693 | 2,70x10 <sup>-4</sup> | 0,674                | 0,33         | 1,40x10 <sup>-2</sup> |

**APÊNDICE B:**

**TESTE DE ACEITAÇÃO**

Idade: \_\_\_\_\_

Sexo: ( ) Masculino ( ) Feminino

Escolaridade: ( ) Alfabetizado ( ) Ensino médio ( ) Superior incompleto ( ) Superior completo

Você está recebendo três amostras codificadas de sucos reconstituídos de tamarindo em pó, por favor, avalie cada amostra individualmente de acordo com a codificação impressa no recipiente atribuindo notas conforme a escala abaixo para descrever o quanto você gostou ou desgostou do produto. Marque o valor da escala que melhor represente seu julgamento.

- 9 – Gostei extremamente
- 8 – Gostei muito
- 7 – Gostei moderadamente
- 6 – Gostei ligeiramente
- 5 – Indiferente
- 4 – Desgostei ligeiramente
- 3 – Desgostei moderadamente
- 2 – Desgostei muito
- 1 – Desgostei extremamente

| AMOSTRA | COR | APARÊNCIA | AROMA | SABOR | DOÇURA |
|---------|-----|-----------|-------|-------|--------|
|         |     |           |       |       |        |
|         |     |           |       |       |        |
|         |     |           |       |       |        |

Comentários: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

**APÊNDICE C:**

**PERFIL DE COMPRA**

Por favor, prove as amostras individualmente e utilize a escala numérica para avaliar a frequência de consumo do produto. Atribua a cada amostra um valor que melhor reflita sua opinião.

- (1) Beberia sempre
- (2) Beberia muito frequentemente
- (3) Beberia frequentemente
- (4) Beberia ocasionalmente
- (5) Beberia raramente
- (6) Beberia muito raramente
- (7) Nunca beberia

| AMOSTRA | IMPRESSÃO GLOBAL |
|---------|------------------|
|         |                  |
|         |                  |
|         |                  |

Comentários: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_