



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
COORDENAÇÃO DO CURSO DE DOUTORADO
EM ENGENHARIA DE PROCESSOS



TESE DE DOUTORADO

PROPRIEDADES TERMOFÍSICAS DE SEMENTES DE FRUTAS TROPICAIS

Marcos José de Almeida Gama

**CAMPINA GRANDE PARAÍBA BRASIL
NOVEMBRO 2011**

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

G184p	<p>Gama, Marcos José de Almeida.</p> <p>Propriedades termofísicas de sementes de frutas tropicais / Marcos José de Almeida Gama. - Campina Grande, 2011.</p> <p>Tese (Doutorado em Engenharia de Processos) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia.</p> <p>Orientadores: Prof. Dr. Mário Eduardo Rangel Moreira Cavalcanti Mata e Profa. Dra. Maria Elita Martins Duarte.</p> <p>Referências.</p> <p>1. Sementes - Processos. 2. Propriedades Termofísicas. 3. Sementes de Frutas Tropicais. 4. Engenharia de Processos. I. Título.</p> <p>CDU 631.53.02-04 (043)</p>
-------	--

PROPRIEDADES TERMOFÍSICAS DE SEMENTES DE FRUTAS TROPICAIS

Tese de Doutorado apresentada à Coordenação do Curso de Doutorado em Engenharia de Processos da Universidade Federal de Campina Grande, Campus de Campina Grande, como parte dos requisitos necessários para obtenção do Grau de Doutor em Engenharia de Processos.

ORIENTADORES:

Professor Dr. Mário Eduardo Rangel Moreira Cavalcanti Mata

Professora Dra. Maria Elita Martins Duarte

PROPRIEDADES TERMOFÍSICAS DE SEMENTES DE FRUTAS TROPICAIS

Tese apresentada em 22 de novembro de 2011

BANCA EXAMINADORA



Professor Dr. Mário Eduardo R. Moreira Cavalcanti Mata, UAEAg/CTRN /UFCG

Orientador



Professora Dra. Maria Elita Martins Duarte, UAEAg/CTRN /UFCG

Orientadora



Professor Dr. Alexandre José de Melo Queiroz, UAEAg/CTRN /UFCG

Examinador



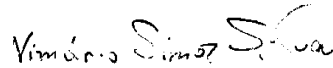
Professora Dra. Josivanda Palmeira Gomes, UAEAg/CTRN /UFCG

Examinadora



Dr. Renato Fonseca Aragão, UAEAg/CTRN /UFCG

Examinador



Professor Dr. Vimário Simões Silva, UAEQ/CCT /UFCG

Examinador

PROPRIEDADES TERMOFÍSICAS DE SEMENTES DE FRUTAS TROPICAIS

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela presença constante e silenciosa na minha vida, concedendo-me paz, tranqüilidade, equilíbrio e sabedoria nos momentos que mais precisei.

A Nossa Senhora, mãe carinhosa e guia segura.

A minha família, ceifa da minha vida,

Aos meus pais, José Adelmo Gama e Ayde Mesquita Almeida Gama, a minha sogra Terezinha Rabelo Loureiro, exemplos vivo de persistência e dedicação, que sempre me incentivaram a construir aquilo que sonhei e desejei. Seu amor me motivou a superar todas as dificuldades.

A minha esposa, Ana Cristina Rabelo Loureiro, pilar da minha vida. Pelo amor, amizade e compreensão sempre presentes na nossa vida, por sempre acreditar em mim e no que sou hoje. Juntos, sonhamos e acreditamos nestes sonhos, e que, na vida é possível realizá-los, para tanto basta ter fé e perseverança, com honestidade e fidelidade aos seus sonhos e princípios.

As minhas filhas, Ana Carolina Loureiro Gama, Mariana Loureiro Gama e Amanda Loureiro Gama, pelo apoio, incentivo e respeito as minhas escolhas, sempre com amor, carinho, doçura, alegria e companheirismo, presentes em meus pensamentos, iluminando os meus momentos de tristeza, com um sorriso de criança, ajudando-me a seguir sempre em frente na construção dos nossos sonhos. A Dimitri Souto Mota, **filho recém chegado**, pelas mãos de Ana Carolina, pela presença silenciosa, respeitosa e companheira.

Aos meus irmãos, pela torcida e apoio incondicional, especialmente a **Maria Heloisa (Lola)** pela presença e confiança.

Aos meus amigos, pelo apoio a tudo que sou. Por acreditarem sempre no que existe de melhor em mim, por toda atenção, carinho, cuidado e amor a mim dedicados. Direta ou indiretamente me auxiliaram de alguma forma e sempre torceram para que esse trabalho fosse concluído com sucesso. Por tê-los como amigos, eu agradeço, e sem vocês com certeza, não seria quem sou.

A **Coordenação do CURSO DE DOUTORADO EM ENGENHARIA DE PROCESSOS**, especialmente aos professores Antonio Gilson Barbosa de Lima, Flávio Luiz Honorato da Silva e Odelsia Leonor Sanchez de Alsina, pelo incentivo e compreensão desde o início até a conclusão deste trabalho.

Aos meus orientadores, o professor Dr. Mario Eduardo e a professora Dra. Maria Elita, a quem agradeço muito mais do que à orientação permanente, presente e constante:

Agradeço, pela acolhida, pela convivência agradável que me proporcionaram, que foi capaz de reconstruir o estudante-pesquisador que guardava adormecido;

Agradeço, pelo respeito, simplicidade e companheirismo como fui tratado;

Agradeço, pela contribuição na superação das dificuldades, tornando simples o que parecia insuperável e irrealizável;

Agradeço, por acreditarem e terem contribuído significativamente, para que fosse possível a realização de um sonho acalentado por décadas.

Estarão sempre presente no meu coração e na minha alma.

Aos professores e servidores lotados no Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola do Centro de Tecnologia em Recursos Naturais (CTRN) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campina Grande, Paraíba.

Especialmente, aos professores **Dr. Alexandre José de Melo Queiroz**, **Dra. Josivanda Palmeira Gomes**, **Dr. Vimário Simões Silva** e ao engenheiro **Dr. Renato Fonseca Aragão**, pela colaboração e sugestões como membros das bancas de avaliação, desde Seminário I até a apresentação do trabalho final; ao engenheiro **Dr. José Rildo de Oliveira** pela colaboração incansável na montagem dos experimentos, na disponibilização do nitrogênio líquido e na análise dos resultados e ao engenheiro **Especialista Paulo Farias de Almeida** pela discussão, montagem dos equipamentos e acompanhamento dos resultados obtidos.

Sem eles, tudo teria sido mais difícil.

Aos colegas de curso, os quais sempre compartilharam as atividades, mostrando que a amizade sempre foi superior a tudo.

A todos que direta ou indiretamente me auxiliaram de alguma forma e sempre torceram para que esse trabalho fosse concluído com sucesso,

Meu muito obrigado!

“A aquisição e sistematização do conhecimento positivo é a única atividade humana
verdadeiramente cumulativa e progressiva.”

Sarton

PROPRIEDADES TERMOFÍSICAS DE SEMENTES DE FRUTAS TROPICAIS

DEDICATÓRIA

“Creio em mim mesmo.
Creio nos que trabalham comigo,
Creio nos meus amigos e
Creio na minha família.

Creio que Deus me emprestará tudo que necessito para triunfar,
contanto que eu me esforce para alcançar com meios lícitos e honestos.

Creio nas orações e nunca fecharei meus olhos para dormir,
sem pedir antes a devida orientação a fim de ser paciente com os outros
e tolerante com os que não acreditam como eu acredito.

Creio que o triunfo é resultado de esforço inteligente,
que não depende da sorte, da magia, de amigos, companheiros duvidosos ou de meu chefe.

Creio que tirarei da vida exatamente o que nela colocar.

Por isso serei cauteloso quando tratar os outros,
como quero que eles sejam comigo.

Não caluniarei aqueles que não gosto.

Não diminuirei meu trabalho por ver que os outros o fazem.
Prestarei o melhor serviço de que sou capaz,
porque jurei a mim mesmo triunfar na vida,
e sei que o triunfo é sempre resultado do esforço consciente e eficaz.

Finalmente,
perdoarei os que me ofendem,
porque compreendo que as vezes ofendo os outros
e necessito de perdão.”

(Mahatma Gandhi)

Esse trabalho é dedicado a todos que movidos pela esperança, fazem do trabalho persistente e dedicado, o meio para vencer todas as dificuldades, especialmente a minha esposa e minhas filhas, por permearem a minha vida de esperança.

PROPRIEDADES TERMOFÍSICAS DE SEMENTES DE FRUTAS TROPICAIS

SUMÁRIO

SUMÁRIO

Lista de Figuras	xx
Lista de Tabelas	xxv
Nomenclatura	xxxv
Introdução geral	1
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	9
Capítulo I: Características físicas das sementes	11
RESUMO	12
I.1. INTRODUÇÃO	13
I.2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
I.2.1. Forma e tamanho	14
I.2.2. Porosidade	15
I.2.3. Aspectos biológicos	17
I.2.3.1. Cultura do cajá	17
I.2.3.1.1. Aspectos gerais	17
I.2.3.1.2. Aspectos botânicos	18
I.2.3.2. Cultura da graviola	19
I.2.3.2.1. Aspectos gerais	19
I.2.3.2.2. Aspectos botânicos	20
I.2.3.3. Cultura do tamarindo	22
I.2.3.3.1. Aspectos gerais	22
I.2.3.3.2. Aspectos botânicos	23
I.2.3.4. Cultura do umbu	24
I.2.3.4.1. Aspectos gerais	24
I.2.3.4.2. Aspectos botânicos	25
I.3. MATERIAL E MÉTODOS	27
I.3.1. Forma e tamanho	27
I.3.1.1. Esfericidade	27
I.3.1.2. Variação volumétrica	28

	<i>Sumário</i>
I.3.2. Porosidade	29
I.3.3. Análise estatística	31
I.4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	32
I.4.1. Tamanho e forma	32
I.4.1.1. Esfericidade	32
I.4.1.2. Variação volumétrica	36
I.4.2. Porosidade	39
I.5. CONCLUSÕES	43
I.6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	44
Capítulo II: Calor específico aparente e massa específica aparente na temperatura ambiente e em ultra-baixas temperaturas	50
RESUMO	51
II.1. INTRODUÇÃO	52
II.2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	54
II.2.1. Massa específica aparente	54
II.2.2. Calor específico aparente	55
II.3. MATERIAL E MÉTODOS	57
II.3.1. Massa específica aparente	57
II.3.2. Calor específico aparente	58
II.3.3. Obtenção da ultra-baixa temperatura	62
II.3.4. Análise estatística	63
II.4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	64
II.4.1. Massa específica aparente	64
II.4.1.1. Massa específica aparente à temperatura ambiente	64
II.4.1.2. Massa específica aparente em ultra-baixas temperaturas	68
II.4.1.2.1. Sementes de cajá	68
II.4.1.2.2. Sementes de graviola	71
II.4.1.2.3. Sementes de tamarindo	74
II.4.1.2.4. Sementes de umbu	77
II.4.2. Calor específico aparente	81

II.4.2.1. Calor específico aparente na temperatura ambiente	81
II.4.2.2. Calor específico aparente em ultra-baixas temperaturas	85
II.4.2.2.1. Sementes de cajá	85
II.4.2.2.2. Sementes de graviola	88
II.4.2.2.3. Sementes de tamarindo	91
II.4.2.2.4. Sementes de umbu	94
II.5. CONCLUSÕES	98
II.6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	100
Capítulo III: Condutividade térmica aparente, na temperatura ambiente e em ultra-baixas temperaturas	104
RESUMO	105
III.1. INTRODUÇÃO	106
III.2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	108
III.3. MATERIAL E MÉTODOS	115
III.3.1. Análise estatística	117
III.4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	118
III.4.1. Condutividade térmica na temperatura ambiente	118
III.4.2. Condutividade térmica em ultra-baixas temperaturas	122
III.4.2.1. Sementes de cajá	122
III.4.2.2. Sementes de graviola	125
III.4.2.3. Sementes de tamarindo	128
III.4.2.4. Sementes de umbu	131
III.5. CONCLUSÕES	135
III.6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	136
Capítulo IV: Difusividade térmica aparente, na temperatura ambiente e em ultra-baixas temperaturas	140
RESUMO	141
IV.1. INTRODUÇÃO	142
IV.2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	144

IV.3. MATERIAL E MÉTODOS	148
IV.3.1. Análise estatística	149
IV.4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	150
IV.4.1. Difusividade térmica na temperatura ambiente	150
IV.4.2. Difusividade térmica em ultra-baixas temperaturas	154
IV.4.2.1. Sementes de cajá	154
IV.4.2.2. Sementes de graviola	157
IV.4.2.3. Sementes de tamarindo	160
IV.4.2.4. Sementes de umbu	163
IV.5. CONCLUSÕES	167
IV.6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	168
Capítulo V: Análise da correlação entre as propriedades termofísicas	170
RESUMO	171
V.1. INTRODUÇÃO	172
V.2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	174
V.3. MATERIAL E MÉTODOS	176
V.3.1. Análise estatística	177
V.4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	178
V.4.1. Propriedades termofísicas na temperatura ambiente	178
V.4.1.1 Semente de cajá	178
V.4.1.2 Semente de graviola	182
V.4.1.3 Semente de tamarindo	187
V.4.1.4 Semente de umbu	191
V.4.2. Propriedades termofísicas em ultra-baixas temperaturas	195
V.4.2.1 Semente de cajá	195
V.4.2.1.1. Sementes de cajá a -50 °C	195
V.4.2.1.2. Sementes de cajá a -100 °C	200
V.4.2.1.3. Sementes de cajá a -150 °C	204
V.4.2.2 Semente de graviola	207
V.4.2.2.1. Sementes de graviola a -50 °C	207
V.4.2.2.2. Sementes de graviola a -100 °C	212

	<i>Sumário</i>
V.4.2.2.3. Sementes de graviola a -150 °C	216
V.4.2.3 Semente de tamarindo	220
V.4.2.3.1. Sementes de tamarindo a -50 °C	220
V.4.2.3.2. Sementes de tamarindo a -100 °C	224
V.4.2.3.3. Sementes de tamarindo a -150 °C	228
V.4.2.4 Semente de umbu	232
V.4.2.4.1. Sementes de umbu a -50 °C	232
V.4.2.4.2. Sementes de umbu a -100 °C	236
V.4.2.4.3. Sementes de umbu a -150 °C	240
V.5. CONCLUSÕES	244
V.6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	245
VI. Considerações finais	248

Apêndice I: Determinação da condutividade térmica aparente em temperaturas acima do congelamento

Apêndice II: Determinação da difusividade térmica (Método de Dickerson)

Apêndice III: Dados da correlação entre as propriedades termofísicas (CD)

LISTA DE FIGURAS

Capítulo I: Características físicas das sementes

Figura I.1	Figuras geométricas conhecidas com as respectivas medidas que devem ser feitas para definir sua forma e tamanho	14
Figura I.2	Cajazeiras	17
Figura I.3	Frutos da cajazeira (<i>Spondia lutea</i>)	18
Figura I.4	Gravioleira	19
Figura I.5	Frutos da gravioleira (<i>Anona muricata</i>)	21
Figura I.6	Tamarindeiro	22
Figura I.7	Frutos do tamarindeiro (<i>Tamarindus indica</i>)	23
Figura I.8	Umbuzeiro	25
Figura I.9	Frutos do umbuzeiro (<i>Spondias tuberosa</i>)	26
Figura I.10	Desenho esquemático de uma semente, considerada elipsóide triaxial, com sua dimensões características	27
Figura I.11	Picnômetro de comparação a ar	29
Figura I.12:	Valores experimentais e estimados da esfericidade da semente de cajá em função do teor de água (b.u.)	32
Figura I.13	Valores experimentais e estimados da esfericidade da semente de graviola em função do teor de água (b.u.)	33
Figura I.14	Valores experimentais e estimados da esfericidade da semente de tamarindo em função do teor de água (b.u.)	33
Figura I.15	Valores experimentais e estimados da esfericidade da semente de umbu em função do teor de água (b.u.)	34
Figura I.16	Valores experimentais e estimados do volume da semente de cajá em função do teor de água (b.u.)	36

Figura I.17	Valores experimentais e estimados do volume da semente de graviola em função do teor de água (b.u.)	36
Figura I.18	Valores experimentais e estimados do volume da semente de tamarindo em função do teor de água (b.u.)	37
Figura I.19	Valores experimentais e estimados do volume da semente de umbu em função do teor de água (b.u.)	37
Figura I.20	Valores experimentais e estimados da porosidade da massa de semente de cajá em função do teor de água (b.u.)	39
Figura I.21	Valores experimentais e estimados da porosidade da massa de semente de graviola em função do teor de água (b.u.)	39
Figura I.22	Valores experimentais e estimados da porosidade da massa de semente de tamarindo em função do teor de água (b.u.)	40
Figura I.23	Valores experimentais e estimados da porosidade da massa de semente de umbu em função do teor de água (b.u.)	40

Capítulo II: Calor específico aparente e massa específica aparente na temperatura ambiente e em ultra-baixas temperaturas

Figura II.1	Desenho esquemático do calorímetro	58
Figura II.2	Desenho esquemático do equipamento experimental para resfriamento da massa de sementes até ultra-baixas temperaturas	62
Figura II.3	Valores experimentais e estimados da massa específica aparente, de sementes de cajá em função do teor de água (b.u.)	64
Figura II.4	Valores experimentais e estimados da massa específica aparente, de sementes de graviola em função do teor de água (b.u.)	65
Figura II.5	Valores experimentais e estimados da massa específica aparente, de sementes de tamarindo em função do teor de água (b.u.)	65
Figura II.6	Valores experimentais e estimados da massa específica aparente, de sementes de umbu em função do teor de água (b.u.)	66
Figura II.7	Valores experimentais e estimados da massa específica aparente, de sementes de cajá em função do teor de água (b.u.), em ultra-baixas temperaturas	69
Figura II.8	Valores experimentais e estimados da massa específica aparente, de sementes de cajá em função de ultra-baixas temperaturas	70

Figura II.9	Valores experimentais e estimados da massa específica aparente, de sementes de graviola em função do teor de água (b.u.), em ultra-baixas Temperaturas.	72
Figura II.10	Valores experimentais e estimados da massa específica aparente, de sementes de graviola em função de ultra-baixas temperaturas.	72
Figura II.11	Valores experimentais e estimados da massa específica aparente, de sementes de tamarindo em função do teor de água (b.u.), em ultra-baixas temperaturas.	75
Figura II.12	Valores experimentais e estimados da massa específica aparente, de sementes de tamarindo em função de ultra-baixas temperaturas.	76
Figura II.13	Valores experimentais e estimados da massa específica aparente, de sementes de umbu em função do teor de água (b.u.), em ultra-baixas Temperaturas.	78
Figura II.14	Valores experimentais e estimados da massa específica aparente, de sementes de umbu em função de ultra-baixas temperaturas.	79
Figura II.15	Valores experimentais e estimados do calor específico aparente, de sementes de cajá em função do teor de água (b.u.).	81
Figura II.16	Valores experimentais e estimados do calor específico aparente, de sementes de graviola em função do teor de água (b.u.).	82
Figura II.17	Valores experimentais e estimados do calor específico aparente, de sementes de tamarindo em função do teor de água (b.u.).	82
Figura II.18	Valores experimentais e estimados do calor específico aparente, de sementes de umbu em função do teor de água (b.u.).	83
Figura II.19	Valores experimentais e estimados do calor específico aparente, de sementes de cajá em função do teor de água (b.u.), em ultra-baixas temperaturas.	86
Figura II.20	Valores experimentais e estimados do calor específico aparente, de sementes de cajá em função de ultra-baixas temperaturas.	87
Figura II.21	Valores experimentais e estimados do calor específico aparente, de sementes de graviola em função do teor de água (b.u.), em ultra-baixas temperaturas.	89
Figura II.22	Valores experimentais e estimados do calor específico aparente, de sementes de graviola em função de ultra-baixas temperaturas.	90
Figura II.23	Valores experimentais e estimados do calor específico aparente, de sementes de tamarindo em função do teor de água (b.u.), em ultra-baixas temperaturas.	92
Figura II.24	Valores experimentais e estimados do calor específico aparente, de sementes de tamarindo em função de ultra-baixas temperaturas.	93

Figura II.25	Valores experimentais e estimados do calor específico aparente, de sementes de umbu em função do teor de água (b.u.), em ultra-baixas temperaturas.	95
Figura II.26	Valores experimentais e estimados do calor específico aparente, de sementes de umbu em função de ultra-baixas temperaturas.	96

Capítulo III: Condutividade térmica aparente, na temperatura ambiente e em ultra-baixas temperaturas

Figura III.1	Desenho esquemático do equipamento experimental para determinação da condutividade térmica aparente.	116
Figura III.2	Valores experimentais e estimados da condutividade térmica aparente de sementes de cajá em função do teor de água.	118
Figura III.3	Valores experimentais e estimados da condutividade térmica aparente de sementes de graviola em função do teor de água.	119
Figura III.4	Valores experimentais e estimados da condutividade térmica aparente de sementes de tamarindo em função do teor de água.	119
Figura III.5	Valores experimentais e estimados da condutividade térmica aparente de sementes de umbu em função do teor de água.	120
Figura III.6	Valores experimentais e estimados da condutividade térmica aparente de sementes de cajá em função do teor de água, em ultra-baixas temperaturas.	123
Figura III.7	Valores experimentais e estimados da condutividade térmica aparente de sementes de cajá em função de ultra-baixas temperaturas.	124
Figura III.8	Valores experimentais e estimados da condutividade térmica aparente de sementes de graviola em função do teor de água, em ultra-baixas temperaturas.	126
Figura III.9	Valores experimentais e estimados da condutividade térmica de sementes de graviola em função de ultra-baixas temperaturas.	127
Figura III.10	Valores experimentais e estimados da condutividade térmica aparente de sementes de tamarindo em função do teor de água, em ultra-baixas temperaturas.	129
Figura III.11	Valores experimentais e estimados da condutividade térmica aparente de sementes de tamarindo em função de ultra-baixas temperaturas.	130
Figura III.12	Valores experimentais e estimados da condutividade térmica aparente de sementes de umbu em função do teor de água, em ultra-baixas temperaturas.	132
Figura III.13	Valores experimentais e estimados da condutividade térmica aparente de sementes de umbu em função de ultra-baixas temperaturas.	133

**Capítulo IV: Difusividade térmica aparente, na temperatura ambiente
e em ultra-baixas temperaturas**

Figura IV.1	Desenho esquemático do equipamento experimental para determinação da difusividade térmica aparente.	148
Figura IV.2	Valores experimentais e estimados da difusividade térmica aparente de sementes de cajá em função do teor de água.	150
Figura IV.3	Valores experimentais e estimados da difusividade térmica aparente de sementes de graviola em função do teor de água.	151
Figura IV.4	Valores experimentais e estimados da difusividade térmica aparente de sementes de tamarindo em função do teor de água.	151
Figura IV.5	Valores experimentais e estimados da difusividade térmica aparente de sementes de umbu em função do teor de água.	152
Figura IV.6	Valores experimentais e estimados da difusividade térmica aparente de sementes de cajá em função do teor de água, em ultra-baixas temperaturas	155
Figura IV.7	Valores experimentais e estimados da difusividade térmica aparente de sementes de cajá em função de ultra-baixas temperaturas.	156
Figura IV.8	Valores experimentais e estimados da difusividade térmica aparente de sementes de graviola em função do teor de água, em ultra-baixas temperaturas.	158
Figura IV.9	Valores experimentais e estimados da difusividade térmica aparente de sementes de graviola em função de ultra-baixas temperaturas.	159
Figura IV.10	Valores experimentais e estimados da difusividade térmica aparente de sementes de tamarindo em função do teor de água, em ultra-baixas temperaturas.	161
Figura IV.11	Valores experimentais e estimados da difusividade térmica aparente de sementes de tamarindo em função de ultra-baixas temperaturas	162
Figura IV.12	Valores experimentais e estimados da difusividade térmica aparente de sementes de umbu em função do teor de água, em ultra-baixas temperaturas.	164
Figura IV.13	Valores experimentais e estimados da difusividade térmica aparente de sementes de umbu em função de ultra-baixas temperaturas.	165

Capítulo V: Análise da correlação entre as propriedades termofísicas

Figura V.1	Valores calculados e o intervalo de confiança da massa específica aparente de sementes de cajá em função do teor de água, na temperatura ambiente.	179
Figura V.2	Valores calculados e o intervalo de confiança da massa específica aparente de sementes de cajá em função do teor de água, na temperatura ambiente.	179
Figura V.3	Valores calculados e o intervalo de confiança da condutividade térmica aparente de sementes de cajá em função do teor de água, na temperatura ambiente.	180
Figura V.4	Valores calculados e o intervalo de confiança da difusividade térmica aparente de sementes de cajá em função do teor de água, na temperatura ambiente.	180
Figura V.5	Valores calculados e o intervalo de confiança da massa específica aparente de sementes de graviola em função do teor de água, na temperatura ambiente.	183
Figura V.6	Valores calculados e o intervalo de confiança do calor específico aparente de sementes de graviola em função do teor de água, na temperatura ambiente.	183
Figura V.7	Valores calculados e o intervalo de confiança da condutividade térmica aparente de sementes de graviola em função do teor de água, na temperatura ambiente.	184
Figura V.8	Valores calculados e o intervalo de confiança da difusividade térmica aparente de sementes de graviola em função do teor de água, na temperatura ambiente.	184
Figura V.9	Valores calculados e o intervalo de confiança da massa específica aparente de sementes de tamarindo em função do teor de água, na temperatura ambiente.	187
Figura V.10	Valores calculados e o intervalo de confiança do calor específico aparente de sementes de tamarindo em função do teor de água, na temperatura ambiente.	188
Figura V.11	Valores calculados e o intervalo de confiança da condutividade térmica aparente de sementes de tamarindo em função do teor de água, na temperatura ambiente.	188
Figura V.12	Valores calculados e o intervalo de confiança da condutividade térmica aparente de sementes de tamarindo em função do teor de água, na temperatura ambiente.	189

Figura V.13	Valores calculados e o intervalo de confiança da massa específica aparente de sementes de umbu em função do teor de água, na temperatura ambiente.	191
Figura V.14	Valores calculados e o intervalo de confiança do calor específico aparente de sementes de umbu em função do teor de água, na temperatura ambiente.	192
Figura V.15	Valores calculados e o intervalo de confiança da condutividade térmica aparente de sementes de umbu em função do teor de água, na temperatura ambiente.	192
Figura V.16	Valores calculados e o intervalo de confiança da difusividade térmica aparente de sementes de umbu em função do teor de água, na temperatura ambiente.	193
Figura V.17	Valores calculados e o intervalo de confiança da massa específica aparente de sementes de cajá em função do teor de água, na temperatura de -50 °C.	196
Figura V.18	Valores calculados e o intervalo de confiança do calor específico aparente de sementes de cajá em função do teor de água, na temperatura de -50 °C.	196
Figura V.19	Valores calculados e o intervalo de confiança da condutividade térmica aparente de sementes de cajá em função do teor de água, na temperatura de -50 °C.	197
Figura V.20	Valores calculados e o intervalo de confiança da difusividade térmica aparente de sementes de cajá em função do teor de água, na temperatura de -50 °C.	197
Figura V.21	Valores calculados e o intervalo de confiança da massa específica aparente de sementes de cajá em função do teor de água, na temperatura de -100 °C.	200
Figura V.22	Valores calculados e o intervalo de confiança do calor específico aparente de sementes de cajá em função do teor de água, na temperatura de -100 °C.	201
Figura V.23	Valores calculados e o intervalo de confiança da condutividade térmica aparente de sementes de cajá em função do teor de água, na temperatura de -100 °C.	201
Figura V.24	Valores calculados e o intervalo de confiança da difusividade térmica aparente de sementes de cajá em função do teor de água, na temperatura de -100 °C.	202
Figura V.25	Valores calculados e o intervalo de confiança da massa específica aparente de sementes de cajá em função do teor de água, na temperatura de -150 °C.	204
Figura V.26	Valores calculados e o intervalo de confiança do calor específico aparente de sementes de cajá em função do teor de água, na temperatura de -150 °C.	204

Figura V.27	Valores calculados e o intervalo de confiança da condutividade térmica aparente de sementes de cajá em função do teor de água, na temperatura de -150 °C	205
Figura V.28	Valores calculados e o intervalo de confiança da difusividade térmica aparente de sementes de cajá em função do teor de água, na temperatura de -150 °C.	205
Figura V.29	Valores calculados e o intervalo de confiança da massa específica aparente de sementes de graviola em função do teor de água, na temperatura de -50 °C.	207
Figura V.30	Valores calculados e o intervalo de confiança do calor específico aparente de sementes de graviola em função do teor de água, na temperatura de -50 °C.	209
Figura V.31	Valores calculados e o intervalo de confiança da condutividade térmica aparente de sementes de graviola em função do teor de água, na temperatura de -50 °C.	209
Figura V.32	Valores calculados e o intervalo de confiança da difusividade térmica aparente de sementes de graviola em função do teor de água, na temperatura de -50 °C.	210
Figura V.33	Valores calculados e o intervalo de confiança do massa específica aparente de sementes de graviola em função do teor de água, na temperatura de -100 °C.	212
Figura V.34	Valores calculados e o intervalo de confiança do calor específico aparente de sementes de graviola em função do teor de água, na temperatura de -100 °C.	212
Figura V.35	Valores calculados e o intervalo de confiança da condutividade térmica aparente de sementes de graviola em função do teor de água, na temperatura de -100 °C.	213
Figura V.36	Valores calculados e o intervalo de confiança da difusividade térmica aparente de sementes de graviola em função do teor de água, na temperatura de -100 °C.	213
Figura V.37	Valores calculados e o intervalo de confiança do massa específica aparente de sementes de graviola em função do teor de água, na temperatura de -150 °C.	216
Figura V.38	Valores calculados e o intervalo de confiança do calor específico aparente de sementes de graviola em função do teor de água, na temperatura de -150 °C.	217
Figura V.39	Valores calculados e o intervalo de confiança da condutividade térmica aparente de sementes de graviola em função do teor de água, na temperatura de -150 °C.	217
Figura V.40	Valores calculados e o intervalo de confiança da difusividade térmica aparente de sementes de graviola em função do teor de água, na temperatura de -150 °C.	218

Figura V.41	Valores calculados e o intervalo de confiança do massa específica aparente de sementes de tamarindo em função do teor de água, na temperatura de -50 °C.	220
Figura V.42	Valores calculados e o intervalo de confiança do calor específico aparente de sementes de tamarindo em função do teor de água, na temperatura de -50 °C.	221
Figura V.43	Valores calculados e o intervalo de confiança da condutividade térmica aparente de sementes de tamarindo em função do teor de água, na temperatura de -50 °C.	221
Figura V.44	Valores calculados e o intervalo de confiança do difusividade térmica aparente de sementes de tamarindo em função do teor de água, na temperatura de -50 °C.	222
Figura V.45	Valores calculados e o intervalo de confiança do massa específica aparente de sementes de tamarindo em função do teor de água, na temperatura de -100 °C.	224
Figura V.46	Valores calculados e o intervalo de confiança do calor específico aparente de sementes de tamarindo em função do teor de água, na temperatura de -100 °C.	225
Figura V.47	Valores calculados e o intervalo de confiança da condutividade térmica aparente de sementes de tamarindo em função do teor de água, na temperatura de -100 °C.	225
Figura V.48	Valores calculados e o intervalo de confiança do difusividade térmica aparente de sementes de tamarindo em função do teor de água, na temperatura de -100 °C.	226
Figura V.49	Valores calculados e o intervalo de confiança do massa específica aparente de sementes de tamarindo em função do teor de água, na temperatura de -150 °C.	228
Figura V.50	Valores calculados e o intervalo de confiança do calor específico aparente de sementes de tamarindo em função do teor de água, na temperatura de -150 °C.	229
Figura V.51	Valores calculados e o intervalo de confiança da condutividade térmica aparente de sementes de tamarindo em função do teor de água, na temperatura de -150 °C.	229
Figura V.52	Valores calculados e o intervalo de confiança do difusividade térmica aparente de sementes de tamarindo em função do teor de água, na temperatura de -150 °C.	230
Figura V.53	Valores calculados e o intervalo de confiança do massa específica aparente de sementes de umbu em função do teor de água, na temperatura de -50 °C.	232
Figura V.54	Valores calculados e o intervalo de confiança do calor específico aparente de sementes de umbu em função do teor de água, na temperatura de -50 °C.	232

Figura V.55	Valores calculados e o intervalo de confiança da condutividade térmica aparente de sementes de umbu em função do teor de água, na temperatura de -50°C .	233
Figura V.56	Valores calculados e o intervalo de confiança do difusividade térmica aparente de sementes de umbu em função do teor de água, na temperatura de -50°C .	234
Figura V.57	Valores calculados e o intervalo de confiança do massa específica aparente de sementes de umbu em função do teor de água, na temperatura de -100°C .	236
Figura V.58	Valores calculados e o intervalo de confiança do calor específico aparente de sementes de umbu em função do teor de água, na temperatura de -100°C .	236
Figura V.59	Valores calculados e o intervalo de confiança da condutividade térmica aparente de sementes de umbu em função do teor de água, na temperatura de -100°C .	237
Figura V.60	Valores calculados e o intervalo de confiança do difusividade térmica aparente de sementes de umbu em função do teor de água, na temperatura de -100°C .	237
Figura V.61	Valores calculados e o intervalo de confiança do massa específica aparente de sementes de umbu em função do teor de água, na temperatura de -150°C .	240
Figura V.62	Valores calculados e o intervalo de confiança do calor específico aparente de sementes de umbu em função do teor de água, na temperatura de -150°C .	240
Figura V.63	Valores calculados e o intervalo de confiança da condutividade térmica aparente de sementes de umbu em função do teor de água, na temperatura de -150°C .	241
Figura V.64	Valores calculados e o intervalo de confiança do difusividade térmica aparente de sementes de umbu em função do teor de água, na temperatura de -150°C .	241

LISTA DE TABELAS

Capítulo I: Características físicas das sementes

Tabela I.1	Modelos para predição da esfericidade da semente em função do teor de água (b.u.).	34
Tabela I.2	Modelos para predição do volume da semente em função do teor de água (b.u.).	38
Tabela I.3	Modelos para predição da porosidade da massa de sementes em função do teor de água (b.u.).	41

Capítulo II: Calor específico aparente e massa específica aparente na temperatura ambiente e em ultra-baixas temperaturas

Tabela II.1	Modelos para predição da massa específica aparente de sementes em função do teor de água (b.u.).	66
Tabela II.2	Valores experimentais da massa específica aparente de sementes de cajá com respectivos teores de água (b.u.) e temperaturas.	68
Tabela II.3	Modelos para predição da massa específica aparente de sementes de cajá em função do teor de água (b.u.), em ultra-baixas temperaturas.	69
Tabela II.4	Modelos para predição da massa específica aparente de sementes de cajá em função da em ultra-baixas temperaturas.	70
Tabela II.5	Valores experimentais da massa específica aparente de sementes de graviola com respectivos teores de água (b.u.) e temperaturas.	71
Tabela II.6	Modelos para predição da massa específica aparente de sementes de graviola em função do teor de água (b.u.), em ultra-baixas temperaturas.	71
Tabela II.7	Modelos para predição da massa específica aparente de sementes de graviola em função da em ultra-baixas temperaturas.	73
Tabela II.8	Valores experimentais da massa específica aparente de sementes de tamarindo com respectivos teores de água (b.u.) e temperaturas.	74
Tabela II.9	Modelos para predição da massa específica aparente de sementes de tamarindo em função do teor de água (b.u.), em ultra-baixas temperaturas.	74
Tabela II.10	Modelos para predição da massa específica aparente de sementes de tamarindo em função da em ultra-baixas temperaturas.	76

Tabela II.11	Valores experimentais da massa específica aparente de sementes de umbu com respectivos teores de água (b.u.) e temperaturas.	77
Tabela II.12	Modelos para predição da massa específica aparente de sementes de umbu em função do teor de água (b.u.), em ultra-baixas temperaturas.	77
Tabela II.13	Modelos para predição da massa específica aparente de sementes de umbu em função da em ultra-baixas temperaturas.	79
Tabela II.14	Modelos para predição do calor específico aparente das sementes em função do teor de água (b.u.).	84
Tabela II.15	Valores experimentais do calor específico aparente de sementes de cajá com respectivos teores de água (b.u.) e temperaturas.	85
Tabela II.16	Modelos para predição do calor específico aparente de sementes de cajá em função da ultra-baixas temperaturas.	86
Tabela II.17	Modelos para predição do calor específico aparente de sementes de cajá em função da ultra-baixas temperaturas.	87
Tabela II.18	Valores experimentais do calor específico aparente de sementes de graviola com respectivos teores de água (b.u.) e temperaturas.	88
Tabela II.19	Modelos para predição do calor específico aparente de sementes de graviola em função do teor de água (b.u.), em ultra-baixas temperaturas.	88
Tabela II.20	Modelos para predição do calor específico aparente de sementes de graviola em função da em ultra-baixas temperaturas.	90
Tabela II.21	Valores experimentais do calor específico aparente de sementes de tamarindo com respectivos teores de água (b.u.) e temperaturas.	91
Tabela II.22	Modelos para predição do calor específico aparente de sementes de tamarindo em função do teor de água (b.u.), em ultra-baixas temperaturas.	91
Tabela II.23	Modelos para predição do calor específico aparente de sementes de tamarindo em função da em ultra-baixas temperaturas.	93
Tabela II.24	Valores experimentais do calor específico aparente de sementes de umbu com respectivos teores de água (b.u.) e temperaturas.	94
Tabela II.25	Modelos para predição do calor específico aparente de sementes de umbu em função do teor de água (b.u.), em ultra-baixas temperaturas.	94
Tabela II.26	Modelos para predição do calor específico aparente de sementes de umbu em função da em ultra-baixas temperaturas.	96

Capítulo III: Condutividade térmica aparente na temperatura ambiente e em ultra-baixas temperaturas

Tabela III.1	Modelos para predição da condutividade térmica aparente de sementes em função do teor de água (b.u.), na temperatura ambiente.	121
Tabela III.2	Valores experimentais da condutividade térmica aparente de sementes de cajá com respectivos teores de água (b.u.) e ultra-baixas temperaturas.	122
Tabela III.3	Modelos para predição da condutividade térmica aparente de sementes de cajá em função do teor de água (b.u.), em ultra-baixas temperaturas.	123
Tabela III.4	Modelos para predição da condutividade térmica aparente de sementes de cajá em função da ultra-baixas temperaturas.	124
Tabela III.5	Valores experimentais da condutividade térmica aparente de sementes de graviola com respectivos teores de água (b.u.) e ultra-baixas temperaturas.	125
Tabela III.6	Modelos para predição da condutividade térmica aparente de sementes de graviola em função do teor de água (b.u.), para ultra-baixas temperaturas.	125
Tabela III.7	Modelos para predição da condutividade térmica aparente de sementes de graviola em função da ultra-baixas temperaturas.	127
Tabela III.8	Valores experimentais da condutividade térmica aparente de sementes de tamarindo com respectivos teores de água (b.u.) e ultra-baixas temperaturas.	128
Tabela III.9	Modelos para predição da condutividade térmica aparente de sementes de tamarindo em função do teor de água.	128
Tabela III.10	Modelos para predição da condutividade térmica aparente de sementes de tamarindo em função da ultra-baixas temperaturas.	130
Tabela III.11	Valores experimentais da condutividade térmica aparente de sementes de umbu com respectivos teores de água (b.u.) e ultra-baixas temperaturas.	131
Tabela III.12	Modelos para predição da condutividade térmica aparente de sementes de umbu em função do teor de água.	131
Tabela III.13	Modelos para predição da condutividade térmica aparente de sementes de umbu em função da ultra-baixas temperaturas.	133

Capítulo IV: Difusividade térmica aparente na temperatura ambiente e em ultra-baixas temperaturas

Tabela IV.1	Modelos para predição da difusividade térmica aparente de sementes em função do teor de água (b.u.).	153
-------------	--	-----

Tabela IV.2	Valores experimentais da difusividade térmica aparente de sementes de cajá com respectivos teores de água (b.u.) e ultra-baixas temperaturas.	154
Tabela IV.3	Modelos para predição da difusividade térmica aparente de sementes de cajá em função do teor de água (b.u.), em ultra-baixas temperaturas.	155
Tabela IV.4	Modelos para predição da difusividade térmica aparente de sementes de cajá em função da ultra-baixas temperaturas.	156
Tabela IV.5	Valores experimentais da difusividade térmica aparente de sementes de graviola com respectivos teores de água (b.u.) e ultra-baixas temperaturas.	157
Tabela IV.6	Modelos para predição da difusividade térmica aparente de sementes de graviola em função do teor de água (b.u.), para ultra-baixas temperaturas.	157
Tabela IV.7	Modelos para predição da difusividade térmica aparente de sementes de graviola em função da ultra-baixas temperaturas.	159
Tabela IV.8	Valores experimentais da difusividade térmica aparente de sementes de tamarindo com respectivos teores de água (b.u.) e ultra-baixas temperaturas.	160
Tabela IV.9	Modelos para predição da difusividade térmica aparente de sementes de tamarindo em função do teor de água.	160
Tabela IV.10	Modelos para predição da difusividade térmica aparente de sementes de tamarindo em função de ultra-baixas temperaturas.	162
Tabela IV.11	Valores experimentais da difusividade térmica aparente de sementes de umbu com respectivos teores de água (b.u.) e ultra-baixas temperaturas.	163
Tabela IV.12	Modelos para predição da difusividade térmica aparente de sementes de umbu em função do teor de água.	163
Tabela IV.13	Modelos para predição da difusividade térmica aparente de sementes de umbu em função de ultra-baixas temperaturas.	165

Capítulo V: Análise da correlação entre as propriedades termofísicas

Tabela V.1	Modelos que limitam os intervalos de confiança das propriedades termofísicas das sementes de cajá em função do teor de água (b.u.), na temperatura ambiente.	181
Tabela V.2	Percentual do número de valores calculados das propriedades termofísicas das sementes de cajá que estão no intervalo de confiança.	182

Tabela V.3	Modelos que limitam os intervalos de confiança das propriedades termofísicas das sementes de graviola em função do teor de água (b.u.), na temperatura ambiente.	185
Tabela V.4	Percentual do número de valores calculados das propriedades termofísicas das sementes de graviola que estão no intervalo de confiança.	186
Tabela V.5	Modelos que limitam os intervalos de confiança das propriedades termofísicas das sementes de tamarindo em função do teor de água (b.u.), na temperatura ambiente.	189
Tabela V.6	Percentual do número de valores calculados das propriedades termofísicas das sementes de tamarindo que estão no intervalo de confiança.	190
Tabela V.7	Modelos que limitam os intervalos de confiança das propriedades termofísicas das sementes de umbu em função do teor de água (b.u.), na temperatura ambiente.	193
Tabela V.8	Percentual do número de valores calculados das propriedades termofísicas das sementes de umbu que estão no intervalo de confiança.	194
Tabela V.9	Modelos que limitam os intervalos de confiança das propriedades termofísicas das sementes de umbu em função do teor de água (b.u.), na temperatura de - 50 °C.	198
Tabela V.10	Percentual do número de valores calculados das propriedades termofísicas das sementes de cajá que estão no intervalo de confiança.	199
Tabela V.11	Modelos que limitam os intervalos de confiança das propriedades termofísicas das sementes de cajá em função do teor de água (b.u.), na temperatura de - 100 °C.	202
Tabela V.12	Percentual do número de valores calculados das propriedades termofísicas das sementes de cajá que estão no intervalo de confiança.	203
Tabela V.13	Modelos que limitam os intervalos de confiança das propriedades termofísicas das sementes de cajá em função do teor de água (b.u.), na temperatura de - 150 °C.	206
Tabela V.14	Percentual do número de valores calculados das propriedades termofísicas das sementes de cajá que estão no intervalo de confiança.	207
Tabela V.15	Modelos que limitam os intervalos de confiança das propriedades termofísicas das sementes de graviola em função do teor de água (b.u.), na temperatura de - 50 °C.	210
Tabela V.16	Percentual do número de valores calculados das propriedades termofísicas das sementes de graviola que estão no intervalo de confiança.	211

Tabela V.17	Modelos que limitam os intervalos de confiança das propriedades termofísicas das sementes de graviola em função do teor de água (b.u.), na temperatura de - 100 °C.	214
Tabela V.18	Percentual do número de valores calculados das propriedades termofísicas das sementes de graviola que estão no intervalo de confiança.	215
Tabela V.19	Modelos que limitam os intervalos de confiança das propriedades termofísicas das sementes de graviola em função do teor de água (b.u.), na temperatura de - 150 °C.	218
Tabela V.20	Percentual do número de valores calculados das propriedades termofísicas das sementes de graviola que estão no intervalo de confiança.	219
Tabela V.21	Modelos que limitam os intervalos de confiança das propriedades termofísicas das sementes de tamarindo em função do teor de água (b.u.), na temperatura de - 50 °C.	222
Tabela V.22	Percentual do número de valores calculados das propriedades termofísicas das sementes de tamarindo que estão no intervalo de validade.	223
Tabela V.23	Modelos que limitam os intervalos de confiança das propriedades termofísicas das sementes de tamarindo em função do teor de água (b.u.), na temperatura de - 100 °C.	226
Tabela V.24	Percentual do número de valores calculados das propriedades termofísicas das sementes de tamarindo que estão no intervalo de confiança.	227
Tabela V.25	Modelos que limitam os intervalos de confiança das propriedades termofísicas das sementes de tamarindo em função do teor de água (b.u.), na temperatura de - 150 °C.	230
Tabela V.26	Percentual do número de valores calculados das propriedades termofísicas das sementes de tamarindo que estão no intervalo de confiança.	231
Tabela V.27	Modelos que limitam os intervalos de confiança das propriedades termofísicas das sementes de umbu em função do teor de água (b.u.), na temperatura de - 50 °C.	234
Tabela V.28	Percentual de valores calculados das propriedades termofísicas das sementes de umbu que estão no intervalo de confiança.	235
Tabela V.29	Modelos que limitam os intervalos de confiança das propriedades termofísicas das sementes de umbu em função do teor de água (b.u.), na temperatura de - 100 °C.	238
Tabela V.30	Percentual do número de valores calculados das propriedades termofísicas das sementes de umbu que estão no intervalo de confiança.	239

Tabela V.31	Modelos que limitam os intervalos de confiança das propriedades termofísicas das sementes de umbu em função do teor de água (b.u.), na temperatura de - 150 °C.	242
Tabela V.32	Percentual do número de valores calculados das propriedades termofísicas das sementes de umbu que estão no intervalo de	243

PROPIEDADES TERMOFÍSICAS DE SEMENTES DE FRUTAS TROPICAIS

NOMENCLATURA

NOMENCLATURA

A	taxa de aquecimento	$^{\circ}\text{C s}^{-1}$
$a, b \text{ e } c$	eixos de figuras geométricas	m
$c_1 \text{ e } c_2$	calor específico da água	$\text{J kg}^{-1} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$
C_{cal}	capacidade calorífica do calorímetro	$\text{J }^{\circ}\text{C}^{-1}$
C_p	calor específico da massa de sementes	$\text{J }^{\circ}\text{C}^{-1}$
dA	elemento de área	m^2
dQ	quantidade de calor que passa pela área dA	Joule (J)
dQ/dt	taxa com que o energia é fornecida	w
dr	espaço com as temperaturas dT	m
dT	variação de temperatura	$^{\circ}\text{C}$
dT/dx	gradiente radial de temperatura	$^{\circ}\text{C m}^{-1}$
dt	intervalo de tempo	s
K	condutividade térmica	$\text{W m}^{-1} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$
m	massa	kg
m_1	massa de água à temperatura ambiente	Kg
m_2	massa de água refrigerada	Kg
m_3	soma das massas m_1 e m_2	Kg
m_p	massa de sementes	Kg
P	pressão	N m^{-2}
P	taxa com que a energia é fornecida	w
R	constante universal dos gás	$\text{J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$
R^2	coeficiente de determinação	$\%$
R_c	raio interno do cilindro	m
$r_1 \text{ e } r_2$	raio	m
T_1	temperatura ambiente da água	$^{\circ}\text{C}$
T_2	temperatura da água fria	$^{\circ}\text{C}$
T_3	temperatura de equilíbrio da mistura	$^{\circ}\text{C}$
T_4	temperatura inicial da massa de sementes	$^{\circ}\text{C}$

T_5	temperatura de equilíbrio	$^{\circ}\text{C}$
T_s	temperatura na superfície externo do cilindro	$^{\circ}\text{C}$
T_c	temperatura no centro do cilindro	$^{\circ}\text{C}$
V	volume	m^3
X	teor de água (b.u.)	%
α	difusividade térmica	$\text{m}^2 \text{s}^{-1}$
ε	porosidade	%
ρ_{ap}	massa específica aparente	kg cm^{-3}
ρ	massa específica	kg cm^{-3}
φ	esfericidade	%

PROPRIEDADES TERMOFÍSICAS DE SEMENTES DE FRUTAS TROPICAIS

INTRODUÇÃO GERAL

INTRODUÇÃO GERAL

A produção mundial de frutas tropicais vem crescendo em um ritmo considerável e a cada dia novos mercados são conquistados. A atração por essas frutas é devido a aparência e ao sabor exótico que elas detêm. Segundo dados da FAO (2005), este segmento cresce a um ritmo de 3% ao ano.

No ano de 2004, a produção mundial de frutas, foi de 675,1 milhões de toneladas em 71,5 milhões de hectares.

Com uma extensão territorial de 8.511.965 km² o Brasil produz frutas tropicais, subtropicais e de clima temperado, proporcionando ao país uma grande diversidade de frutas o ano inteiro. Devido a estas características naturais o Brasil se destaca internacionalmente como grande supridor de frutas frescas e processadas, ocupando atualmente a terceira posição no ranking mundial de produção de frutas, com uma produção de aproximadamente 40 milhões de toneladas anuais e uma área plantada em torno de 2,5 milhões de hectares (IBRAF, 2011).

As frutas são produzidas em todas as regiões do Brasil, com uma especificação regional em função do clima. A região Nordeste tem maior importância na produção de frutas de clima tropical. Neste aspecto, a região Nordeste tem ampliado grandemente a produção de frutas de clima temperado e subtropicais, no sistema de Produção Integrada (NETCOMEX, 2011).

A quantidade de frutas produzidas na região Nordeste como o cajá (*Spondias lutea*), graviola (*Annona muricata*), tamarindo (*Tamarindus indica*) e umbu (*Spondias tuberosa*), que são exportadas é insignificante, quando comparada à produção brasileira, embora já se tenha detectado e quantificado um significativo mercado consumidor para estes produtos. No entanto, é possível constatar que existem poucos plantios comerciais, sendo a exploração extrativista e o consumo principalmente *in natura*.

Um maior mercado interno e externo poderia ser alcançado se fossem adotadas políticas de produção e exportação dos frutos tanto na forma “in natura”, como processados na forma de polpa, suco, suco concentrado, sorvetes, doces, compotas e geléias.

Para que isso seja viabilizado, torna-se necessário programas de melhoramento do processo produtivo, os quais requerem o conhecimento das alterações fisiológicas que ocorrem nestes produtos, desde a sementeira até o pós colheita.

Os programas de melhoramentos são responsáveis pelo desenvolvimento e lançamento de cultivares com vista a atender às necessidades dos produtores. Para seu desenvolvimento é fundamental a conservação das sementes que representam, de forma significativa, a variabilidade genética da espécie cujos recursos genéticos possam ser facilmente obtidos.

A produção agrícola do mundo depende fundamentalmente das sementes, logo, a manutenção de sua viabilidade durante o seu armazenamento é de particular importância.

Todo material biológico, inclusive as sementes, estão sujeitos ao envelhecimento, como processo natural. A estrutura e a função dos organismos mudam e se perdem com o tempo, até alcançar a morte. Por estas razões, desde os tempos remotos o homem tem realizado esforços para deter o relógio biológico dos organismos e na maioria dos casos, buscou lograr este propósito com a manipulação da temperatura e do teor de água dos materiais biológicos.

Para a conservação de recursos fitogenéticos existem duas estratégias básicas:

1. A conservação *in situ* que se refere à conservação das espécies selecionadas em seu habitat natural, tais como: parques, reservas biológicas ou reservas ecológicas;
2. A conservação *ex situ* que é a conservação de espécies vegetais fora do seu ambiente natural, através de coleções de plantas no campo, de sementes em banco de sementes, ou de coleções de plântulas em bancos *in vitro*.

A semente é um organismo, entre os materiais biológicos, que requer especial atenção, pois é a forma pela qual a planta sobrevive o máximo de tempo com o mínimo de atividade fisiológica. Na conservação de sementes, deve-se atenção especial às características fisiológicas que afetam a longevidade de cada espécie, a baixos níveis de teor de água e temperaturas abaixo de 0 °C. Segundo ROBERTS (1973), as sementes são classificadas como ortodoxas quando são capazes de manter a sua viabilidade após serem desidratadas e expostas a baixas temperaturas e como recalcitrantes quando não suportam a desidratação nem as baixas temperaturas de armazenamento.

Entre os métodos de conservação *ex situ* de recursos fitogenéticos, a conservação de sementes ortodoxas em bancos de germoplasma tem se mostrado eficiente e economicamente viável. No Brasil, as sementes em bancos de germoplasma são submetidas ao armazenamento à

As sementes de numerosas espécies podem manter-se viáveis durante longos períodos de tempo desde que se possa, depois de secas, armazená-las a baixas temperaturas. Durante o armazenamento a capacidade de germinação das sementes decresce em razão de várias causas, tais como: diminuição de reservas genéticas, acúmulo de compostos tóxicos, degradação e inativação de enzimas e alterações cromossômicas, entre outras.

Em última instância, as amostras armazenadas nos bancos de germoplasma devem ser sistematicamente regeneradas, mediante novas colheitas ou multiplicação, a partir das sementes que se mantêm viáveis.

Nem sempre a regeneração é possível em virtude do desaparecimento das populações naturais ou ao desuso das cultivares originais. Além disso, a multiplicação leva, inevitavelmente, a alterações na composição genética das amostras produzindo em geral, diminuição da viabilidade genética e conseqüentemente, perda de genótipos devido à erosão genética.

Uma alternativa que desponta dentre os métodos tradicionais de conservação de sementes ortodoxas é a técnica de crioconservação, na qual o material biológico é armazenado em ultra baixas temperaturas (-196 °C), em nitrogênio líquido.

O armazenamento em nitrogênio líquido a -196 °C, ou em sua fase de vapor ao redor de -170 °C, proporciona um potencial para a preservação sem limites de tempo, pois há a redução do metabolismo a níveis tão baixos que todos os processos bioquímicos são significativamente reduzidos e a deterioração é praticamente paralisada.

A utilização do nitrogênio líquido como meio de armazenamento pressupõe que as sementes sobrevivam à exposição sem sofrer danos maiores à sua viabilidade, enquanto, os métodos tradicionais de conservação apenas adiam a deteriorização por um período de tempo determinado e específico, de acordo com o material e a espécie em questão (CUNHA, 1996). O teor de água da semente é, provavelmente, o fator mais crítico para o sucesso da técnica de crioconservação.

Apesar de proporcionar, nos materiais vegetais, tais como as sementes, uma conservação quase que infinita, e de ser considerada uma das técnicas mais suaves de conservação, a crioconservação sempre pode afetar em certo grau os produtos congelados (PEREDA, 2005), sendo essa a principal causa da diminuição da qualidade dos produtos congelados. O conhecimento das propriedades termofísicas dos produtos de origem vegetal, tais como as sementes, é de fundamental importância para o correto dimensionamento e otimização de equipamentos e operações necessários ao processamento desde a semeadura até a pós colheita desses produtos, para prever taxas de aquecimento ou resfriamento e para a simulação

dos inúmeros fenômenos e processos aos quais o material é submetido (FANG et al., 1997; DROUZAS & SARAVACOS, 1988; SOARES, 1988).

De acordo com MOHSENIN (1980) e ROSSI et al. (1982), para prever as mudanças térmicas internas de um produto agrícola sujeito às etapas de secagem, resfriamento e armazenagem, torna-se necessário a determinação de suas principais propriedades termofísicas: massa específica, calor específico, condutividade térmica e difusividade térmica.

O armazenamento de sementes em ultra-baixas temperaturas, denominado crioconservação ou crioarmazenagem, consiste em conservar sementes por imersão em vapor de nitrogênio ou no nitrogênio líquido (-196 °C) (STANWOOD, 1985).

MEDEIROS & CAVALLARI (1992) definem a crioconservação em nitrogênio líquido como sendo a preservação de materiais biológicos a baixas temperaturas, onde, sob essa temperatura, todos os processos metabólicos são paralisados e mantidos em estado latente, proporcionando uma preservação indefinida. Os outros métodos de conservação somente adiam a deterioração das sementes por um período de tempo determinado e específico, de acordo com a semente e a espécie em questão.

A crioconservação é a tendência mais promissora para a conservação em longo prazo de sementes ortodoxas, mas para isto, faz-se necessário a definição de protocolos.

O estabelecimento de métodos (os chamados “protocolos”), ou seja, o conjunto de instruções, padrões e especificações que regem a técnica de crioconservação de sementes, esta condicionado ao conhecimento de suas propriedades físicas e químicas e da determinação do teor de água ideal, bem como das taxas apropriadas de congelamento e descongelamento (SALOMÃO & FUJICHIMA, 2002), que são específicos para cada espécie e requerem estudos e avaliações específicos (POTTS & LUMPIKIN, 1997).

A definição de protocolos para a crioconservação de sementes deve ser feita para cada espécie de semente. Não há nenhuma confiabilidade em um único protocolo construído para um grupo de sementes distintas ou para várias espécies.

Para a definição de um protocolo confiável para a crioconservação de sementes, faz-se necessário o conhecimento das propriedades termofísicas de cada espécie de semente. O conhecimento das propriedades termofísicas é de fundamental importância para que possa ser definido o protocolo para a crioconservação, e desta forma a semente possa ser armazenada com sucesso em temperaturas ultra-baixas.

A crioconservação tem se mostrado como um método eficiente, prático e de baixo custo na preservação de recursos fitogenéticos, além de manter a semente viável por um

tempo considerado indefinido. Assim sendo, supõe-se que, o material armazenado por crioconservação, não sofra mudanças significativas em função do tempo. (VILLAMIL, 1997).

Segundo STANWOOD (1985), a crioconservação tem sido utilizada para sementes de numerosas espécies. Na maioria dos casos, a dessecação das sementes é o tratamento prévio e protetor frente ao congelamento: a dessecação reduz suficientemente a água disponível para que não permita a formação de grandes cristais de gelo. No entanto, já se sabe que algumas sementes não podem ser dessecadas, como também, é difícil reduzir o conteúdo de água de explantes vegetativos sem danificá-los. Os sistemas de proteção frente ao congelamento utilizados em material vegetativo (KARTHA, 1985), e com sementes (STANWOOD, 1985), podem ser resumidos nos seguintes grupos:

Congelamento lento: Este sistema consiste em reduzir lentamente a temperatura, até aproximadamente -30 a -40 °C, antes de introduzir o material vegetal em nitrogênio líquido (-196 °C). Com a diminuição progressiva da temperatura se consegue a desidratação celular (MERYAN & WILLAMS, 1985). À medida que abaixa a temperatura se vai congelando as soluções extracelulares (menos concentrados que os intercelulares). Por osmose sai parte da água intracelular, e o interior celular vai desidratando até que se alcance o ponto de congelamento das soluções. Para evitar os danos por dessecação, favorecendo a saída da água intracelular e a formação de cristais de gelo de pequeno tamanho (que não produza danos à célula), os tecidos vegetais são tratados previamente com substâncias denominadas genericamente crioprotetores, em que o tempo e a temperatura ótima de embebição do tecido e a concentração destas soluções se determinam especialmente para cada espécie e tipo de explante utilizado. De igual forma se estuda a velocidade de congelamento, que deve estar entre 0,1 e 5 °C min⁻¹.

Congelamento rápido: este procedimento consiste na introdução do material vegetal diretamente no nitrogênio líquido. Previamente se tem submetido os tecidos a tratamentos que produzem a vitrificação (estado viscoso) das soluções intracelulares ou a formação de cristais de gelo muito pequenos. As duas técnicas mais amplamente utilizadas para este fim são as denominadas vitrificação e encapsulação-dessecação.

Com qualquer dos sistemas de congelamento (rápido ou lento), o método de descongelamento mais utilizado é o rápido em banho de água a 35 a 45 °C. Desta forma se evita a possível cristalização da água, que poderia produzir em um descongelamento lento.

CUNHA (1996) descreve que a umidade da semente é provavelmente, o fator mais

crítico para o sucesso da crioconservação e, se a umidade da semente é muito alta, observa-se a sua morte durante o processo de congelamento e, ou, descongelamento.

Segundo VILLAMIL, (1997), em um banco de germoplasma a ultra-baixas temperaturas, não só o processo de crioconservação deve ser levado em consideração, mas também o processo de descongelamento, porque tanto a velocidade de congelamento como a de descongelamento influem na germinação e quanto mais rápido ocorrer o descongelamento das sementes, melhor deve ser a preservação de suas características fisiológicas.

As técnicas de conservação das sementes serão tanto mais efetivas quanto maior for o conhecimento das principais propriedades termofísicas. Os estudos sobre estas propriedades estão adquirindo nos dias atuais uma importância que encontra sua justificação muito maior no interesse da conservação das sementes do que na sua multiplicação em escala comercial.

São poucas as informações disponíveis sobre as propriedades termofísicas dos produtos agrícolas produzidos no Brasil.

Na literatura especializada inexistem referências a respeito do comportamento das propriedades termofísicas de sementes das frutas tropicais cajá, graviola, tamarindo e umbu, tanto em temperaturas ambiente quanto em ultra-baixas temperaturas.

Diante do exposto, neste trabalho experimental serão estudadas a caracterização física e as propriedades termofísicas (massa específica aparente, calor específico aparente, condutividade térmica aparente e difusividade térmica aparente) de sementes das frutas tropicais (cajá, graviola, tamarindo e umbu), características da região Nordeste.

Para tanto, este trabalho será composto pelos seguintes capítulos:

Capítulo I:

Caracterização física das sementes das frutas tropicais cajá, graviola, tamarindo e umbu quanto a forma, o volume, a contração volumétrica, a esfericidade e a porosidade, em temperatura ambiente da região Nordeste em função do seu teor de água.

Capítulo II:

Determinação das propriedades termofísicas, massa específica aparente e calor específico aparente, na temperatura ambiente e em ultra-baixas temperaturas (-45, -100 e -150 °C), em função do teor de água das sementes de cajá, graviola, tamarindo e umbu.

Capítulo III:

Estudo da condutividade térmica aparente, desde a temperatura acima do congelamento (25; 40; 50; 55; 60; 65 e 70 °C) até ultra-baixas temperaturas (-25; -35; -50; -100 e -180 °C), em função do teor de água das sementes de cajá, graviola, tamarindo e umbu.

Capítulo IV:

Obtenção da difusividade térmica aparente das sementes de cajá, graviola, tamarindo e umbu, na temperatura ambiente e em ultra-baixas temperaturas (-45, -100 e -150 °C), em função do teor de água .

Capítulo V:

Análise da correlação entre os resultados obtidos, das propriedades termofísicas: massa específica aparente, calor específico aparente, condutividade térmica aparente e difusividade térmica aparente, das sementes de cajá, graviola, tamarindo e umbu.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CUNHA, R. D. Cultura de tecidos na conservação de germoplasma vegetal. **In:** PUIGNAU, J.P. (ed.) **Conservación de germoplasma vegetal**. Monte Vídeo: IICA, 1996, p.129-138. IICA-PROCISUR, Diálogo, 45.

DROUZAS, A.E.; SARAVACOS, G. D. Effective thermal conductivity of granular starch materials. **Journal of Food Science**, Chicago, v.53, n.6, p.1795-1799, 1988.

FANG, Q.; LAN, Y.; KOCHER, M. F.; HANNA, M. A. Thermal conductivity of granular starch materials. **Transactions of the ASAE**, Saint Joseph, n. 97, p.18, 1997.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Current situation and medium-term outlook for tropical fruits (Report)**. 2005. Disponível em: < http://www.fao.org/es/esc/common/ecg/218/en/Sit_web_e.pdf > Acesso em: 16.nov.2010.

IBRAF - Instituto Brasileiro de Frutas, março, 2011. Disponível em: <http://www.ibraf.org.br/imprensa/0901_FrutasBrasileirasAscensao.asp> Acesso em: 20.abr.2011

KARTHA, K. (ed). **Plant cryopreservation**. CRC. Press, p.199-225, 1985.

MEDEIROS, A.C. de S.; CAVALLARI, D. A. N. Conservação de germoplasma de aroeira (*Astromium urundeva* (Fr. All.) Engl.) **Revista Brasileira de Sementes**. Brasília, v. 14, n. 1, p.73-75, 1992.

MERYAN, H. T.; WILLIAMS. R. J. Basic principles of freezino cryopresevation cells; natural tolerance and approaches to cryopreservation. In: K.K. Kartha (EL.) **Cryopreservation of plant cells and organs**. CRC Press, Basic Raton Florida, 1985, p.13-47.

MOHSENIN, N. N. **Thermal properties of food and agricultural materials**. New York, Science Publishers, 1980, 742p.

NETCOMEX - Instituto de Comércio Internacional. Disponível em: <<http://netcomex.com.br/>> Acesso em: 25.abr.2011

PEREDA, J. A. O. **Tecnologia de alimentos: Alimentos de origem animal**. Vol. 2. Editora Artmed. São Paulo, 2005.

POTTS, S. E.; LUMPKIN, T. A. Cryopreservation of *Wasabia* spp seeds. **Cryo-Letters**, v.18, p.185-190, 1997.

ROBERTS, E. H. Problems of long - term storage of seed and pollen for genetic resources conservation. In: FRANKEL, O.H.; HAWKES J.G. (ED). **Crop Genetic Resources for Today and Tomorrow**, Cambridge, p.269-295, 1973.

ROSSI, S. J.; FIOREZE, R.; OLIVEIRA, A. M. C.; MALZAC, H. F. Propriedades térmicas de castanha e caju e raspa de mandioca. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v.7, n.1, p.51- 56, 1982.

SALOMAO, A. N.; FUJICHIMA, A. G. **Respostas de sementes de *Tabebuia áurea* (Silva Manso) Benth. & Hook F. ex. S. Moore (Bignoniaceae) à dessecação e ao congelamento em temperaturas subzero**. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia (Serie Embrapa - Comunicado Técnico 76), 2002.

SOARES, N. F. F. **Análise experimental do método de sonda para medição de condutividade térmica de grãos: Aplicação para milho (*Zea mays* L.)**. 1988, 46f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Departamento de Engenharia Agrícola, UFV Viçosa - MG, 1988.

STANWOOD, P. C. Cryopresevation of seed germplasm for genetic conservation in: KARTHA, K.K. (ed.). **Cryopreservation of plant cells and organs**. Boca Rotan - Flórida: CRC Press, 1985, p.199-225.

VILLAMIL, P. Crioconservation de semllas. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 26. (Minicurso). Campina Grande - PB, 1997. 55p.

PROPRIEDADES TERMOFÍSICAS DE SEMENTES DE FRUTAS TROPICAIS

CAPÍTULO I
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DAS SEMENTES

PROPRIEDADES TERMOFÍSICAS DE SEMENTES DE FRUTAS TROPICAIS

CAPÍTULO I

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DAS SEMENTES

RESUMO

As propriedades físicas das sementes são influenciadas pelo teor de água. O trabalho apresentado neste capítulo avalia o efeito da variação do teor de água na esfericidade, no volume e na porosidade das sementes de cajá, graviola, tamarindo e umbu e ajusta os valores experimentais por diferentes modelos matemáticos. Analisa-se as metodologias para a determinação da esfericidade, volume e porosidade. A esfericidade e o volume foram obtidos por meio da medição dos três eixos ortogonais. A contração volumétrica unitária das sementes foi determinada pela relação entre o volume em cada teor de água e o volume inicial. A porosidade da massa de sementes foi determinada utilizando-se um picnômetro de comparação a ar. Concluiu-se que a variação no teor de água influencia na esfericidade, no volume e na porosidade das sementes de cajá, graviola, tamarindo e umbu. Por análise de regressão foram obtidos modelos matemáticos que representam adequadamente os dados experimentais das propriedades físicas em função do teor de água.

Palavras-chave: *Spondias lutea*, *Anona muricata*, *Tamarindus indica*, *Spondias tuberosa*, esfericidade, volume e porosidade

ABSTRACT

The physical properties of seeds are affected by water content. The work presented in this chapter has evaluated the effect of variation of moisture content on sphericity, volume and porosity of the seeds of caja, soursop, tamarind and umbu and adjust the experimental values by different mathematical models. We analyzed the methodologies for the determination of sphericity, volume and porosity. The sphericity and volume were obtained by measuring the three orthogonal axes. The shrinkage of single seeds was determined by the ratio between the volume at each moisture content and initial volume. The porosity of seed mass was determined using an air comparison pycnometer. It was concluded that the variation in moisture content affects the roundness, in the volume and porosity of the seeds of caja, soursop, tamarind and umbu. Mathematical models were obtained from regression analysis that adequately represent the experimental data of physical property as a function of moisture content.

Index terms: *Spondias lutea*, *Anona muricata*, *Tamarindus indica*, *Spondias tuberosa*, sphericity, volume and porosity

CAPÍTULO I

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DAS SEMENTES

I.1. INTRODUÇÃO

As características físicas das sementes têm valores específicos para as condições que são obtidas e para cada espécie de semente. De modo geral, as sementes possuem peculiaridades, espécies-específicas, que limitam a utilização de suas características físicas sob condições diferentes daquelas para as quais foram determinadas. A maioria dos estudos, relativos ao beneficiamento e conservação de sementes, leva em consideração características como: tamanho, forma, porosidade e outras, que estão intimamente ligadas ao teor de água da semente, que por sua vez depende das condições do ambiente e de sua composição química.

O estudo das características físicas das sementes recebeu grande contribuição com o trabalho de MOHSENIN (1986), que sintetizou as características mais importantes que deveriam ser determinadas para compreensão dos processos envolvidos no beneficiamento e conservação de sementes, constituindo um marco no interesse de pesquisadores por esse campo da pesquisa. Depois de Mohsenin, contribuições relevantes para a caracterização de sementes foram dadas, e cada vez mais se percebe que existe um amplo caminho a ser trabalhado e melhorado.

Alguns autores investigaram as variações das propriedades físicas em função do teor de água de diversas sementes, entre eles: LANG & SOKHANSANJ (1993), trigo; RUFFATO et al. (1999), milho pipoca; BARYEH (2002), milheto e ervilha; SAHOO & SRIVASTAVA (2002), quiabo; OZARSLAN (2002), algodão; BART & BARYEH (2003), cacau; AMIN et al. (2004), lentilha e PAKSOY & AYDIN (2004), abóbora. Entretanto, não constata-se em publicações da área, trabalhos realizados com sementes de frutas tropicais.

Considerando a importância do assunto, a variabilidade existente nas propriedades físicas das sementes e a ausência de dados na literatura especializada referente a sementes de frutas tropicais, o trabalho apresentado neste capítulo, teve como objetivo analisar a forma, o volume, a contração volumétrica, a esfericidade e a porosidade, de sementes das frutas tropicais de cajá, graviola, tamarindo e umbu ao longo do processo de secagem bem como, ajustar diferentes modelos matemáticos aos valores experimentais, de maneira que representem com fidelidade as características físicas das sementes estudadas em função do teor de água.

I.2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

I.2.1. Forma e tamanho

As sementes não possuem tamanho nem formas definidas, mas a maioria delas possuem semelhanças com formas geométricas bastantes conhecidas, tais como: Esferóide prolato, semelhante ao sólido de revolução formado quando uma elipse gira em torno do seu eixo maior; esferóide oblato, semelhante ao sólido de revolução formado quando uma elipse gira em torno do seu eixo menor; cilindro circular reto; paralelepípedo; cone circular reto e esfera.

Quando as sementes apresentam formas semelhantes à figuras geométricas conhecidas, Figura I.1, o seu volume e sua área superficial aproximada podem ser determinadas facilmente, utilizando-se as equações matemáticas destas formas geométricas.

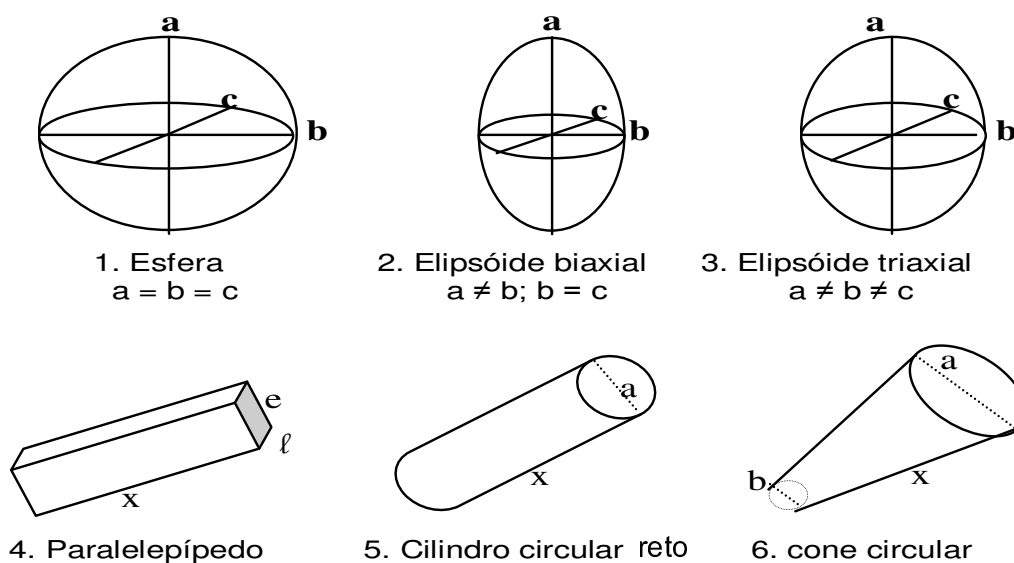


Figura I.1 - Figuras geométricas conhecidas com as respectivas medidas que devem ser feitas para definir sua forma e tamanho.

Na maioria das vezes, a simples aproximação dessas sementes para formas de discos ou esferas, satisfaz. Isto pelo fato de muitas das equações, existentes na literatura, para a solução de problemas de transporte de calor, transporte de massa e transportes simultâneos de

calor e massa, comumente trazem relações com parâmetros, geralmente, associados a esta forma.

Portanto, é importante o conhecimento dos conceitos e dos fatores de forma, tais como a esfericidade e a contração volumétrica.

A esfericidade de uma semente é um fator que indica o quão próximo está a forma da semente de uma esfera e a contração volumétrica indica a variação do volume da semente em função do teor de água.

CORRÊA et al. (2002), estudando a variação das dimensões características e a forma dos frutos de café durante o processo de secagem, observaram a diminuição da esfericidade e do volume; RIBEIRO et al. (2004), estudando a forma, tamanho e contração volumétrica do trigo durante o processo de secagem, observaram a diminuição da esfericidade e do volume; RESENDE et al. (2008), estudando a esfericidade de grãos de feijão da cultivar Vermelho Coimbra durante o processo de secagem, observaram o aumento da esfericidade e diminuição do volume.

I.2.2. Porosidade

A porosidade intergranular é definida como sendo a percentagem de espaços vazios existente na massa de sementes. Para ilustrar, considere-se um recipiente com capacidade para 1 m^3 repleto de uma certa massa de sementes, em que $0,3\text{ m}^3$ desse volume é ocupado por espaços vazios, então a porosidade dessa massa de sementes seria a relação entre o volume de espaços vazios e o volume total do recipiente.

O conhecimento da porosidade intergranular de uma massa de sementes é de suma importância, pois é necessário no dimensionamento de estruturas como silos, containeres, caixas, embalagens, unidades transportadoras, além de estar contida dentro dos estudos da transferência de calor e de transferência de massa, nos processos hidrodinâmicos, aerodinâmicos e termoelétricos, dentre outros.

Vários pesquisadores têm trabalhado na determinação da porosidade de uma massa de sementes, e o método utilizado para esta determinação varia de pesquisador para pesquisador.

THOMPSON & ISSACS (1967), determinaram a porosidade de sementes utilizando o mercúrio para ocupar os espaços intergranulares, contudo, perceberam que existiam fontes de erros nessa medição, pois, devido à densidade do mercúrio e de sua tensão superficial,

ocorria a formação de espaços não ocupados pelo líquido, o que provocava erros de precisão nas medidas.

ROSSI & ROA (1980) usaram água para determinar a porosidade em sementes. Embora os autores aleguem ter obtido a porosidade intergranular com boa precisão, hoje se sabe, que isso não corresponde à realidade, pois, no caso da água, dependendo do teor de água do produto, pode haver uma diferença significativa em produtos higroscópicos, como é o caso de algumas sementes.

A utilização da água como líquido, para medir o volume dos espaços intergranulares, não elimina as fontes de erros descritas quando se utilizou o mercúrio, podendo, apenas, diminuir. No entanto ocorrem outros possíveis erros como a possibilidade de absorção de água pelo produto.

Para evitar a absorção de água é que Loperzen utilizou o tolueno em suas medições de porosidade intergranular, no entanto, o uso deste líquido continuou não evitando os erros supracitados.

Como os líquidos não foram satisfatórios para medir a porosidade intergranular de produtos agrícolas, alguns pesquisadores iniciaram trabalhos, utilizando gases como veículo de medição.

Assim, GUSTAFSON & HALL (1972) utilizaram um picnômetro de comparação hélio-ar conjugado com uma bomba a vácuo, para determinar a porosidade de milho, variedade Dekalb XL-66. Com um equipamento similar; ALMEIDA (1979) determinou a porosidade intergranular de amêndoas de cacau em fase final de fermentação.

MOHSENIN (1986) propôs, para medição da porosidade intergranular, um picnômetro de comparação a ar.

CAVALCANTI MATA & FERNANDES FILHO (1994) desenvolveram um picnômetro de comparação a ar com base no princípio proposto por MOHSENIN (1986), para determinar a porosidade intergranular de sementes de mamona e algaroba em função do teor de água.

Utilizando um picnômetro de comparação a ar, CORRÊA et al. (2004), estudaram a porosidade de grãos de trigo durante o processo de secagem e RESENDE et al. (2008), estudaram a porosidade de grãos de feijão da cultivar Vermelho Coimbra.

I.2.3. Aspectos biológicos

I.2.3.1. Cultura do cajá (*Spondias lutea*)

I.2.3.1.1. Aspectos gerais

A Cajazeira cujo nome científico *Spondias lutea*, Figura I.2, é uma árvore originária das Américas da família das Anacardiáceas, podendo atingir mais de vinte metros de altura.



Figura I.2 - Cajazeira

Na região Norte do Brasil chama-se Taperebá e na região Sul é também conhecida como cajá-mirim. No estado da Bahia, o cultivo da cajazeira é utilizado para o sombreamento permanente do cacaueteiro.

O fruto da cajazeira (cajá), Figura I.3, é uma drupa elipsóide de 3 a 4 cm de comprimento, casca lisa amarela alaranjado, pouca escassa sucosa, doce acidulada e possui sabor e cheiro acentuados (CAVALCANTE, 1992).

Nas regiões Norte e Nordeste do Brasil, o cajá é um fruto explorado extrativamente, sendo poucos os pomares comerciais existente nestas regiões. Não existem dados na literatura dos volumes de produção.

Motivado pela grande aceitação e um crescente mercado consumidor do fruto, a sua cultura vem se expandindo, criando expectativas favoráveis ao seu consumo “in natura” e para a industrialização.



Figura I.3 - Frutos da cajazeira (*Spondias lutea*)

A produção de cajá é sazonal, na região Nordeste ocorre por um período de aproximadamente três meses durante o ano (março, abril e maio), sendo a sua comercialização, durante este período, feita como fruto “in natura”, principalmente nas centrais de abastecimentos (CEASA) e no mercado informal.

O cajá é consumido “in natura” pela população. A indústria de alimentos utiliza o cajá na forma “in natura” para a fabricação de polpa, suco industrial, compota, geléia e sorvete.

I.2.3.1.2. Aspectos botânicos

A cajazeira apresenta folhas compostas de até 30 cm de comprimento, possui 7 a 17 folíolos oblongos ou ovalados lanceolados, serrados e opostos. Segundo SANTOS (1978), as flores são branco-amareladas.

Segundo GOMES (1989), a polpa ácida, às vezes doce, é muito utilizada para a produção de geléia, compotas, refrescos e sorvetes. Também se produz aguardente e licores a partir de seu suco.

I.2.3.2. Cultura da graviola (*Annona muricata*)

I.2.3.2.1. Aspectos gerais

A gravioleira cujo nome científico *Annonas muricata*, mostrada na Figura I.4, é encontrada em quase todos os países tropicais. As folhas são grandes, alongadas, não recortadas, verdes brilhantes e de coloração verde-clara a verde-escura e as flores são amareladas, hermafroditas, grandes e isoladas, que nascem no tronco e nos ramos.



Figura I.4 - Gravioleira

A sua origem está nas terras baixas da América Central e Vales Peruanos. Diz à história que os conquistadores espanhóis encontraram grandes plantações na América Central e se encarregaram de espalhar a gravioleira para outras regiões tropicais do mundo. Daí que em cada região do planeta a graviola tem um nome diferente (BORA et al., 1987).

Segundo BOSCO et al. (1996), a graviola no Brasil é produzida principalmente na região Nordeste, sendo uma das importantes frutíferas cultivadas nos estados da Paraíba, Ceará, Pernambuco e Bahia.

A gravioleira necessita de clima úmido para se desenvolver adequadamente.

De acordo com MARINHO (1999), na região Sul da Bahia, onde o cultivo da graviola é mais recente, a maioria dos produtores utilizaram mudas propagadas por sementes, e em alguns casos por enxertia, utilizando-se de material proveniente de plantas dos tipos conhecidos como 'Morada' e, em menor escala, dos tipos 'Lisa' ou 'Comum'.

Trabalhos para caracterização físico-química da polpa de graviola foram realizados por alguns pesquisadores, entre eles: PAULL (1982); CASTRO et al. (1984); BORA et al. (1997); BOSCO et al. (1996); LIVERA & GUERRA (1996); SILVA & SOUZA (1999). Na maioria destes trabalhos, foram utilizados frutos de variedades não identificadas e os resultados encontrados são bastante variados.

I.2.3.2.2. Aspectos botânicos

A gravioleira ou pinha da Guiné-Bissau é uma planta originária das Antilhas, onde se encontra em estado silvestre, sendo uma árvore de pequeno porte (atinge de 4 a 6 metros de altura). No Brasil, tornou-se subespontânea na Amazônia, sendo cultivada principalmente nos estados do Nordeste. Prefere climas úmidos, baixa altitude, e não exige muito em relação ao terreno.

As árvores produzem frutos durante todo o ano, não existindo época definida, como é o caso da maioria dos frutos. O fruto mostrado na Figura I.5, possui um formato oval, a casca apresenta cor verde-escura, não é lisa, uma vez que apresenta pequenas elevações ("espinhos") de cor escura. No aspecto de sabor assemelha-se muito à fruta do conde. A parte interna é formada por uma polpa branca de sabor suavemente adocicado. Apresenta também, em sua parte interna, uma grande quantidade de semente na cor preta. Em média, uma graviola pode atingir de 1 a 2 kg, porém, há casos de frutos que chegam a 6 kg.

Conforme TORRES et al. (1995), a graviola é uma baga ou sincarpo, geralmente ovoide ou elipsóide, de cor verde-escura, medindo de 15 a 50 cm de comprimento e 10 a 25 cm de diâmetro, coberta por espinhos suaves de 0,3 a 0,8 cm, podendo ser consumida "in natura" ou sob a forma de sorvetes, sucos, cremes, coquetéis.

As folhas são utilizadas sob a forma de chás e infusões para combater diabetes, embora não se deva abusar deste procedimento, porque são desconhecidos os princípios ativos e as dosagens certas (SACRAMENTO et al., 2003).



Figura I.5 - Frutos da gravioleira (*Anona muricata*)

A graviola é uma excelente fonte de vitamina C e do complexo B e possui alto teor de ferro, cálcio, potássio, fósforo e carboidratos. Estudos recentes revelam o seu alto potencial terapêutico, provocando variados efeitos no organismo: efeito antidiurético, anti-inflamatório, anti-reumático, anti-espasmódico e anticancerígeno (SACRAMENTO et al., 2003).

Apesar da importância da graviola na fruticultura nordestina, não existem variedades de gravioleiras que sejam portadoras de características botânicas geneticamente definidas PINTO & SILVA (1994). Estes autores revelam que, nos principais países produtores (Venezuela, Porto Rico e Costa Rica), são inúmeros os tipos de gravioleiras encontradas, que se diferenciam pela forma, sabor e consistência de seus frutos. Considerando essas características, são conhecidas gravioleiras do tipo 'Morada', 'Lisa' e 'Blanca', introduzidas no Brasil oriundas da Colômbia pela Embrapa, em 1981.

No Nordeste, com exceção da região Sul do estado da Bahia, predomina a variedade crioula, também chamada nordestina ou comum, denominação utilizada para as gravioleiras que não se enquadram nos tipos colombianos. PINTO & RAMOS (1997) relatam que a quase totalidade das gravioleiras existentes nas coleções de trabalho é considerada ecotipo, pois apenas foram introduzidas sem passarem por processo mais detalhado de seleção, avaliação e fixação de suas características. Em geral, esses ecotipos diferenciam-se pela forma e/ou pelo sabor ácido ou menos ácido dos frutos.

Devido à inexistência de variedades selecionadas, a maioria das áreas comerciais de gravioleiras implantadas no Brasil utilizaram mudas de origem sexuada, as quais apresentam grande variabilidade na produção e qualidade dos frutos.

I.2.3.3. Cultura do tamarindo (*Tamarindus indica*)

I.2.3.3.1. Aspectos gerais

O tamarindeiro ou tamarindo, Figura I.6, também chamado tamarineiro, cujo nome científico é *Tamarindus indica*, *Dicotyledoneae*, *Leguminosae* *Cesalpinioideae*, é uma árvore frutífera e decorativa. Sua altura pode chegar aos 25 m; seu tronco divide-se em numerosos ramos curvados formando copa densa e ornamental; as folhas são compostas e sensitivas (fecham por ação do frio), flores hermafroditas amarelas ou levemente avermelhadas (com estrias rosadas ou roxas) que se reúnem em pequenos cachos axilares (GURJÃO et al., 2006).



Figura I.6 - Tamarindeiro

A sua origem é das savanas africanas, embora já seja cultivado em grande escala em inúmeros países, tais como a Índia. No Brasil, se adaptou facilmente nas regiões Norte e Nordeste, devido ao clima quente e úmido. A fruta é consumida *in natura* nestas regiões e nas demais regiões do país é comercializada na forma de polpas congeladas, sendo consumida na forma de sucos e sobremesas, que são largamente apreciados pelo seu caráter agridoce, marcadamente ácido (GURJÃO et al., 2006).

O Tamarindeiro é uma árvore com uma copa densa e pode alcançar até 25 m, é também utilizada como peça de ornamentação em áreas urbanas. A temperatura média ideal para o desenvolvimento da planta é de 25 °C, em regiões de clima tropical úmido ou árido.

I.2.3.3.2. Aspectos botânicos

O fruto, tamarindo ou tamarino, mostrado na Figura I.7, é uma vagem alongada com 5 a 15 cm de comprimento, com casca pardo-escuro, lenhosa e quebradiça. As sementes em números de 3 a 8 estão envolvidas por uma polpa parda e ácida contendo açúcares (33%), ácido tântrico (11%), ácido acético e ácido cítrico. Demora aproximadamente, 245 dias para chegar à fase de maturação. Após alcançar a maturação o fruto pode permanecer na árvore por várias semanas.

No período em que as frutas estão amadurecidas, as sementes crescem, a polpa se encolhe e a casca se torna frágil, sendo quebrada facilmente com a mão (LORENZI, 2005).



Figura I.7 - Frutos do tamarindeiro (*Tamarindus indica*)

Dentre os frutos tropicais, o tamarindo é o que possui maior teor de proteínas, glicídios e elementos minerais. Em 100 gramas de polpa de tamarindo contém 272 cal, 54 mg de cálcio; 108 mg de fósforo; 1 mg de ferro; 7 ug. de Vitamina A; 0,44 mg de Vitamina B e 33 mg de Vitamina C (LORENZI, 2005).

O tamarindo é consumido na fabricação de refrescos, sorvetes, pastas, doces, licores, polpas, além de servir como ingrediente de temperos para alimentos.

O óleo extraído durante o processamento das sementes é alimentício e de uso industrial.

As sementes ao natural servem de forragem para animais domésticos. Quando processadas são utilizadas como estabilizantes de sucos e de alimentos industrializados, como goma (cola) para tecidos ou papel (LORENZI, 2005).

O cerne da madeira do tamarindeiro é de excelente qualidade, forte e resistente à ação de cupins, presta-se bem para fabricação de móveis, brinquedos, pilões, no preparo de carvão vegetal e diversas outras finalidades (LORENZI, 2005).

De acordo com GURJÃO et al. (2006) a planta deve ser cultivada em regiões tropicais quentes e úmidas, onde a temperatura média anual deve estar em 25 °C, as chuvas anuais entre 600 e 1500 mm e tenha boa intensidade de luz.

A planta entra em produção entre 4 a 6 anos pós plantio e pode produzir ao longo de 200 anos.

Cada tamarindeiro adulto pode produzir de 150 a 250 kg de frutos por ano, portanto a produção por hectare pode ser de 12 a 18 toneladas (LORENZI, 2005).

O ponto de maturação do fruto é reconhecido quando a casca torna-se quebradiça partindo-se facilmente à pressão dos dedos. Deve-se colher o fruto amadurecido na planta.

I.2.3.4. Cultura do umbu (*Spondias tuberosa*)

I.2.3.4.1. Aspectos gerais

O umbuzeiro ou imbuzeiro, Figura I.8, Brazilian plum para povos de língua inglesa, tem nome científico *Spondias tuberosa* Arruda Câmara, *Dicotyledoneae*, *Anarcardiaceae*, é originário dos chapadões semi-áridos do Nordeste brasileiro. Nas regiões do agreste (Piauí), cariris (Paraíba), caatinga (Pernambuco e Bahia) a planta encontrou boas condições para seu desenvolvimento, encontrando-se em maior número, nos Cariris Velhos (SOUSA & CATTÃO, 1970).

No Brasil colonial era chamada de ambu, imbu, ombu, corrutelas da palavra tupi-guarani *ÿ-mb-u*, que significa “árvore que dá de beber”. Pela importância de suas raízes foi chamada “árvore sagrada do Sertão” por Euclides da Cunha.

O umbuzeiro é uma planta frutífera, rústica, caducifólia, xerófila, perfeitamente adaptada às zonas menos chuvosas do Nordeste brasileiro (GOMES, 1965).



Figura I.8 - Umbuzeiro

A resistência do umbuzeiro à seca é assegurada pelos xilopódios (batatas), que tem uma função importante no armazenamento de água e substâncias nutritivas. Por esta razão, o umbuzeiro se desenvolve e produz muito bem no semi-árido brasileiro.

As espécies que não possuem esta estrutura são mais vulneráveis às secas periódicas do Nordeste brasileiro e, não se desenvolvem e nem se reproduzem bem na região semi-árida.

I.2.3.4.2. Aspectos botânicos

O umbuzeiro é uma árvore pouco alegre à vista, madeira áspera e sem espinho, como a da romeira. Esta árvore lança das raízes principais outras raízes maiores e menores, redondas e compridas e algumas acham-se afastadas da árvore e outras mais perto (SOUZA & CATÃO, 1970).

A silhueta do umbuzeiro adulto dá a idéia de um semicírculo pela limitada altura (6m) e pela extensão lateral dos galhos, cuja projeção no solo forma uma sombra com circunferência de 30m para proteger o solo.

As flores são brancas, em panículas, composta de um cálice com 4 ou 5 segmentos e uma corola com 3 ou 5 pétalas valvadas; os estames são em número de 8 a 10 e os estilos de 3 a 5. Numa mesma inflorescência, 50% das flores são hermafroditas e os 50% restantes são masculinas com gineceu rudimentar, o que define a espécie como andromônica do ponto de vista reprodutivo. A floração se dá após as primeiras chuvas e a abertura das flores durante a madrugada, entre zero e quatro horas, independente do ambiente (GOMES, 1989).

O fruto do umbuzeiro mostrado na Figura I.9, é uma drupa glabra ou levemente pilosa, arredondadas em 2 a 4 cm de diâmetro e peso de 10 a 20g, apresentando superfície lisa ou exibem quatro a cinco protuberâncias na porção distal. É constituído, em média, por 22% de casca (epicarpo) de cor amarelo-esverdeada, 68% de polpa (mesocarpo) de sabor agridoce e 10% de caroço (endocarpo) que é rico em gordura e proteína (MENDES, 1990).



Figura I.9 - Frutos do umbuzeiro (*Spondias tuberosa*)

O período de frutificação do umbuzeiro é de aproximadamente 4 meses, iniciando-se nas primeiras chuvas, sendo que uma só árvore chega a produzir aproximadamente 300kg de frutos. Considerando um plantio organizado com 25 plantas por hectares, produziria 7,5 toneladas por hectare do fruto por ano (DUQUE, 1980).

I.3. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo das características físicas das sementes das frutas tropicais cajá, graviola, tamarindo e umbu na temperatura ambiente foi desenvolvido no Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola do Centro de Tecnologia em Recursos Naturais (CTRN) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campina Grande, Paraíba.

Para esta pesquisa experimental foram utilizadas sementes provenientes da região polarizada por Campina Grande, com vários teores de água (b.u.).

As sementes foram extraídas dos frutos com teor de água elevado e em seguida, foram submetidas a dessorção na temperatura de 40 °C até atingirem os teores de água desejados. Os teores de água foram aferidos pelo método padrão de estufa (105 ± 3 °C por 24 horas), com três repetições, segundo as normas do Instituto Adolfo Lutz, BRASIL (2005).

I.3.1. Forma e tamanho

As sementes de cajá, graviola, tamarindo e umbu foram caracterizadas como um elipsóide triaxial, mostrada na Figura I.10, tiveram suas dimensões a, b e c determinadas utilizando-se um paquímetro digital com precisão de 0,01 mm.

I.3.1.1. Esfericidade

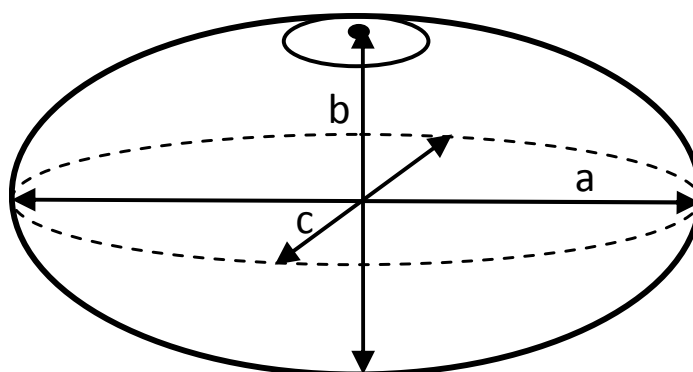


Figura I.10 - Desenho esquemático de uma semente, considerada elipsóide triaxial, com suas dimensões características.

Neste estudo, a esfericidade das sementes foi determinada de acordo com a expressão descrita por MOHSEIN (1986), conforme Equação I-1.

$$\phi = \left[\frac{(abc)^{1/3}}{a} \right] 100 \quad (\text{I-1})$$

em que,

ϕ - esfericidade, %

a - maior eixo da semente, cm

b - eixo médio da semente, cm

c - menor eixo da semente, cm.

I.3.1.2. Variação volumétrica

A contração volumétrica unitária durante a secagem da semente foi determinada pela relação entre o volume em cada teor de água e o volume no teor de água inicial.

O volume de cada semente foi obtido ao longo do processo de secagem de acordo com a expressão proposta por MOHSEIN (1986), Equação I-2, que caracteriza a semente como um elipsóide triaxial.

$$V_s = \frac{\pi abc}{6} \quad (\text{I-2})$$

em que,

V_s - volume da semente, cm³

a - maior eixo da semente, cm

b - eixo médio da semente, cm

c - menor eixo da semente, cm.

I.3.2. Porosidade

A porosidade das sementes foi determinada, pela média de três repetições, obtidas num picnômetro de comparação a ar, proposto por MOHSENIN (1986), que é mostrado na Figura I.11.

Para determinação da porosidade, coloca-se sementes no cilindro 2 até completo enchimento, retira-se o excesso com uma régua, conforme seja necessário. Depois, recoloca-se o cilindro 2 no seu local de origem e rosqueia-se o manípulo (12) com a válvula de conexão de ar (8) fechada.

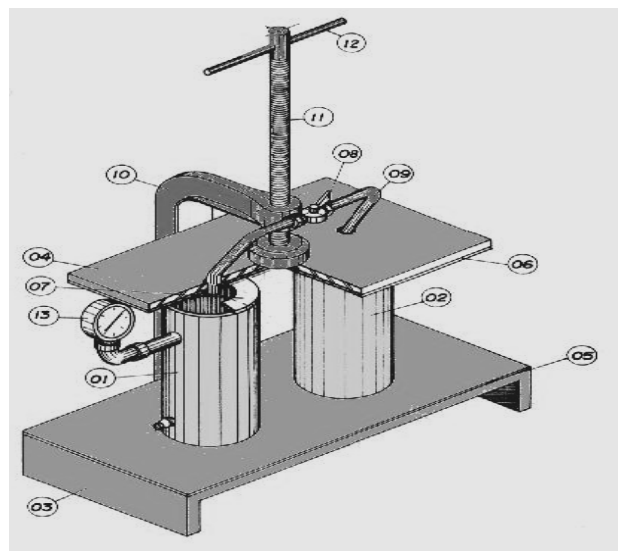


Figura I.11 - Picnômetro de comparação a ar desenvolvido pelo Núcleo de Tecnologia em Armazenagem da Universidade Federal de Campina Grande.

No cilindro 1, injeta-se ar por meio do compressor até uma determinada pressão, inferior à capacidade do manômetro. Nesse instante, ter-se-á no cilindro 1

$$P_1 V_1 = m R T \quad (\text{I-3})$$

em que,

P_1 - pressão no cilindro 1, N m^{-2}

V_1 - volume de ar no cilindro 1, m^3

m - massa de ar no cilindro 1, kg

R - constante específica do gás, $\text{J kg}^{-1} \text{K}^{-1}$

T - temperatura, K

$$P_2 V_1 = m_1 R T_1 \quad (\text{I-4})$$

e no cilindro 2:

$$P_2 V_2 = m_2 R T_2 \quad (\text{I-5})$$

em que,

P_2 - pressão no cilindro 2, N.m^{-2}

V_2 - volume de ar no cilindro 2, m^3

m_1 - massa de ar no cilindro 1, kg

m_2 - massa de ar no cilindro 2, kg

R - constante específica do gás, $\text{J kg}^{-1} \text{K}^{-1}$

T_2 - temperatura no cilindro 2, K

A massa de ar existente no primeiro cilindro - m_1 , antes da abertura da válvula, é igual a soma das massas dos dois cilindros, após a abertura da válvula, ou seja

$$m = m_1 + m_2 \quad (\text{I-6})$$

tem-se:

$$\frac{P_1 V_1}{R T_1} = \frac{P_2 V_1}{R T_2} + \frac{P_2 V_2}{R T_2} \quad (\text{I-7})$$

Considerando que não existe pressão suficientemente alta, para haver uma alteração de temperatura antes e depois da abertura da válvula, tem-se então que $T_1 = T_2$ e a Equação I-7 pode ser reescrita da seguinte forma:

$$\frac{P_1 V_1}{R T_1} = \frac{P_2 V_1}{R T_1} + \frac{P_2 V_2}{R T_1} \quad (\text{I-8})$$

eliminando os termos $R.T_1$, a Equação I-8 pode ser reescrita da seguinte forma:

$$V_1 (P_1 - P_2) = P_2 V_2 \quad (\text{I-9})$$

ou seja

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{P_1 - P_2}{P_2} \quad (\text{I-10})$$

em que V_2/V_1 é igual a porosidade intergranular, portanto tem-se que:

$$\varepsilon = \frac{P_1 - P_2}{P_2} \quad (\text{I-11})$$

em que,

ε - porosidade intergranular, %

P_1 - pressão no cilindro 1, N m^{-2}

P_2 - pressão no cilindro 2, N m^{-2}

I.3.3. Análise estatística

Os dados experimentais obtidos da esfericidade, contração volumétrica e da porosidade foram submetidos à análise de regressão.

Os modelo matemáticos foram escolhidos com base na significância da equação, pelo teste F, e dos coeficientes de regressão, utilizando-se o teste t, a fim de se estabelecerem equações que representem as interações entre as variáveis analisadas.

Utilizou-se como critérios para a determinação do melhor ajuste das equações aos dados experimentais o coeficiente de determinação (R^2) e o desvio percentual médio (P), calculado pela Equação I-12.

I.4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Durante a obtenção dos dados experimentais há intrinsecamente, erros sistemáticos e erros de paralaxe. Os erros de paralaxe foram minimizados com o aumento do número de medidas, por esta razão a sua influencia é insignificante nos resultados obtidos.

Os erros sistemáticos, oriundos da limitação dos medidores e da própria metodologia utilizada, não podem ser minimizados, pelo contrário se mantém durante a realização dos experimentos.

A caracterização física das sementes é característica intrínseca de cada semente dependendo do material orgânico que as envolve e do teor de água.

1.4.1. Forma e tamanho

I.4.1.1 Esfericidade

Os valores experimentais e estimados da esfericidade das sementes de cajá, graviola, tamarindo e umbu em função do teor de água (b.u.), são apresentados nas Figuras de I.12 a I.15.

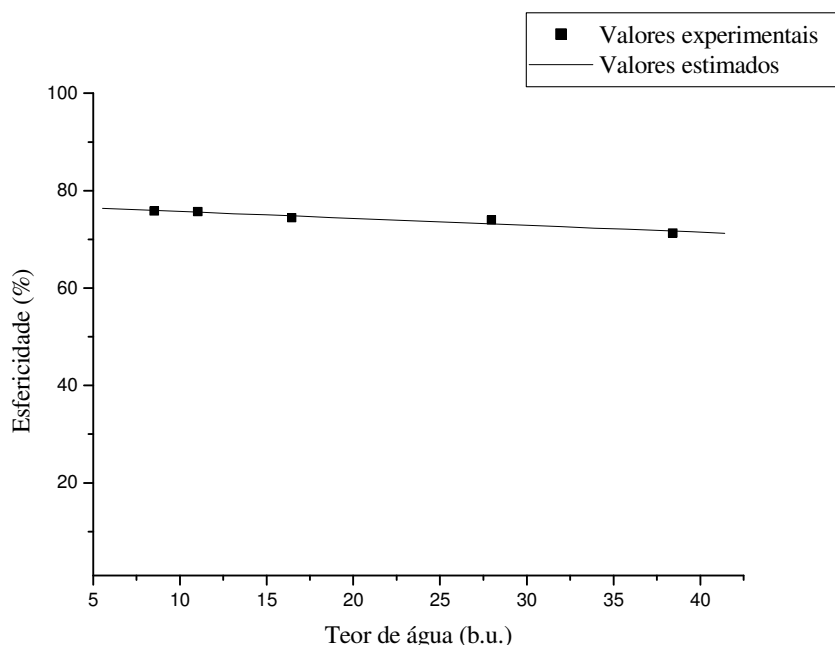


Figura I.12 - Valores experimentais e estimados da esfericidade da semente de cajá em função do teor de água (b.u.)

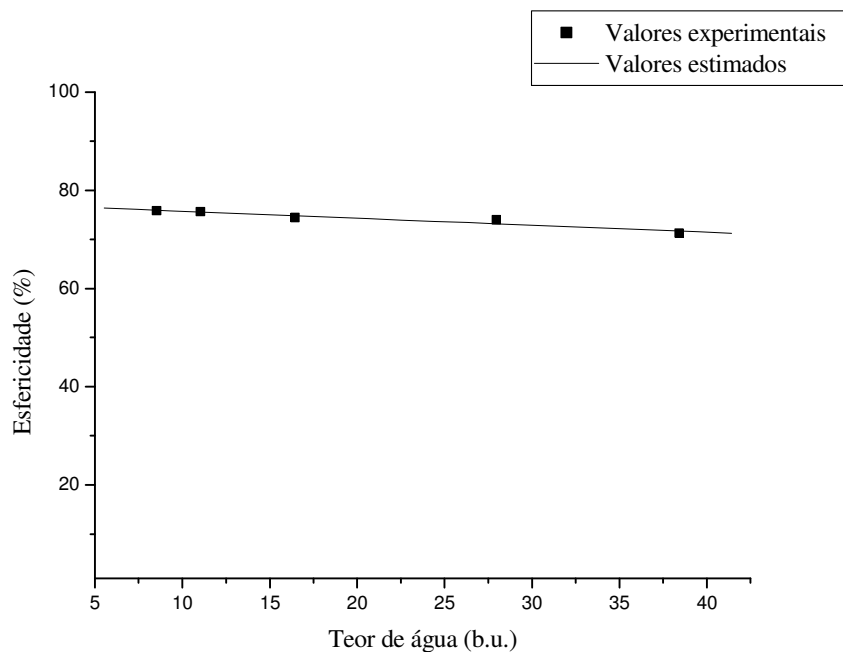


Figura I.13 - Valores experimentais e estimados da esfericidade da semente de graviola em função do teor de água (b.u.)

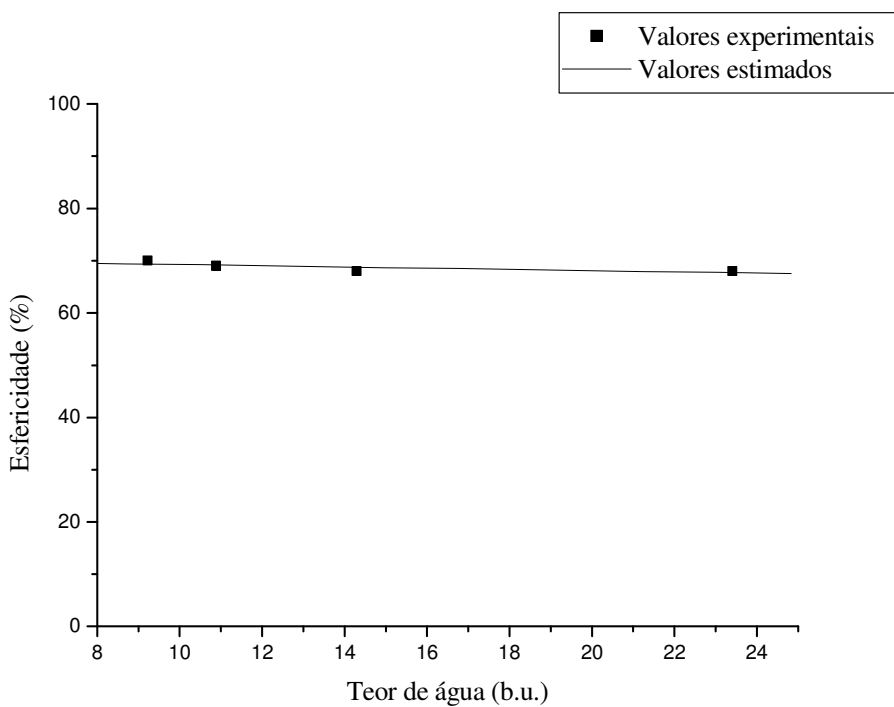


Figura I.14 - Valores experimentais e estimados da esfericidade da semente de tamarindo em função do teor de água (b.u.)

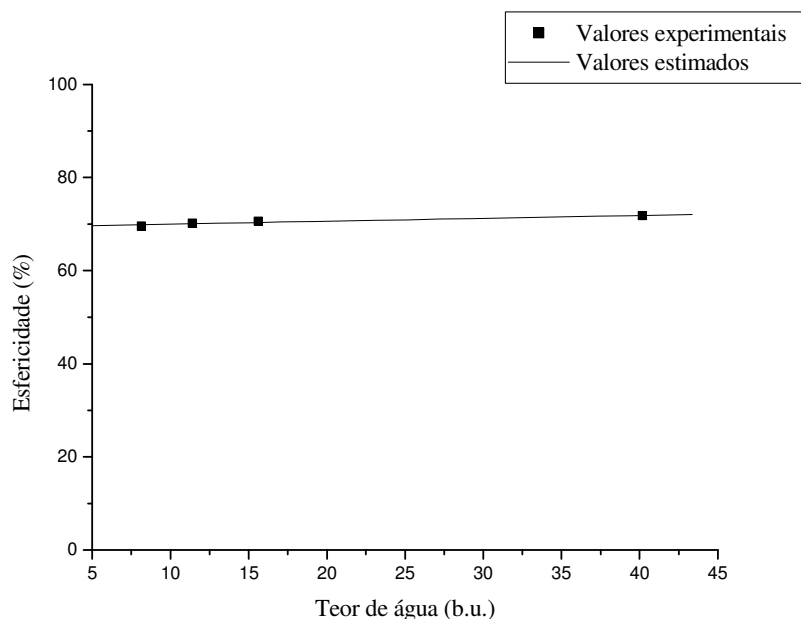


Figura I.15 - Valores experimentais e estimados da esfericidade da semente de umbu em função do teor de água (b.u.)

Os dados experimentais da esfericidade das sementes de cajá, graviola, tamarindo e umbu foram ajustados através de regressão linear a modelos empíricos, em função do teor de água (b.u.). O modelo linear representa satisfatoriamente os valores experimentais da esfericidade, sendo significativo a 1% de probabilidade pelo teste t, e apresenta elevado valor do coeficiente de determinação (R^2).

A Tabela I.1 apresenta os modelos obtidos para predição da esfericidade das sementes de cajá, graviola, tamarindo e umbu, em função do teor de água.

Tabela I.1 - Modelos para predição da esfericidade da semente em função do teor de água (b.u.).

Tipo de semente	Equação	R^2
Cajá	$\phi = 77,133 - 0,142 X$	0,9623
Graviola	$\phi = 45,166 + 0,971 X$	0,8324
Tamarindo	$\phi = 70,435 - 0,117 X$	0,8711
Umbu	$\phi = 69,382 + 0,062 X$	0,9657

em que,

Φ - esfericidade, %

X - teor de água, % b.u.

Os valores de esfericidade de sementes de cajá ficaram entre 76,46 a 71,26% para teor de água de 8,53 a 62,44% b.u.; para sementes de graviola observou-se valores entre 57,0 a 69,00% para teor de água de 10,52 a 20,44% b.u.; para sementes de tamarindo observou-se valores entre 70,00 a 68,00% para teor de água de 9,22 a 23,41% b.u. e para sementes de umbu observou-se os valores entre 69,59 a 71,8% para teor de água de 8,15 a 40,18% b.u..

Alguns pesquisadores estudaram a esfericidade de sementes, dentre eles: MAGALHÃES et al. (2000), estudando sementes de cinco espécies diferentes de café; CORRÊA et al. (2002), estudando frutos de café. Ambos observaram que há um aumento da esfericidade com o aumento do teor de água.

Constata-se que há um variação linear da esfericidade das sementes de cajá, graviola, tamarindo e umbu com a variação do teor de água, assim como os produtos agrícolas estudados.

Nas sementes de graviola e umbu observa-se um aumento da esfericidade com o aumento do teor de água, enquanto que para a semente de cajá e tamarindo observa-se uma diminuição da esfericidade com o aumento do teor de água.

Conforme pode ser constatado na literatura especializada, a variação da esfericidade com o teor de água é uma característica intrínseca ao produto agrícola, aumentando ou diminuindo com a aumento do teor de água, devido a textura e a composição do material que constitui o produto agrícola.

Na literatura especializada não se consta trabalhos com sementes de frutas tropicais.

I.4.1.2. Variação volumétrica

Os valores experimentais e estimados do volume das sementes de cajá, graviola, tamarindo e umbu em função do teor de água (b.u.), são apresentados na Figura I.16 a I.19.

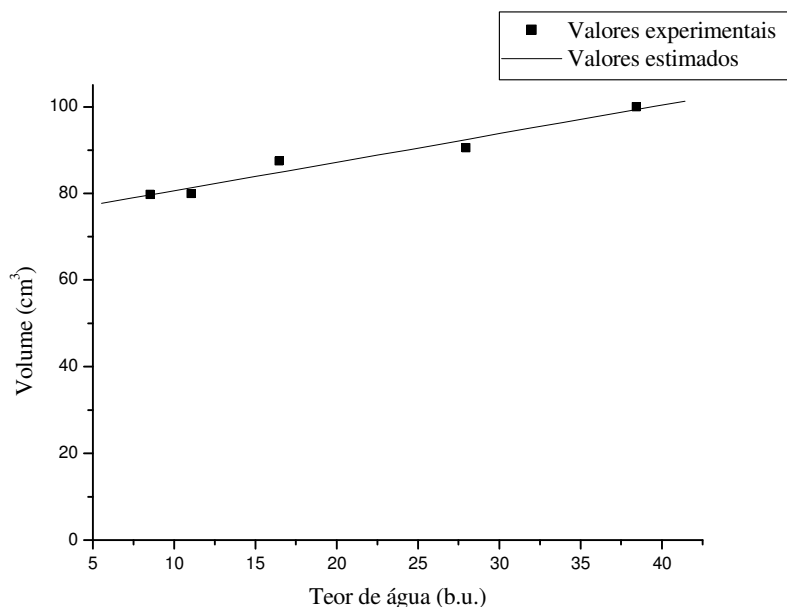


Figura I.16 - Valores experimentais e estimados do volume das sementes de cajá em função do teor de água (b.u.)

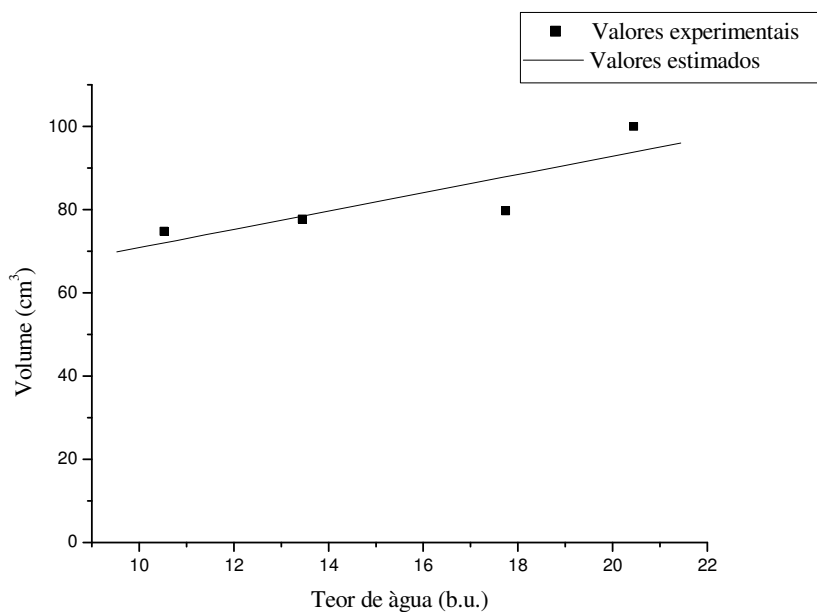


Figura I.17 - Valores experimentais e estimados do volume das sementes de graviola em função do teor de água (b.u.)

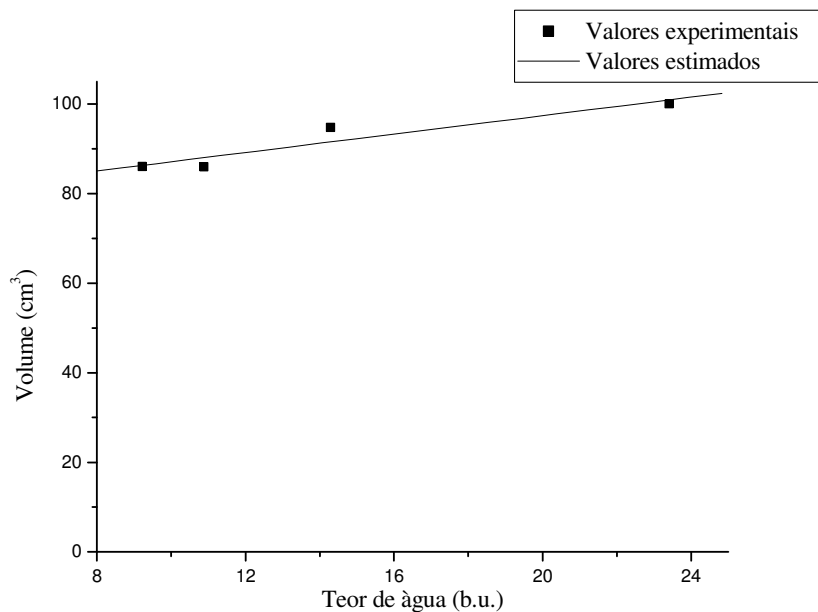


Figura I.18 - Valores experimentais e estimados do volume das sementes de tamarindo em função do teor de água (b.u.)

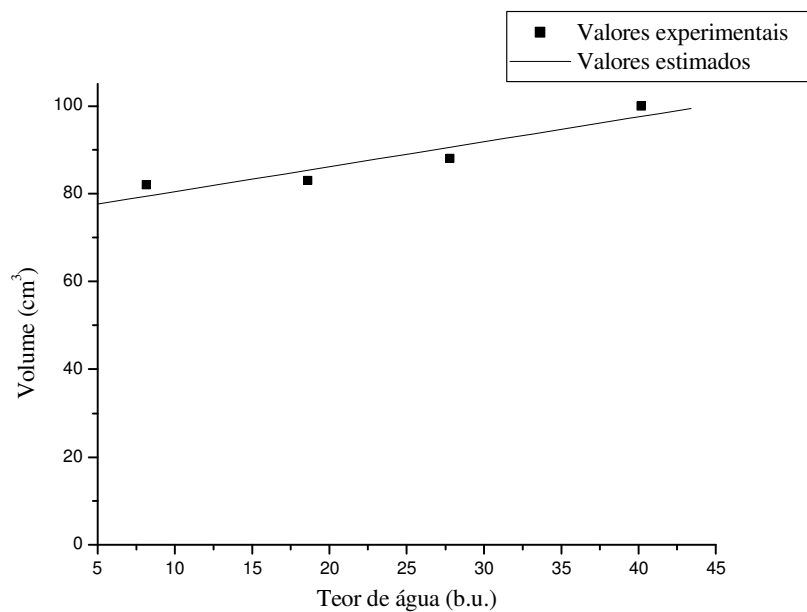


Figura I.19 - Valores experimentais e estimados do volume das sementes de umbu em função do teor de água (b.u.)

Os dados experimentais do volume das sementes de cajá, graviola, tamarindo e umbu foram ajustados através de regressão linear à modelos empíricos, em função do teor de água (b.u.).

Os dados experimentais foram ajustados por regressão e o modelo linear representa satisfatoriamente os valores experimentais do volume, sendo significativo a 1% de probabilidade pelo teste t, e apresentando elevado valor do coeficiente de determinação (R^2).

A Tabela I.2 apresenta os modelos obtidos para predição do volume da semente de cajá, graviola, tamarindo e umbu, em função do teor de água.

Tabela I.2 - Modelos para predição do volume da semente em função do teor de água (b.u.).

Tipo de semente	Equação	R^2
Cajá	$V_s = 74,023 + 0,658 X$	0,9774
Graviola	$V_s = 48,887 + 2,199 X$	0,8458
Tamarindo	$V_s = 76,802 + 1,029 X$	0,9450
Umbu	$V_s = 74,770 + 0,569 X$	0,9381

em que,

V_s - volume da semente, cm^3

X - teor de água, % b.u.

O volume de sementes de cajá apresentou os valores variaram entre 79,73 a 90,5 cm^3 para o teor de água de 8,53 a 62,44% b.u.; em sementes de graviola os valores ficaram entre 74,79 a 79,76 cm^3 para o teor de água de 10,52 a 20,44% b.u.; em sementes de tamarindo o volume encontra-se entre 85,98 a 94,72 cm^3 para o teor de água de 9,22 a 23,41% b.u. e para sementes de umbu os valores estão entre 82,0 a 88,0 cm^3 para o teor de água de 8,15 a 40,18% b.u..

Pode-se observar que o volume da semente aumenta linearmente com aumento do teor de água, comportamento semelhante a grande maioria dos produtos agrícolas, conforme trabalhos realizados por vários pesquisadores, dentre eles: AFONSO JÚNIOR et al. (2000), estudando duas cultivares de grãos de milho de pipoca; RIBEIRO et al. (2004), estudando grãos de trigo; RESENDE et al. (2005), estudando grãos de feijão e GONELI et al. (2011), estudando frutos de mamona.

Na literatura especializada não consta trabalhos com sementes de frutas tropicais.

I.4.2. Porosidade

Os valores experimentais e estimados da porosidade da massa de sementes de cajá, graviola, tamarindo e umbu em função do teor de água (b.u.), são apresentados nas Figuras I.20 a I.23.

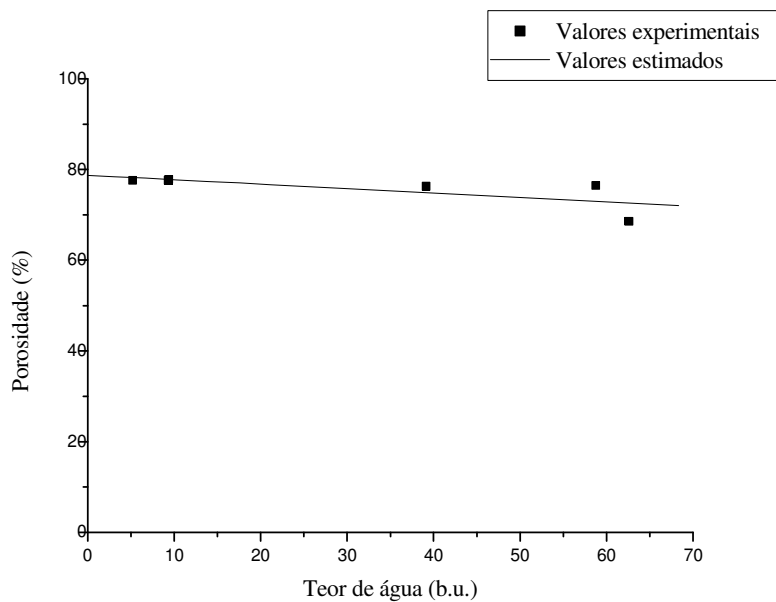


Figura I.20 - Valores experimentais e estimados da porosidade da massa de sementes de cajá em função do teor de água.

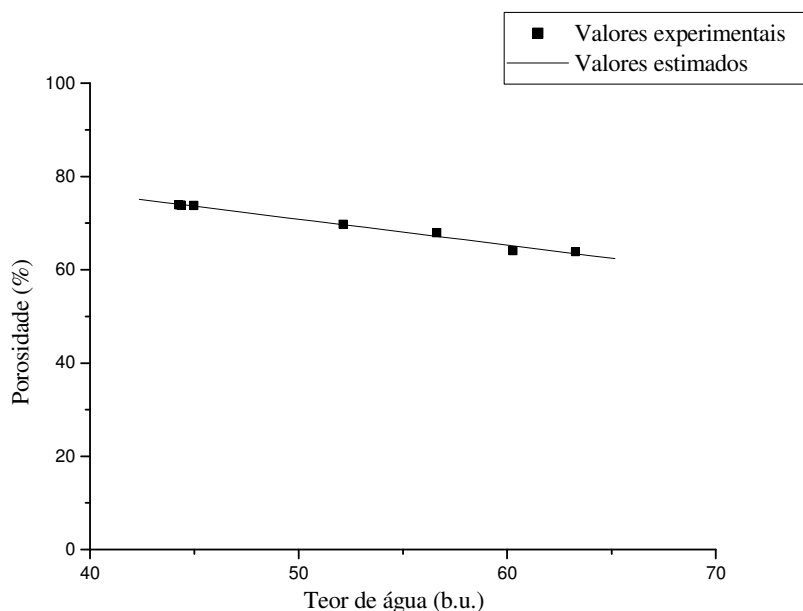


Figura I.21 - Valores experimentais e estimados da porosidade da massa de sementes de graviola em função do teor de água.

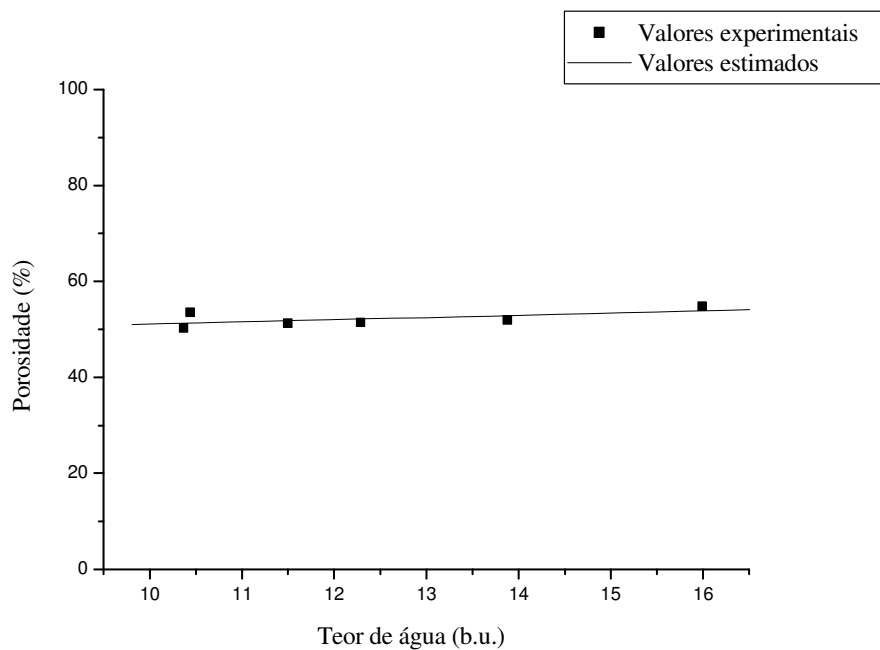


Figura I.22 - Valores experimentais e estimados da porosidade da massa de sementes de tamarindo em função do teor de água.

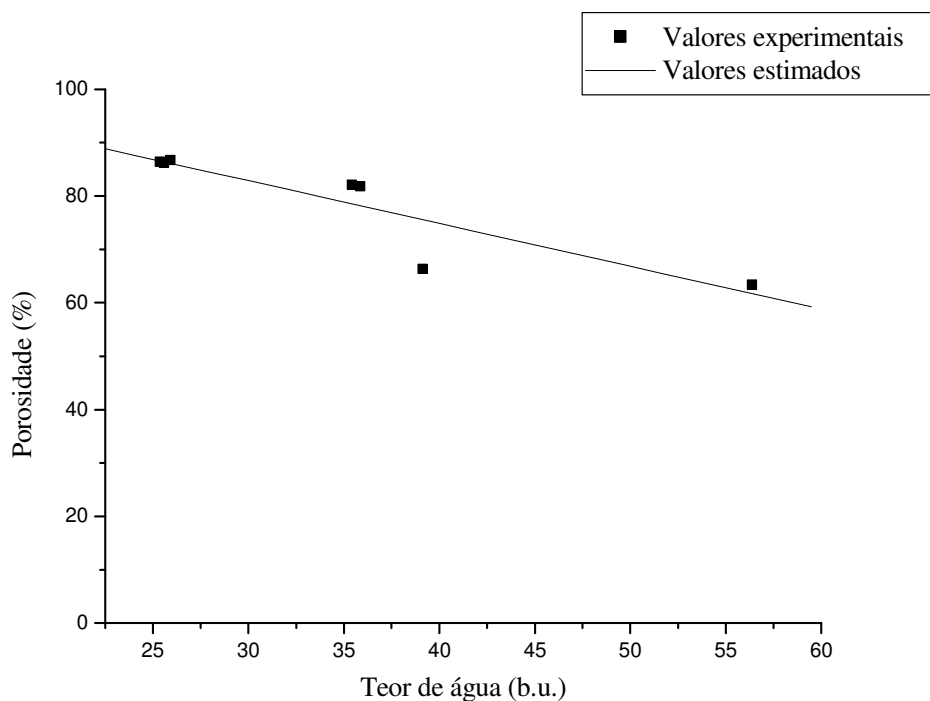


Figura I.23 - Valores experimentais e estimados da porosidade da massa de sementes de umbu em função do teor de água.

Os dados experimentais da porosidade da massa de sementes de cajá, graviola, tamarindo e umbu em função do teor de água (b.u.) foram ajustados por regressão.

O modelo linear representa satisfatoriamente os valores experimentais, sendo significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste t, apresentando elevado valor do coeficiente de determinação (R^2).

A Tabela I.3 apresenta os modelos obtidos para a porosidade da massa de sementes de cajá, graviola, tamarindo e umbu, em função do teor de água.

Tabela I.3 - Modelos para predição da porosidade da massa de sementes em função do teor de água (b.u.).

Tipo de semente	Equação	R^2
Cajá	$\mathcal{E} = 78,752 - 0,098 X$	0,8188
Graviola	$\mathcal{E} = 98,713 - 0,557 X$	0,9919
Tamarindo	$\mathcal{E} = 46,415 + 0,467 X$	0,9108
Umbu	$\mathcal{E} = 106,922 - 0,802 X$	0,8974

em que,

\mathcal{E} - porosidade, %

X - teor de água, % b.u.

Os valores da porosidade da massa de sementes de cajá variaram entre 68,54 a 77,61% para faixa de teor de água de 5,2 a 62,9% (b.u.); da massa de sementes de graviola os valores variaram entre 63,82 a 73,91% para faixa de teor de água de 44,26 a 63,27% (b.u.); da a massa de sementes de tamarindo os valores variaram entre 50,24 a 54,78% para faixa de teor de água de 11,5 a 15,89% (b.u.) e da a massa de sementes de umbu os valores variaram entre 63,41 a 86,40% para faixa de teor de água de 25,37 a 56,38% (b.u.).

Vários pesquisadores estudaram a porosidade de produtos agrícolas, entre eles: COUTO et al. (1999), estudando café, observaram que há uma diminuição da porosidade com o aumento do teor de água; RUFFATO et al. (1999), estudando milho pipoca, observaram que há um aumento da porosidade com o aumento do teor de água; AFONSO JÚNIOR et al. (2000), estudando duas cultivares de grãos de milho, observaram que há um aumento da po-

rosidade com o aumento do teor de água; PRADO & SARTORI (2002), estudando sementes com e sem mucilagem, observaram que há uma diminuição da porosidade com o aumento do teor de água; CORRÊA et al. (2004), estudaram a porosidade de grãos de trigo durante o processo de secagem, observaram que há um aumento da porosidade com o aumento do teor de água; CORRÊA et al. (2005), estudando grãos de feijão comum, observaram uma diminuição linear da porosidade com o aumento do teor de água; RIBEIRO et al. (2005), estudando grãos de soja, observaram que há um aumento da porosidade com o aumento do teor de água; CORRÊA et al. (2006), estudando grãos de trigo, observaram que há um aumento da porosidade com o aumento do teor de água; RESENDE et al. (2008), estudando grãos de feijão, observaram que há um aumento da porosidade com o aumento do teor de água.

Como pode ser constatado, a variação da porosidade com o teor de água é uma característica do produto agrícola, aumentando ou diminuindo com a aumento do teor de água, devido a textura e a composição do material que constitui a casca deste produto. Todavia, a relação da porosidade com o teor de água é sempre linear.

Constata-se que há uma variação linear da porosidade das sementes de cajá, graviola, tamarindo e umbu com a variação do teor de água, resultado coerente com os produtos agrícolas estudados por vários pesquisadores.

Nas sementes de cajá, graviola e umbu a porosidade diminui com o aumento do teor de água, enquanto que para a semente de tamarindo observou-se que a porosidade aumenta com o aumento do teor de água. Estes resultados estão de acordo com os produtos agrícolas já estudados.

Na literatura especializada não constam trabalhos com sementes de frutas tropicais.

I.5. CONCLUSÕES

As características físicas das sementes depende de suas características físicas e biológicas.

1. As sementes de cajá, graviola, tamarindo e umbu não têm o mesmo padrão físico e há poucos resultados de trabalhos no melhoramento destas sementes.
2. A forma das sementes de cajá, graviola, tamarindo e umbu é influenciada pela redução do teor de água.
3. Os valores da esfericidade diminuem linearmente durante o processo de secagem para as sementes de cajá e tamarindo e, aumentam para as sementes de umbu e graviola.
4. O volume das sementes de cajá, graviola, tamarindo e umbu diminuem linearmente durante processo de secagem.
5. A porosidade da massa de sementes de cajá, graviola e umbu apresentam um aumento linear dos seus valores com a diminuição do teor de água, enquanto que a porosidade das sementes de tamarindo diminuem com a redução do teor de água.
6. As propriedades físicas das sementes estudadas variam com a diminuição do teor de água, ou seja durante o processo de secagem, sendo esta variação uma característica propriedade-semente.

I.6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AFONSO JÚNIOR, P. C.; CORRÊA, P. C.; ANDRADE, E. T. Análise da variação das propriedades físicas e contração volumétrica dos grãos de milho (*Pennisetum glaucum*) durante o processo de dessecamento. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v.25, n.1, p.15-21, 2000.

ALMEIDA, B. V. **Determinação das propriedades físicas de amêndoas de cacau (*Theobroma cacao* L.)** Departamento de Engenharia Agrícola Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1979. 70p. (Dissertação de Mestrado).

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

BART, P. A.; BARYEH, E. A. The physical properties of category B cocoa beans. **Journal of Food Engineering, London**, v.60, p.219-227, 2003.

BARYEH, E. A. Physical properties of millet. **Journal of Food Engineering**, London, v.51, p.39-46, 2002.

BORA, P. S.; NARAIN, N.; HOLSCHUH, H. J.; VASCONCELOS, M. A. S.; SANTOS, C. M. G. Caracterização física dos frutos da graviola oriundo dos trópicos semi-árido da Paraíba, In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA**, 9., Campinas, SP. Anais... Campinas: Sociedade Brasileira de Fruticultura, v.2, p.487-491, 1997.

BOSCO, J.; AGUIAR FILHO, S. P.; BARREIRO NETO, M. Características físicas de frutos de graviolas cultivadas na Paraíba. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v.18, n.1, p.85-91, 1996.

BRASIL. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para análise de alimentos**, 2005.

CASTRO, F. A.; MAIA, G. A.; HOLANDA, L. F. F.; GUEDES, Z. B. L.; FÉ, J. A. M. Características físicas e químicas da graviola. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.19, n.3, p.361-365, 1984.

CAVALCANTE, P. C. **Cajá: Perspectivas de industrialização**. Campina Grande 1992.

CAVALCANTI MATA, M. E. R. M.; FERNANDES FILHO, J. G. Determinação da porosidade de sementes de mamona (*Ricinus communis* L.) e algaroba (*Prosopis juliflora* (SW) DC). **Revista Nordestina de Armazenagem**, Campina Grande, v.1, n.1, p.55-64, 1994.

CORRÊA, P. C.; AFONSO JÚNIOR, P. C.; QUEIROZ, D. M.; SAMPAIO, C. P.; CARDOSO, J. B. Variação das dimensões características e da forma dos frutos de café durante o processo de secagem. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.6, n.3, p.466-470, 2002.

CORRÊA, P. C.; RIBEIRO, D. M.; RESENDE, O.; HENRIQUES, D. R.; SOUZA, M. A. Análise da porosidade, massa específica aparente e real do trigo durante o processo de secagem. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**, 33, 2004, São Pedro, SP.

CORRÊA, P. C.; RIBEIRO, D. M.; RESENDE, O.; HENRIQUES, D. R.; ANDRÉ LUIZ DUARTE. Forma, tamanho e contração volumétrica do feijão. In: **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.7, n.1, p.15-24, 2005.

CORRÊA, P. C.; RIBEIRO, D. M.; RESENDE, O.; BOTELHO F. M. Determinação e modelagem das propriedades físicas e da contração volumétrica do trigo, durante a secagem. In: **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.10, n.3, p.665-670, 2006.

COUTO, M. S.; MAGALHÃES, A. C.; QUEIROZ, D. M.; BASTOS I. T. Massa específica aparente e real e porosidade de grãos de café em função do teor de umidade. In: **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.3, n.1, p.61-68, 1999.

DUQUE, J. G. O Nordeste e as lavouras xerófilas. **Escola Superior de Agricultura de Mossoró**. Mossoró, RN. 1980. 316p.

GOMES, P. Umbuzeiro. **Mundo agrícola**, v.14, n.159, p.95-97, 1965.

GOMES, R. P. **Fruticultura brasileira**. São Paulo. Nobel, 1989. 448p.

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

GURJÃO, K. C. de O.; BRUNOLL, R.L.A.; ALMEIDA, F. de A. C.; PEREIRA, W. E.; BRUNO, G. B. Desenvolvimento de frutos e sementes de tamarindo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, São Paulo, v.28, n.3, p103-112, 2006.

GUSTAFSON, J. R.; HALL, G. E. Density and porosity changes of shelled corn during drying. **Transaction of the ASAE**, St. Joseph, v.15, n.3, p.523-525, 1972.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ (IAL, 2005). **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para análise de alimentos**, 2005.

LANG, W.; SOKHANSANJ, S. Bulk volume shrinkage during drying of wheat and canola. **Journal of Food Process Engineering**, Trumbull, v.16, n.4, p.305-314, 1993.

LIVERA, A. V. S.; GUERRA, N. B. Desenvolvimento físico da graviola. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v.18, n.2, p.225-233, 1996.

LORENZI, H. **Frutas brasileiras e exóticas cultivadas**. São Paulo. Nobel, 2005. 318p.

MAGALHÃES A. C.; COUTO, S. M.; QUEIROZ, D. M.; ANDRADE, E. T. Dimensões principais, massa e volume unitários, esfericidade e ângulo de repouso de frutos de café. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.2, n.2, p.39-56, 2000.

MARINHO, J. R. N. **Diagnóstico do agronegócio graviola no sul da Bahia**. 1999. 53f. Monografia (Trabalho de Graduação em Agronomia) - Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1999.

MENDES, B. V. Umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.): Importante fruteira do semi-árido. Mossoró: **Escola Superior de Agricultura de Mossoró**, 1990. p.67 (ESAM. Coleção Mossoroense, série c, vol.. DLXIV).

MOHSEIN, N. N. Physical properties of plant and animal materials. New York: Gordon and Breach, 1986. 841 p. seeds. **Journal of Food Engineering**, London, v.65, p.225-231, 2004.

MOHSEIN, N. N. **Physical properties of plant and animal materials**. New York: Gordon and Breach, 1986. 841 p.

OZARSLAN, C. Physical properties of cotton seed. **Biosystems Engineering**, [S.l.], v.83, n.2, p.169-174, 2002.

PAKSOY, M.; AYDIN, C. Some physical properties of edible squash (*Cucurbita pepo* L.) seeds. **Journal of Food Engineering**, London, v.65, p.225-231, 2004.

PAULL, R. E. Postharvest variation in composition of soursop (*Annona muricata* L.) fruit in relation to respiration and ethylene production. **Journal American Society Science**, London, v.107, n.4, p.582-585, 1982.

PINTO, A. C. Q.; SILVA, E. M. Graviola para exportação: aspectos técnicos da produção. **Brasília: EMBRAPA-SPI**, 1994. 41p. (Série Publicações Técnicas FRUPEX; 7)

PINTO, A. C. Q.; RAMOS, V. H. V. Melhoramento genético da graviola. In: SÃO JOSÉ, A.R *et al.* (eds.) Anonáceas, **Produção e mercado (pinha, graviola, atemóia e cherimólia)**. Vitória da Conquista, DFZ/UESB, p.55-60, 1997.

PRADO M. M.; SARTORI D. J. M. Estudo do fenômeno de encolhimento durante a secagem de sementes com diferentes características superficiais. **Revista Universidade Rural, Série Ciências Exatas e da Terra**, Rio de Janeiro, v.21, n.1, p.11-20, 2002.

RESENDE, O.; CORRÊA, P. C.; GONELI A. L. D.; CECON P. R. Forma, tamanho e contração volumétrica do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) durante a secagem. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.7, n.1, p.15-24, 2005.

RESENDE, O.; CORREA, P. C.; GONELI, A. L. D.; RIBEIRO, D. M. Propriedades físicas do feijão durante a secagem: determinação e modelagem. **Ciência Agrotécnica**. v.32, n.1, p.225-230, 2008.

RIBEIRO, D. M.; CORRÊA, P. C.; RESENDE, O.; GUIMARÃES, F. F.; COSTA, D. R. Forma, tamanho e contração volumétrica do trigo durante o processo de secagem. In: **Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola**, 33, 2004, São Pedro, SP. Anais, São Pedro: SBEA, 2004. CD Rom.

RIBEIRO, D. M.; CORRÊA, P. C.; RODRIGUES, H. D.; GONELI, A. L. D. Análise da variação das propriedades físicas dos grãos de soja durante o processo de secagem. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.3, n.25, p.611-617, 2005.

ROSSI, S. J.; ROA, G. **Secagem e armazenamento de produtos agropecuários com uso de energia solar e ar natural**. São Paulo, Academia de Ciências do Estado de São Paulo. p.295, 1980.

RUFFATO, S.; CORRÊA, P. C.; MARTINS, J. H.; MANTOVANI, B. H. M.; SILVA, J. N. Influência do processo de secagem sobre a massa específica aparente, massa específica unitária e porosidade de milho-pipoca. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.3, n.1, p.45-48, 1999.

SACRAMENTO, C. K.; FARIA, J. C.; CRUZ, F. L.; BARRETTO, W. S.; GASPAR, J. W.; LEITE, J. B. V. Caracterização física e química de frutos de três tipos de gravioleira (*Annona muricata* L.), **Revista Brasileira Fruticultura**, Jaboticabal, v.25, n.2, p 32-51, 2003.

SAHOO, P. K.; SRIVASTAVA, A. P. Physical properties of okra seed. **Biosystems Engineering**, [S.l.], v.84, n.4, p.441-448, 2002.

SANTOS, J. B. **Grande manual globo**. Porto Alegre: Globo, v.3, p.190-191, 1978.

SOUZA, A. H.; CATÃO, D. D. Umbu e seu uso. **Revista Brasileira de Farmácia**, Rio de Janeiro, v.51, n.6, p.335-338, 1970.

SILVA, S. E. L.; SOUZA, A. C. Avaliação preliminar de cinco tipos de graviola (*Annona muricata* L.) nas condições de Manaus-AM. **Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental**, 1999, 10p. (Embrapa Amazônia Ocidental. Boletim de Pesquisa, 2).

THOMPSON, R. A.; ISSACS, G. W. Porosity determination of grains and seeds with an air comparison pycnometer. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.15, n.2; p.693-696, 1967.

TORRES, W. E.; SANCHES, L., GUANABANO L. A. **Instituto Colombiano Agropecuario**, 1995. 100p. (Manual de Assistência Técnica, 57) .

PROPRIEDADES TERMOFÍSICAS DE SEMENTES DE FRUTAS TROPICAIS

CAPÍTULO II

**CALOR ESPECÍFICO APARENTE E MASSA ESPECÍFICA APARENTE,
NA TEMPERATURA AMBIENTE E EM ULTRA-BAIXAS TEMPERATURAS**

PROPRIEDADES TERMOFÍSICAS DE SEMENTES DE FRUTAS TROPICAIS**CAPÍTULO II****CALOR ESPECÍFICO APARENTE E MASSA ESPECÍFICA APARENTE,
NA TEMPERATURA AMBIENTE E EM ULTRA-BAIXAS TEMPERATURAS****RESUMO**

O trabalho apresentado neste capítulo tem como objetivo determinar experimentalmente a massa específica aparente e o calor específico aparente de sementes das frutas tropicais cajá, graviola, tamarindo e umbu, avaliando o efeito da variação do teor de água na temperatura ambiente (25 °C) e em ultra-baixas temperaturas, sobre estas propriedades, e ajustar diferentes modelos matemáticos aos valores experimentais obtidos. O calor específico aparente foi obtido pelo método das misturas e a massa específica aparente pela relação entre o valor da massa de sementes e o volume do recipiente por elas ocupado. Foram estudadas sementes, com a faixa de teor de água de 7,81 a 61,84% (b.u.) cajá; 7,81 a 60,27% (b.u.) graviola; 7,85 a 40,58% (b.u.) tamarindo e de 7,94 a 56,38% (b.u.) umbu, submetidas à secagem à temperatura de 40 °C. A redução do teor de água ao longo de secagem foi acompanhada pelo método gravimétrico (perda de massa). Concluiu-se que o teor de água influencia na massa específica aparente e o calor específico aparente de sementes de cajá, graviola, tamarindo e umbu.

Palavras-chave: *Spondias lutea*, *Anona muricata*, *Tamarindus indica*, *Spondias tuberosa*, massa específica aparente e calor específico aparente.

ABSTRACT

The work presented in this chapter aims to determine experimentally the apparent specific mass and the apparent specific heat of the tropical fruits cajá, soursop, tamarind and umbu seeds, evaluating the effect of variation of moisture content at room temperature (25 °C) and ultra-low temperatures on these properties, and to fit different mathematical models to experimental values obtained. The apparent specific heat was obtained by the method of mixtures and the apparent specific mass by the relationship between the value of the seed mass and volume of the container. Seeds were studied, with the range of moisture content from 7,81 a 61,84% (wb) caja; 7,81 a 60,27% (wb) soursop; 7,85 a 40,58% (wb) tamarind and 7,94 a 56,38% (wb) umbu subjected to drying at a temperature of 40 °C. The reduction of moisture content along the drying was followed by gravimetric method (weight loss). It was concluded that the moisture content at room temperature (25 °C) and ultra-low temperatures on these properties, and to fit content influences the specific mass and the apparent specific heat of seed of cajá, soursop, tamarind and umbu .

Index terms: *Spondias lutea*, *Anona muricata*, *Tamarindus indica*, *Spondias tuberosa*, the apparent specific mass and the apparent specific heat.

CAPÍTULO II

CALOR ESPECÍFICO APARENTE E MASSA ESPECÍFICA APARENTE, NA TEMPERATURA AMBIENTE E EM ULTRA-BAIXAS TEMPERATURAS

II.1. INTRODUÇÃO

O conhecimento das propriedades termofísicas das sementes é essencial para o desenvolvimento das ciências agrárias e de alimentos, podendo este conhecimento ser utilizadas com vários objetivos, tais como:

- a. Simulação da taxa de secagem ou distribuição da temperatura em sementes úmidas sujeitas a diferentes condições de secagem;
- b. Aquecimento ou resfriamento de um lote de sementes;
- c. Otimização do desempenho de equipamentos de transferência de calor;
- d. Reidratação;
- e. Aparatos de esterilização.

Às simulações de secagem e de armazenagem de sementes, são analisadas com base nos princípios dos fenômenos de transporte. Para tanto, a utilização das equações que descrevem os processos físicos dependem do conhecimento das propriedades termofísicas. PASSOS (1982); DROUZAS & SARAVACOS (1988); FANG et al. (1997).

A otimização de secadores ou processos de resfriamento para sementes requer o conhecimento das relações de transferência de calor e de massa, juntamente com a descrição dos fenômenos a elas associados. Variações de temperatura em sementes estocadas, decorrente de mudanças das condições ambientais, tanto internas, quanto externas ao local de armazenamento, podem ser calculadas com base em equações de transferência de calor.

Em pesquisas com modelos de simulação do processamento de alimentos, utilizando mandioca e o inhame, NJIE et al. (1998), constataram a importância do correto dimensionamento das propriedades termofísicas.

De acordo com MOHSENIN (1980) e ROSSI et al. (1982) para prever as mudanças de temperatura internas de uma massa de sementes sujeita aos processos de secagem e arma-

zenamento, torna-se necessário a determinação de suas propriedades termofísicas, tais como: massa específica aparente e calor específico aparente.

A crescente utilização de técnicas de simulação computacional tem impulsionado a busca por propriedades térmicas e mecânicas em função da temperatura, para “alimentar” estes programas, uma vez que a precisão das simulações está diretamente relacionada com a qualidade das propriedades empregadas nos modelos.

A determinação das propriedades termofísicas de uma massa de sementes é a determinação aparente destas propriedades, caracterizada pelo fato de ser realizada em uma massa de sementes envolta por uma massa de ar. O que se torna interessante, uma vez que esta situação é observada na prática dos processos termofísicos aplicados a sementes de dimensões relativamente pequenas (ROSSI et al. 1982).

De acordo com SHARMA & THOMPSON (1973), há muitos métodos para avaliar as propriedades termofísicas de sementes, os quais em alguns casos, fornecem aproximações grosseiras dos resultados, o que indica a necessidade de pesquisa sobre esse assunto, bem como a necessidade de que haja uma contribuição para otimização dos processos de secagem e estocagem das sementes.

Constata-se modificações nas propriedades termofísicas de sementes submetidas aos processos de secagem, aeração e armazenagem, decorrente da mudança da concentração de água e/ou na variação da temperatura no interior da massa de sementes.

A escassez destas informações na literatura, motivou o estudo que apresentamos neste capítulo, referente as propriedades termofísicas: massa específica aparente e calor específico aparente, em função do teor de água, na temperatura ambiente e em ultra-baixas temperaturas de sementes das frutas tropicais cajá, graviola, tamarindo e umbu.

II.2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

II.2.1. Massa específica aparente

A massa específica aparente é calculada pela relação entre a massa das sementes e o volume ocupado por estas sementes (volume do recipiente), nesse caso, a porosidade, também, compõe o volume da amostra.

A massa específica aparente é um indicativo de como estas sementes estão organizadas. Assim, uma massa de sementes mais compacta possui maior massa específica aparente. Como também, está relacionada com a flutuabilidade da massa de sementes. Ou seja, uma massa de sementes flutua sobre outra matéria se sua massa específica aparente for menor do que a desta outra matéria.

Na literatura são relatados trabalhos de estudos da massa específica aparente com a variação do teor de água, no entanto poucos são os trabalhos encontrados de estudos da massa específica aparente em função da variação da temperatura. Na realidade, assume-se que essa variação é pequena, não sendo significativa.

No entanto, percebe-se na prática, que existe uma contração volumétrica do material biológico com a diminuição da temperatura, principalmente quando o produto é mantido a temperaturas muito baixas.

Entre os trabalhos publicados sobre estudo da massa específica aparente, encontram-se: RUFFATO et al. (1999) estudaram milho-pipoca; AFONSO JÚNIOR et al. (2000) estudaram grãos de milheto (*Pennisetum glaucum*); RIBEIRO et al. (2007) estudaram grãos de trigo; RESENDE et al. (2008) estudaram grãos de feijão da cultivar Vermelho Coimbra. Estes pesquisadores observaram que a massa específica aparente dos produtos agrários estudados, diminui com o aumento do teor de água. Enquanto COUTO et al. (1999) estudaram grãos de café e PRADO & SARTORI (2002) estudaram sementes com diferentes características superficiais. Estes pesquisadores observaram, que a massa específica aparente dos produtos biológicos estudados, aumenta com aumento do teor de água.

II.2.2. Calor específico aparente

Uma massa de sementes ao receber certa quantidade de energia térmica varia a sua temperatura. A variação da temperatura ocorre devido ao aumento da agitação das partículas constituintes das sementes.

Calor é energia térmica em trânsito, devido a diferença de temperatura entre os sistemas envolvidos. O calor flui do corpo de maior temperatura para o corpo de menor temperatura e pode ser transferido de um corpo para outro das seguintes formas: condução, convecção e irradiação.

Considere que uma massa de sementes receba certa quantidade de calor, variando sua temperatura. O quociente entre a quantidade de calor recebido e a variação da temperatura sofrida pela massa de sementes, é denominado capacidade térmica aparente, ou seja:

$$C = \frac{\Delta Q}{\Delta T} \quad (\text{II-1})$$

em que,

C - capacidade térmica aparente, J °C⁻¹

Q - quantidade de calor, J

T - temperatura, °C.

O calor específico aparente é o valor da quantidade de calor que acarreta na variação de um grau Celsius da temperatura em uma grama da massa de sementes.

Define-se o calor específico aparente como a razão entre a capacidade térmica aparente e a massa das sementes.

$$c = \frac{C}{m} \quad (\text{II-2})$$

em que,

C - capacidade térmica aparente, J °C⁻¹

m - massa das sementes, kg

Portanto, calor específico aparente, é a quantidade de calor necessária para elevar a temperatura da massa de sementes de 1 °C por unidade de massa.

Na literatura especializada consta que vários pesquisadores estudaram o calor específico de produtos agrícolas, observando que houve um aumento linear do calor específico com o aumento do teor de água, entre eles: BORÉM et al. (2002), estudando frutos do café de diferentes variedades; SILVA et al. (2002), estudando polpa de cajá; SOUZA et al. (2003), estudando grãos de feijão macassar; ANDRADE et al. (2004), estudando sementes de milho; RESENDE et al. (2008), estudando sementes de feijão.

ALMEIDA (1979) e CORRÊA et al. (2005), observaram comportamento similar para diversos materiais biológicos.

Quanto a sementes de frutos tropicais cajá, graviola, tamarindo e umbu não foi constatado a existência de nenhum trabalho sobre calor específico aparente na literatura especializada, na temperatura ambiente nem em ultra-baixa temperatura.

II.3. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo da massa específica aparente e do calor específico aparente de sementes das frutas tropicais cajá, graviola, tamarindo e umbu em temperatura ambiente e em ultra-baixas temperaturas foi desenvolvido no Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola, do Centro de Tecnologia em Recursos Naturais (CTRN) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campina Grande, Paraíba.

Na realização desta pesquisa experimental foram utilizadas sementes provenientes da região polarizada por Campina Grande, com vários teores de água (b.u.).

As sementes foram extraídas dos frutos com teor de água elevado e em seguida, estas foram submetidas a dessorção na temperatura de 40 °C até atingirem os teores de água desejados. Os teores de água foram aferidos pelo método padrão de estufa (105 ± 3°C por 24 horas), com três repetições, segundo as normas do Instituto Adolfo Lutz, BRASIL (2005).

II.3.1. Massa específica aparente

A massa específica aparente é obtida pela relação entre o valor da massa de sementes e o volume do recipiente que é ocupado por estas sementes, conforme Equação II-3.

Para a determinação da massa específica aparente as sementes foram colocadas aleatoriamente em um recipiente de volume conhecido. Em seguida, esta massa de sementes foi medida numa balança semi-analítica com precisão de 0,01 g. Este procedimento foi repetido três vezes.

$$\rho_{ap} = \frac{m}{V_a} \quad (\text{II-3})$$

em que,

ρ_{ap} - massa específica aparente, kg m⁻³

m - massa das sementes, que ocupa o volume de um recipiente, kg

V_a - volume do recipiente ocupado pela massa de sementes, m³

II.3.2. Calor específico aparente

O calor específico aparente foi determinado pelo método das misturas. Segundo HWANG & HAYAKAWA (1979) e MOHSENIN (1980) é o método mais comum para determinação do calor específico aparente de produtos biológicos.

Este método consiste em utilizar um recipiente isolado de capacidade calorífica conhecida, com um líquido inerte. O cálculo do calor específico aparente é feito através de um balanço global de massa e energia em um sistema isolado termicamente.

Utilizou-se o calorímetro mostrado na Figura II.1, constituído por uma recipiente criogênico (frasco Dewar), que é envolvido por uma camada de fibra de vidro (isolante térmico), revestido por um cryometal.

Neste calorímetro, coloca-se um recipiente de metal, com calor específico e massa conhecidos, contendo uma massa conhecida de sementes. Esta massa de sementes deve estar na temperatura em que deseja-se determinar o calor específico.

Um termopar foi utilizado para medir a temperatura no interior do calorímetro.

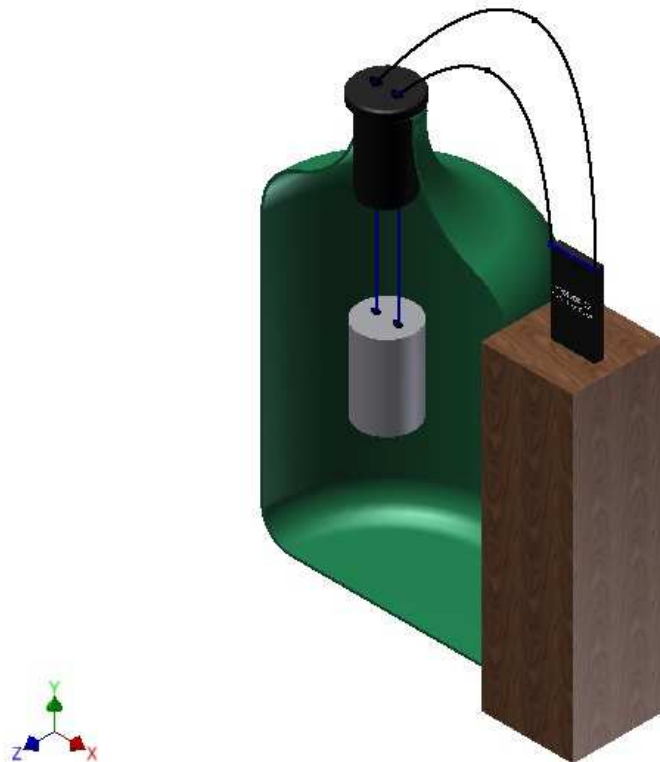


Figura II.1 - Desenho esquemático do calorímetro

Desta forma, o balanço global de massa e energia em um sistema isolado termicamente é expresso por:

calor perdido pela amostra = calor ganho pela água + calor ganho pelo calorímetro

ou seja:

$$C_1 m_1 (T_1 - T_3) + C_{cal} (T_1 - T_3) = C_2 m_2 (T_3 - T_2) \quad (\text{II-4})$$

em que,

C_1 e C_2 - calor específico da água, $\text{J kg}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

m_1 - massa de água à temperatura ambiente, kg

m_2 - massa de água refrigerada, kg

T_1 - temperatura da água em condições ambientais, $^\circ\text{C}$

T_2 - temperatura da água fria, $^\circ\text{C}$

T_3 - temperatura de equilíbrio da mistura, $^\circ\text{C}$

C_{cal} - capacidade calorífica do calorímetro e do recipiente, $\text{J } ^\circ\text{C}^{-1}$.

Neste trabalho experimental, foi utilizado a água como o líquido inerte.

Para obtenção do calor específico aparente das sementes, necessita-se determinar primeiro a capacidade calorífica do calorímetro.

Na determinação da capacidade calorífica do calorímetro, colocou-se uma massa de água de aproximadamente 1,5 kg dentro do calorímetro, à temperatura ambiente. Em seguida, o calorímetro foi fechado com uma rolha de borracha acoplada a um termômetro onde se determinou a temperatura T_1 no interior do calorímetro. Na seqüência, colocou-se no interior do recipiente mais uma massa de água de aproximadamente 1,5 kg a uma temperatura média em torno de $2 \text{ } ^\circ\text{C}$, correspondendo à temperatura T_2 . Realizada esta operação agitou-se o calorímetro para que fosse alcançada a temperatura de equilíbrio da mistura T_3 .

Com os dados obtidos, o cálculo da capacidade calorífica do calorímetro foi feito a partir de um balanço de calor, expresso na Equação II-5.

$$C_{cal} = \frac{C_2 m_2 (T_3 - T_2) - C_1 m_1 (T_1 - T_3)}{(T_1 - T_3)} \quad (\text{II-5})$$

Uma amostra da semente a qual deseja-se determinar o calor específico aparente com temperatura T_4 , é colocada dentro de um recipiente com capacidade calorífica conhecida.

Após ser medida a temperatura do recipiente, T_6 , o mesmo é colocado no interior do calorímetro. Em seguida agita-se o calorímetro, e aguarda-se 50 minutos até que um novo equilíbrio seja alcançado, a uma temperatura T_5 .

O calor específico aparente de sementes é determinado pelo balanço de energia, a partir da Equação II-6.

$$m_p C_p (T_4 - T_5) = C_1 m_3 (T_5 - T_3) + C_{cal} (T_5 - T_3) + m_{recp} C_{recp} (T_6 - T_5) \quad (\text{II-6})$$

em que,

m_p - massa de sementes, kg

m_{recp} - massa do recipiente que contém as sementes, kg

C_p - calor específico aparente de sementes, $\text{J kg}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

C_1 - calor específico da água, $\text{J kg}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

C_{recp} - calor específico do recipiente que contém as sementes, $\text{J kg}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

m_3 - soma das massas m_1 e m_2 , kg

T_4 - temperatura inicial da massa de sementes, $^\circ\text{C}$

T_5 - temperatura de equilíbrio, $^\circ\text{C}$

T_6 - temperatura do recipiente que contém as sementes, $^\circ\text{C}$

Alguns pesquisadores, ao invés de água como o líquido inerte, têm usado tolueno, cuja massa específica é de 860 kg m^{-3} e o calor específico é de aproximadamente, $1,63 \text{ kJ kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$. Como a massa específica deste líquido é menor do que a da água, 10^3 kg m^{-3} , possibilita que os produtos biológicos fiquem submersos neste líquido.

O método das misturas tem sido utilizado por vários pesquisadores, dentre eles: ALMEIDA (1979) para amêndoas de cacau; HENSE (1990) em filé de cação; JHA & PRASAD (1993) em nozes e VIEIRA (2000) para suco de laranja.

A maior fonte de erro no método de mistura é a fuga da energia térmica do calorímetro e a energia adicionada por agitação. Além disso, podem ocorrer erros que resultam da perda ou ganho de calor da amostra para o ambiente (CHOI & OKOS, 1986).

II.3.3. Obtenção da ultra-baixa temperatura

Para determinar a propriedade termofísica na ultra-baixa temperatura planejada, faz-se necessário que a massa de sementes esteja nesta ultra-baixa temperatura.

Estas temperaturas foram obtidas, utilizando-se o esquema experimental, construído para este objetivo, mostrado na Figura II.2, constituído por um cilindro com as seguintes dimensões: altura de 90 cm e raio de 25 cm. Este cilindro tem suas paredes laterais, a base e a superfície superior revestidas por isolante térmico.

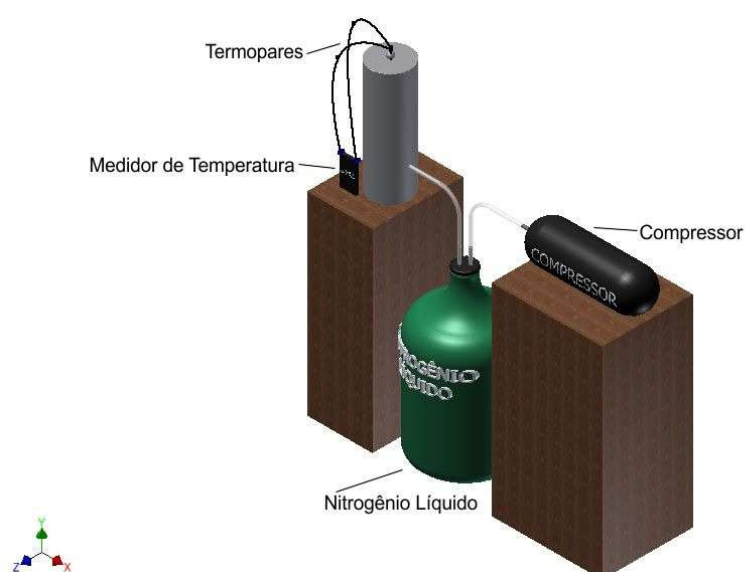


Figura II.2 - Desenho esquemático do equipamento experimental para resfriamento da massa de sementes até ultra-baixas temperaturas.

A amostra da massa de sementes é colocada em um recipiente fechado ou num cesto metálico, para que possa ser depositada no interior do cilindro. Em seguida, o nitrogênio líquido é bombeado para o interior do cilindro, através de um tubo de cobre, instalado a 20 cm de altura da base do cilindro.

A temperatura planejada da massa de sementes é obtida, controlando-se o volume de nitrogênio líquido bombeado para o interior do cilindro, o tempo de permanência da massa de sementes no interior do cilindro e a altura do recipiente que contém a massa de sementes, em relação ao nível do nitrogênio líquido.

Termopares inseridos em algumas sementes e no interior do recipiente ou do cesto metálico que contém as sementes, monitoram a temperatura durante o resfriamento e o processo de medição da propriedade termofísica.

Desta forma, pode-se, com confiabilidade, obter a ultra-baixa temperatura desejada, na qual a propriedade termofísica será estudada.

II.3.4. Análise estatística

Os dados experimentais obtidos da massa específica aparente e do calor específico aparente foram submetidos à análise de regressão.

Os modelos matemáticos foram escolhidos com base na significância da equação, pelo teste F, e dos coeficientes de regressão, utilizando-se o teste t, afim de fossem obtidas equações que representassem as interações entre as variáveis analisadas.

Utilizou-se como critérios para a determinação do melhor ajuste das equações aos dados experimentais o coeficiente de determinação (R^2).

II.4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

II.4.1 Massa específica aparente

O estudo da massa específica aparente das sementes de cajá, graviola, tamarindo e umbu foi realizado em duas etapas:

1. Estudou-se a dependência da massa específica aparente em função do teor de água, a temperatura ambiente de $T = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$.
2. O estudo da massa específica aparente foi realizado em função do teor de água em ultra-baixas temperaturas (-50 , -100 e $-150\text{ }^{\circ}\text{C}$).

II.4.1.1 Massa específica aparente à temperatura ambiente.

Os valores experimentais e estimados da massa específica aparente de sementes de cajá com a faixa de teor de água de 7,81 a 61,84% (b.u.), são apresentados na Figura II.3.

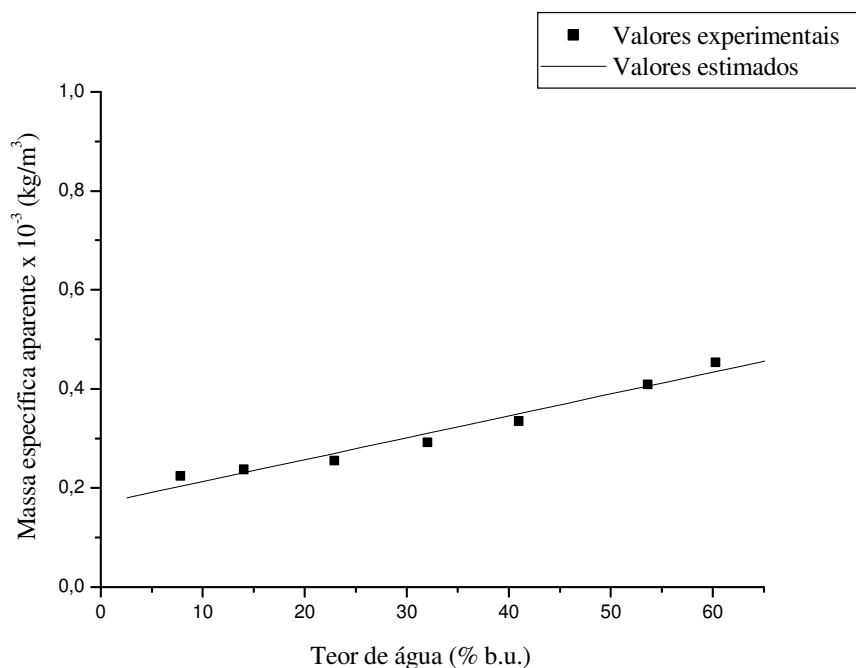


Figura II.3 - Valores experimentais e estimados da massa específica aparente de sementes de cajá em função do teor de água (b.u.).

Os valores experimentais e estimados da massa específica aparente de sementes de graviola com a faixa de teor de água de 7,81 a 60,27% (b.u.), são apresentados na Figura II.4.

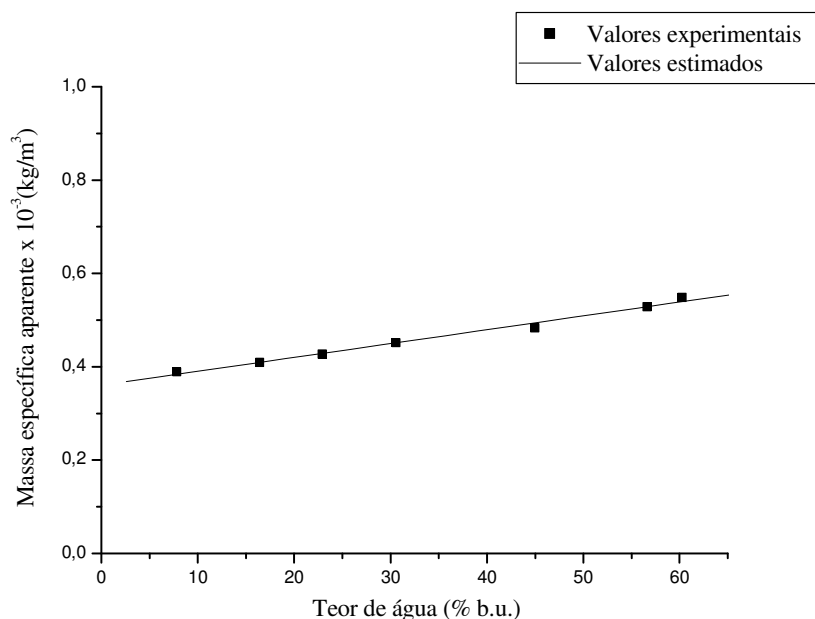


Figura II.4 - Valores experimentais e estimados da massa específica aparente de sementes de graviola em função do teor de água (b.u.).

A Figura II.5 encontram-se os valores experimentais e estimados da massa específica aparente de sementes de tamarindo com a faixa de teor de água de 10,37 a 15,99% (b.u.).

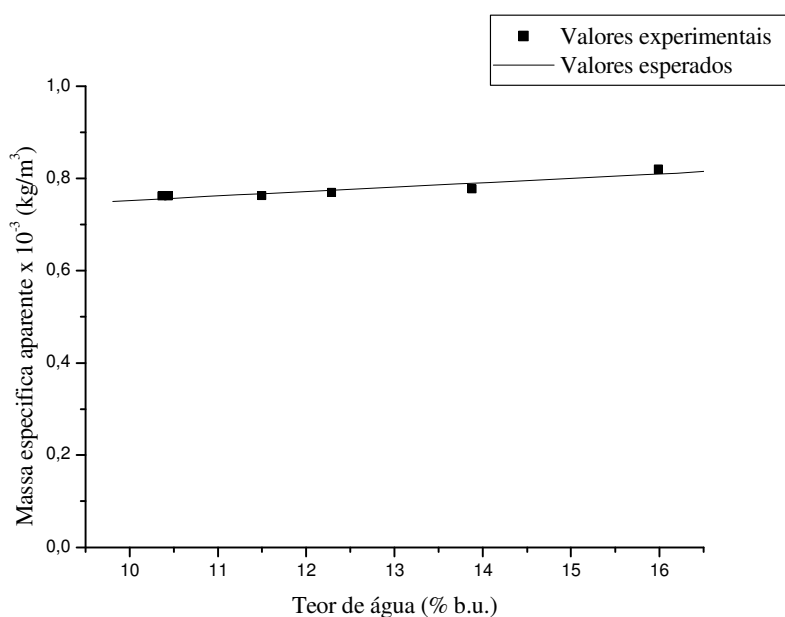


Figura II.5 - Valores experimentais e estimados da massa específica aparente de semente de tamarindo em função do teor de água (b.u.).

A Figura II.6 apresenta os valores experimentais e estimados da massa específica aparente de sementes de umbu com a faixa de teor de água de 25,37 a 56,38% (b.u.).

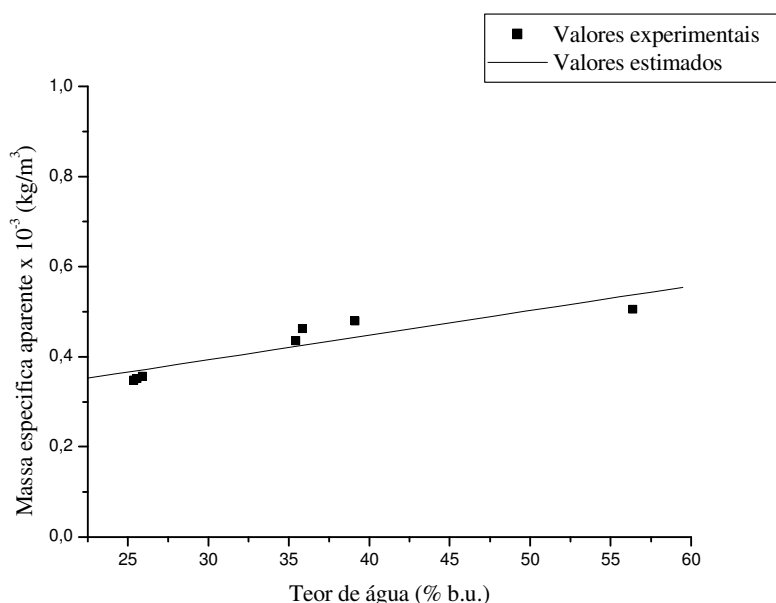


Figura II.6 - Valores experimentais e estimados da massa específica aparente de sementes de umbu, para diferentes teores de água (b.u.).

Os dados experimentais da massa específica aparente de sementes de cajá, graviola, tamarindo e umbu foram ajustados por regressão e o modelo linear representa satisfatoriamente os valores experimentais, sendo significativo a 1% de probabilidade pelo teste t, apresentando elevado valor do coeficiente de determinação (R^2).

Na Tabela II.1 apresenta os modelos obtidos para massa específica aparente de sementes de cajá, graviola, tamarindo e umbu, em função do teor de água.

Tabela II.1 - Modelos para predição da massa específica aparente de sementes em função do teor de água (b.u.).

Tipo de semente	Equação	R^2
Cajá	$\rho_{ap} = 168,97 + 4,42 X$	0,9655
Graviola	$\rho_{ap} = 360,72 + 2,97 X$	0,9896
Tamarindo	$\rho_{ap} = 655,78 + 9,64 X$	0,92504
Umbu	$\rho_{ap} = 229,66 + 5,45 X$	0,90609

em que,

ρ_{ap} - massa específica aparente, kg m^{-3}

X - teor de água, % b.u.

Os valores experimentais da massa específica aparente de sementes de cajá variaram entre 224,21 a 459,53 kg m^{-3} para teores de água de 7,81 a 61,84% b.u.; para sementes de graviola variaram entre 389,46 a 548,18 kg m^{-3} para teores de água de 7,82 a 60,27% b.u.; para sementes de tamarindo variaram entre 761,74 a 820,21 kg m^{-3} para teores de água de 10,37 a 15,99% b.u. e para sementes de umbu variaram entre 348,41 a 505,74 $\times 10^3 \text{ kg m}^{-3}$ para teores de água de 25,37 a 56,38% b.u. A massa específica aparente de sementes de cajá, graviola, tamarindo e umbu cresce linearmente com o aumento do teor de água.

Estes resultados são coerentes com os obtidos por diferentes pesquisadores estudando diferentes produtos biológicos, tais como: COUTO et al. (1999) estudando grãos de café com teor de água (b.u.) entre 18,6% e 62,6% observaram, que a massa específica aparente variaram entre 720,00 a 970,00 kg m^{-3} ; PRADO & SARTORI (2002) estudaram de sementes com diferentes características superficiais; CORRÊA et al. (2006) estudando grãos de trigo com teor de água (b.u.) entre 10,0% e 40,0% observaram que a massa específica aparente variaram entre 750,00 a 550,00 kg m^{-3} , e KOUCHAKZADEH & TAVAKOLI (2010) estudando Iranian Pistachios com teor de água (b.u.) entre 4,3% e 52,8% observaram que a massa específica aparente variou entre 422,6 a 574,1 kg m^{-3} .

Estes pesquisadores observaram que a massa específica aparente varia linearmente com o teor de água.

II.4.1.2 Em ultra-baixas temperaturas.

O estudo da massa específica aparente de sementes de cajá, graviola, tamarindo e umbu em função do teor de água foi realizado nas ultra-baixas temperaturas (-50; -100 e -150 °C).

II.4.1.2.1. Semente de cajá.

A massa específica aparente de sementes de cajá, para os teores de água (b.u.), 6,05; 10,29; 16,05; 40,02 e 61,84% são apresentados na Tabela II.2.

Tabela II.2 - Valores experimentais da massa específica aparente de sementes de cajá com respectivos teores de água (b.u.) e temperaturas.

Teor de água (b.u.) %	Temperatura (°C)		
	-50	-100	-150
6,05	188,95	189,38	191,36
10,29	191,21	201,03	203,83
16,05	210,05	212,77	224,51
40,02	305,31	307,74	316,15
61,84	357,63	359,82	386,68

Os valores da massa específica aparente em ultra-baixas temperaturas variaram entre 188,95 a 386,68 kg m⁻³, na faixa de teor de água estudada.

Os dados experimentais da massa específica aparente das sementes de cajá em função do teor de água (b.u.), em ultra-baixas temperaturas, foram ajustados por regressão linear.

Na Tabela II.3 encontram-se as equações de ajuste obtidas para estimar a massa específica aparente de sementes de cajá, em ultra-baixas temperaturas, em função do teor de água, com seus respectivos coeficientes de determinação.

Tabela II.3 - Modelos para predição da massa específica aparente de sementes de cajá em função do teor de água (b.u.).

Temperatura (°C)	Equação	R ²
-50	$\rho_{ap} = 163,97 + 3,23 X$	0,9879
-100	$\rho_{ap} = 168,62 + 3,19 X$	0,9904
-150	$\rho_{ap} = 169,21 + 3,55 X$	0,9986

em que,

ρ_{ap} - massa específica aparente, kg m⁻³

X - teor de água, % b.u.

O modelo matemático obtido representa satisfatoriamente os valores experimentais, sendo significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste t de ANOVA.

A Figura II.7 estão apresentados os valores experimentais e estimados da massa específica aparente de sementes de cajá, nas ultra-baixas temperaturas estudadas, em função dos teores de água (b.u.).

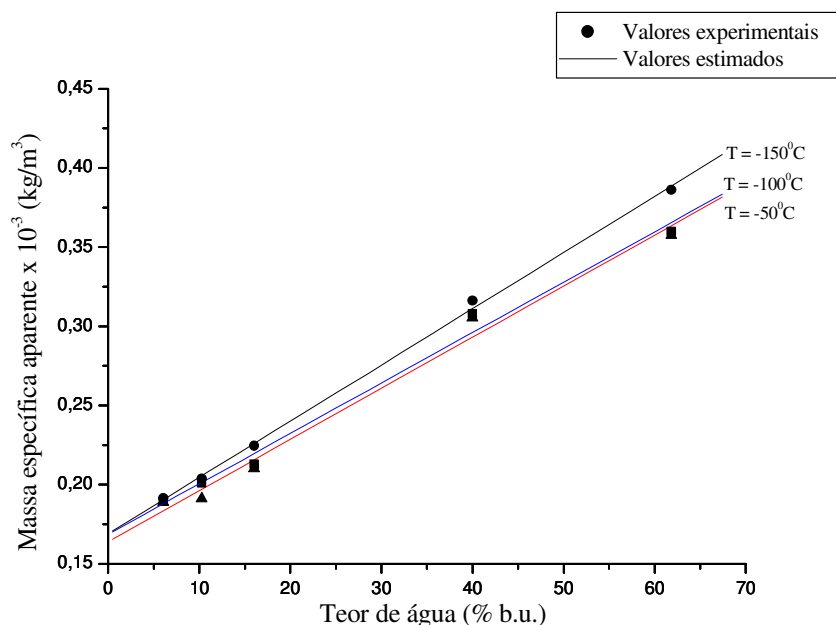


Figura II.7 - Valores experimentais e estimados da massa específica aparente de sementes de cajá em função do teor de água.

A Figura II.8 apresenta os valores experimentais e estimados da massa específica aparente de sementes de cajá em função de ultra-baixas temperaturas, para os teores de água estudados.

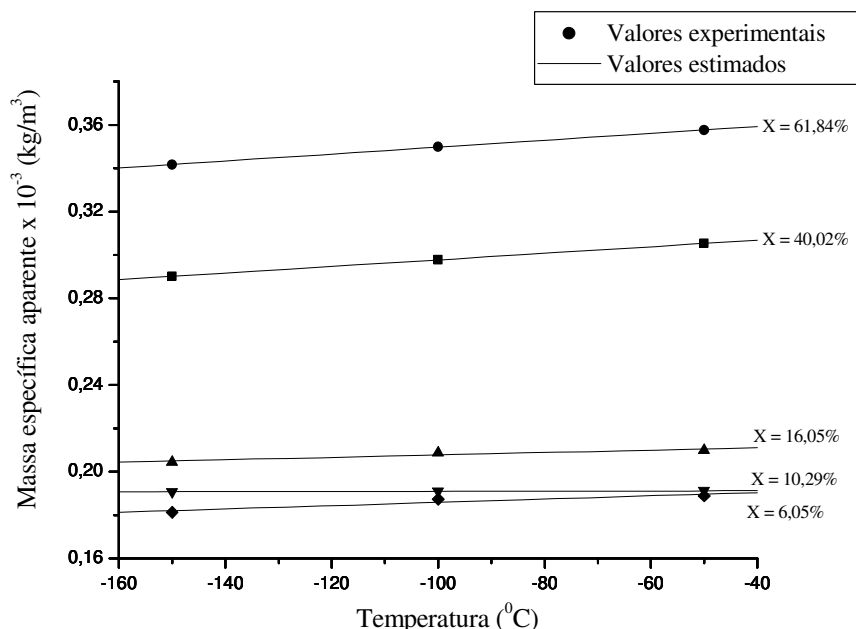


Figura II.8 - Valores experimentais e estimados da massa específica aparente de sementes de cajá em função de ultra-baixas temperaturas.

As equações de ajuste obtidas para estimar a massa específica aparente de sementes de cajá, em função de ultra-baixas temperaturas, para os teores de água estudados, com seus respectivos coeficientes de determinação encontram-se na Tabela II.4.

Tabela II.4 - Modelos para predição da massa específica aparente de sementes de cajá em função da ultra-baixas temperaturas.

Teor de água (b.u.) %	Equação	R ²
6,05	$\rho_{ap} = 187,49 - 2,41 \times 10^{-3} T$	0,9375
10,29	$\rho_{ap} = 186,07 - 1,26 \times 10^{-3} T$	0,9521
16,05	$\rho_{ap} = 201,32 - 1,45 \times 10^{-3} T$	0,9409
40,02	$\rho_{ap} = 298,89 - 1,08 \times 10^{-3} T$	0,9528
61,84	$\rho_{ap} = 330,99 - 2,91 \times 10^{-3} T$	0,8979

em que,

ρ_{ap} - massa específica aparente, kg m⁻³

T - temperatura, °C

II.4.1.2.2. Semente de graviola

O estudo da massa específica aparente em ultra-baixas temperaturas de sementes de graviola, para os teores de água (b.u.) 7,32; 11,29; 14,62; 17,60 e 19,52% é apresentado na Tabela II.5.

Tabela II.5 - Valores experimentais da massa específica aparente de sementes de graviola com respectivos teores de água (b.u.) e ultra-baixas temperaturas.

Teor de água (b.u.) %	Temperatura (°C)		
	-50	-100	-150
7,32	428,04	427,94	427,83
11,46	428,77	428,94	428,28
14,62	429,33	428,99	428,34
17,60	430,08	429,10	428,92
19,52	431,32	430,10	429,12

Os dados experimentais da massa específica aparente de sementes de graviola em função do teor de água (b.u.) foram ajustados por regressão linear.

Os valores da massa específica aparente variaram entre 428,035 a 431,321 kg m⁻³, para faixa de teor de água estudada.

As equações de ajuste obtidas para estimar a massa específica aparente de sementes de graviola, em ultra-baixas temperaturas, em função do teor de água, com seus respectivos coeficientes de determinação são apresentadas na Tabela II.6.

Tabela II.6 - Modelos para predição da massa específica aparente de sementes de graviola em função do teor de água (b.u.).

Temperatura (°C)	Equação	R ²
-50	$\rho_{ap} = 425,99 + 0,25 X$	0,9636
-100	$\rho_{ap} = 426,97 + 0,15 X$	0,9165
-150	$\rho_{ap} = 427,03 + 0,11 X$	0,9735

em que,

ρ_{ap} - massa específica aparente, kg m⁻³

X - teor de água, % b.u.)

O modelo matemático obtido representa satisfatoriamente os valores experimentais, sendo significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste t de ANOVA.

Os valores experimentais e estimados da massa específica aparente em ultra-baixa temperaturas de sementes de graviola em função do teor de água (b.u.), são apresentados na Figura II.9.

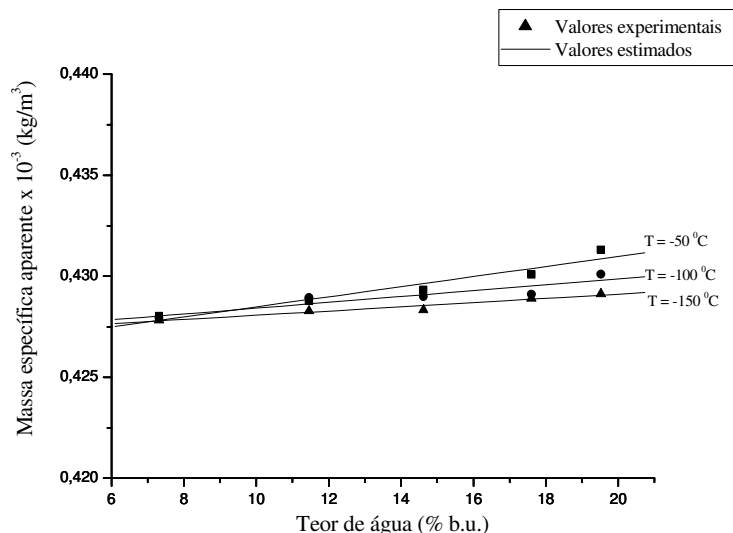


Figura II.9 - Valores experimentais e estimados da massa específica aparente de sementes de graviola em função do teor de água.

Os valores experimentais e estimados da massa específica aparente de sementes de graviola em função de ultra-baixas temperaturas, nos teores de água estudados são apresentados na Figura II.10.

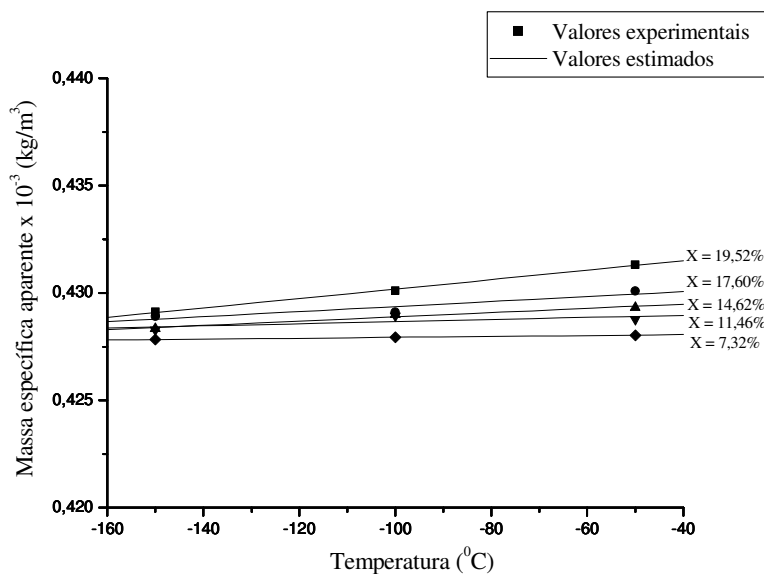


Figura II.10 - Valores experimentais e estimados da massa específica aparente de sementes de graviola em função de ultra-baixas temperaturas.

As equações de ajuste obtidas para estimar a massa específica aparente de sementes de graviola, em função da ultra-baixas temperaturas, para os teores de água estudados, com seus respectivos coeficientes de determinação, encontram-se na Tabela II.7.

Tabela II.7 - Modelos para predição da massa específica aparente de sementes de graviola em função da ultra-baixa temperatura.

Teor de água (b.u.) %	Equação	R ²
7,32	$\rho_{ap} = 428,14 + 2,09 \times 10^{-3} T$	0,9997
11,46	$\rho_{ap} = 429,16 + 4,92 \times 10^{-3} T$	0,7223
14,62	$\rho_{ap} = 429,87 + 9,89 \times 10^{-3} T$	0,9831
17,60	$\rho_{ap} = 430,53 + 11,67 \times 10^{-3} T$	0,9652
19,52	$\rho_{ap} = 432,38 + 22,02 \times 10^{-3} T$	0,9981

em que,

ρ_{ap} - massa específica aparente, kg m⁻³

T - temperatura, °C

II.4.1.2.3. Semente de tamarindo

O estudo da massa específica aparente em ultra-baixas temperaturas de sementes de tamarindo, foi realizado para os teores de água (b.u.) 5,89; 12,34; 14,67; 19,50 e 33,50% encontra-se apresentado na Tabela II.8.

Tabela II.8 - Valores experimentais da massa específica aparente de sementes de tamarindo com respectivos teores de água (b.u.) e temperaturas.

Teor de água (b.u.) %	Temperatura (°C)		
	-50	-100	-150
5,89	778,32	775,62	772,91
12,34	779,28	777,42	775,21
14,67	781,18	779,68	778,11
19,50	783,19	781,95	780,71
33,50	791,18	788,98	787,76

Os valores da massa específica aparente em ultra-baixas temperaturas variaram entre 772,91 a 791,18 kg m⁻³, para faixa de teor de água de 5,89 a 33,50% (b.u.).

Os dados experimentais da massa específica aparente de sementes de tamarindo em função do teor de água (b.u.), em ultra-baixas temperaturas, foram ajustados por regressão linear.

Na Tabela II.9 encontram-se as equações de ajuste obtidas para estimar a massa específica aparente de sementes de tamarindo, em ultra-baixas temperaturas, em função do teor de água, com seus respectivos coeficientes de determinação.

Tabela II.9 - Modelos para predição da massa específica aparente de sementes de tamarindo em função do teor de água (b.u.).

Temperatura(°C)	Equação	R ²
-50	$\rho_{ap} = 774,24 + 0,49 X$	0,9853
-100	$\rho_{ap} = 772,17 + 0,51 X$	0,9947
-150	$\rho_{ap} = 769,48 + 0,55 X$	0,9933

em que,

ρ_{ap} - massa específica aparente, kg m^{-3}

X - teor de água, % b.u.

O modelo matemático obtido representa satisfatoriamente os valores experimentais, sendo significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste t da ANOVA.

Os valores experimentais e estimados da massa específica aparente em ultra-baixa temperaturas de sementes de tamarindo em função do teor de água (b.u.), são apresentados na Figura II.11.

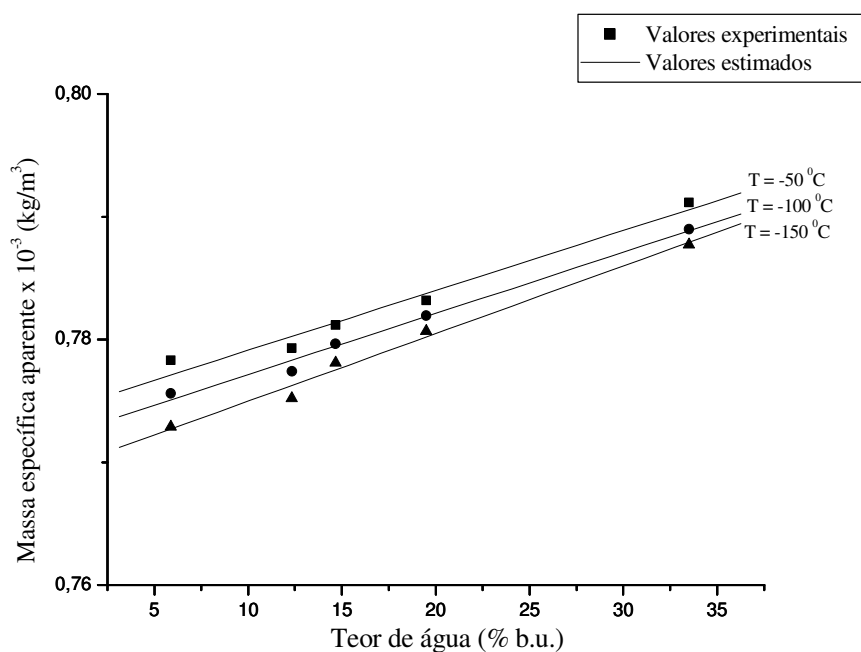


Figura II.11 - Valores experimentais e estimados da massa específica aparente de sementes de tamarindo em função do teor de água.

Os valores experimentais e estimados da massa específica aparente de sementes de tamarindo em função de ultra-baixas temperaturas, nos teores de água estudados são apresentados na Figura II.12.

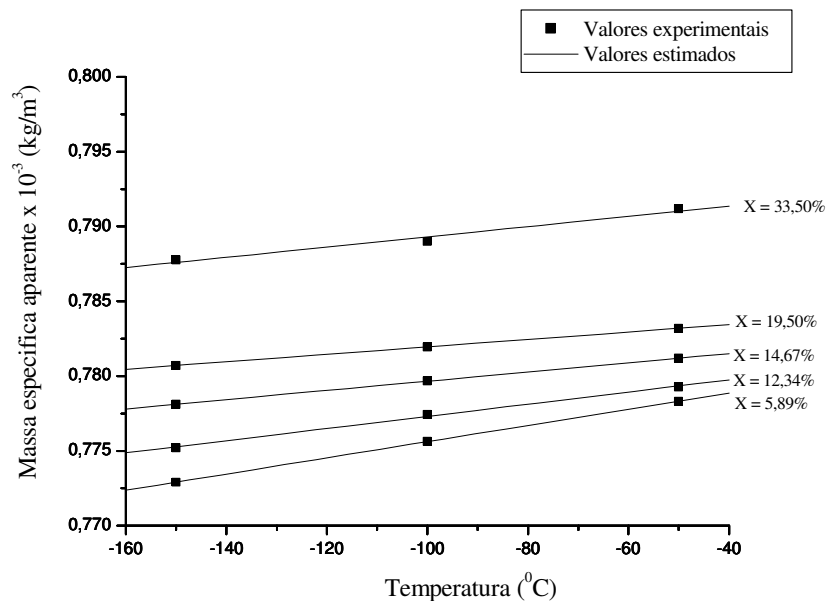


Figura II.12: Valores experimentais e estimados da massa específica aparente de sementes de tamarindo em função da ultra-baixa temperatura.

As equações de ajuste obtidas para estimar a massa específica aparente de sementes de tamarindo, em função de ultra-baixas temperaturas, para os teores de água estudados, com seus respectivos coeficientes de determinação, encontram-se na Tabela II.10.

Tabela II.10 - Modelos para predição da massa específica aparente de sementes de tamarindo em função da ultra-baixa temperatura.

Teor de água (b.u.) %	Equação	R ²
5,89	$\rho_{ap} = 781,03 + 5,41 \times 10^{-2} T$	0,9997
12,34	$\rho_{ap} = 781,37 + 4,07 \times 10^{-2} T$	0,9987
14,67	$\rho_{ap} = 782,73 + 3,07 \times 10^{-2} T$	0,9999
19,50	$\rho_{ap} = 784,43 + 2,48 \times 10^{-2} T$	0,9999
33,50	$\rho_{ap} = 792,73 + 22,02 \times 10^{-2} T$	0,9862

em que,

ρ_{ap} - massa específica aparente, kg m⁻³

T - ultra-baixa temperatura, °C

II.4.1.2.4. Semente de umbu

A massa específica aparente em ultra-baixas temperaturas de sementes de umbu, estudada para os teores de água (b.u.) 5,32; 10,1; 14,83; 22,50 e 33,50%, é apresentado na Tabela II.11.

Tabela II.11 - Valores experimentais da massa específica aparente de sementes de umbu com respectivos teores de água (b.u.) e temperaturas.

Teor de água (b.u.) %	Temperatura (°C)		
	-50	-100	-150
5,32	352,81	358,51	360,16
10,1	360,19	363,49	369,89
14,83	376,02	379,94	382,08
22,50	383,02	385,94	387,09
33,50	389,82	390,49	390,63

Os valores da massa específica aparente de sementes de umbu em ultra-baixa temperaturas variaram entre 352,81 a 390,63 kg m⁻³, para faixa de teor de água estudada.

Os dados experimentais da massa específica aparente de sementes de umbu em função do teor de água (b.u.), em ultra-baixas temperaturas, foram ajustados por regressão linear.

Na Tabela II.12 encontram-se as equações de ajuste obtidas para estimar a massa específica aparente de sementes de umbu, em ultra-baixas temperaturas, em função do teor de água, com seus respectivos coeficientes de determinação.

Tabela II.12 - Modelos para predição da massa específica aparente de sementes de umbu em função do teor de água (b.u.).

Temperatura (°C)	Equação	R ²
-50	$\rho_{ap} = 349,49 + 1,33 X$	0,9473
-100	$\rho_{ap} = 355,43 + 1,17 X$	0,9275
-150	$\rho_{ap} = 359,81 + 1,05 X$	0,9142

em que,

ρ_{ap} - massa específica aparente, kg m^{-3}

X - teor de água, % b.u.

O modelo matemático obtido representa satisfatoriamente os valores experimentais, sendo significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste t de ANOVA.

Os valores experimentais e estimados da massa específica aparente em ultra-baixas temperaturas de sementes de umbu em função do teor de água (b.u.), são apresentados na Figura II.13.

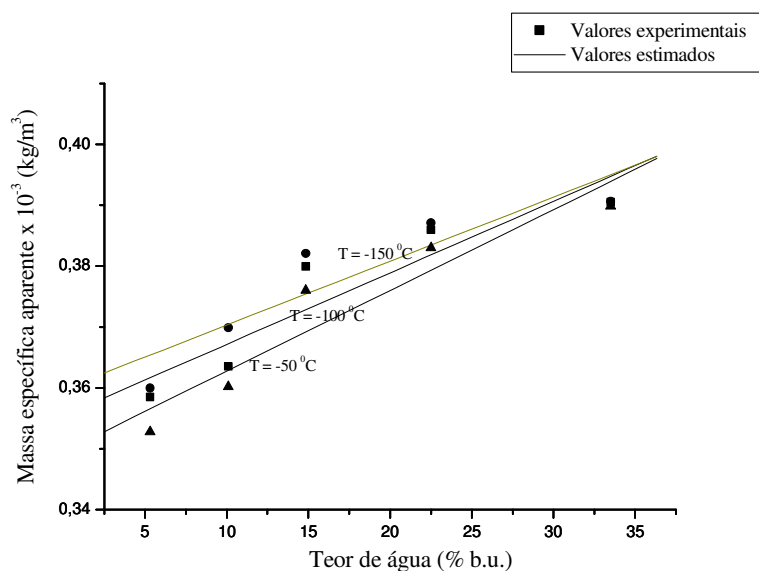


Figura II.13 - Valores experimentais e estimados da massa específica aparente de sementes de umbu em função do teor de água.

Os valores experimentais e estimados da massa específica aparente das sementes de umbu em função de ultra-baixas temperaturas, nos teores de água estudados são apresentados na Figura II.14.

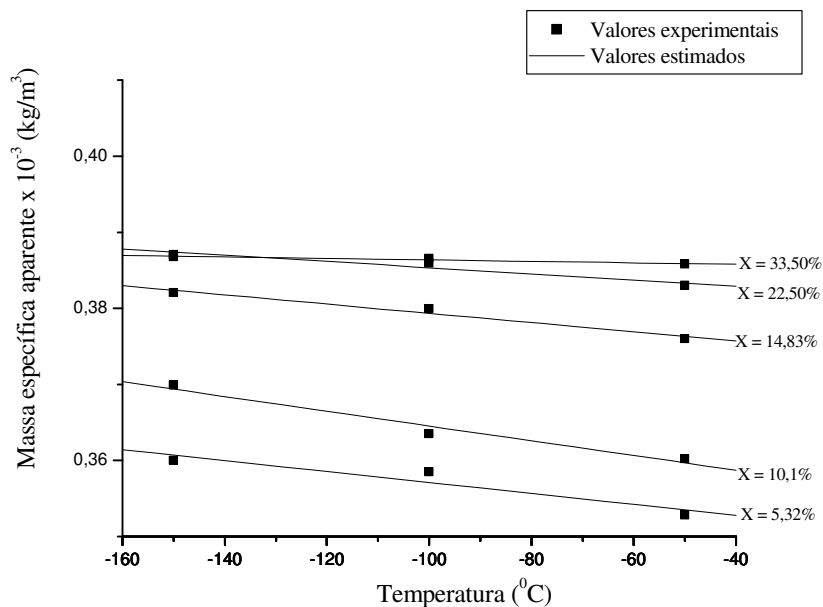


Figura II.14 - Valores experimentais e estimados da massa específica aparente de sementes de umbu em função da temperatura.

As equações de ajuste obtidas para estimar a massa específica aparente de sementes de umbu, em função da ultra-baixas temperaturas, para os teores de água estudados, com seus respectivos coeficientes de determinação, encontram-se na Tabela III.13.

Tabela II.13 - Modelos para predição da massa específica aparente de sementes de umbu em função da ultra-baixa temperatura.

Teor de água (b.u.) %	Equação	R ²
5,32	$\rho_{ap} = 0,34992 - 7,19 \times 10^{-5} T$	0,94733
10,1	$\rho_{ap} = 0,35482 - 9,71 \times 10^{-5} T$	0,9834
14,83	$\rho_{ap} = 0,37329 - 6,06 \times 10^{-5} T$	0,9859
22,50	$\rho_{ap} = 0,38928 - 1,93 \times 10^{-5} T$	0,8204
33,50	$\rho_{ap} = 0,38953 - 8,12 \times 10^{-5} T$	0,9355

em que,

ρ_{ap} - massa específica aparente, kg m⁻³

T - ultra-baixa temperatura, °C

Não consta a existência na literatura especializada, de trabalhos sobre propriedades termofísicas de produtos agrícolas em ultra-baixas temperaturas, a fim de que pudesse proporcionar uma análise comparativa dos resultados que foram obtidos para o calor específico aparente e a massa específica aparente de sementes das frutas tropicais cajá, graviola, tamarindo e umbu.

II.4.2 Calor específico aparente

O calor específico aparente das sementes de cajá, graviola, tamarindo e umbu foi estudado em duas etapas:

1. A dependência do calor específico aparente em função do teor de água foi estudada na temperatura ambiente, $T = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$.
2. O calor específico aparente foi estudado em função do teor de água e de ultra-baixas temperaturas.

II.4.2.1 Calor específico aparente na temperatura ambiente

O calor específico aparente de sementes de cajá com a faixa de teor de água de 7,81 a 60,27% (b.u.), obtidos experimentalmente e os valores estimados são apresentados na Figura II.15.

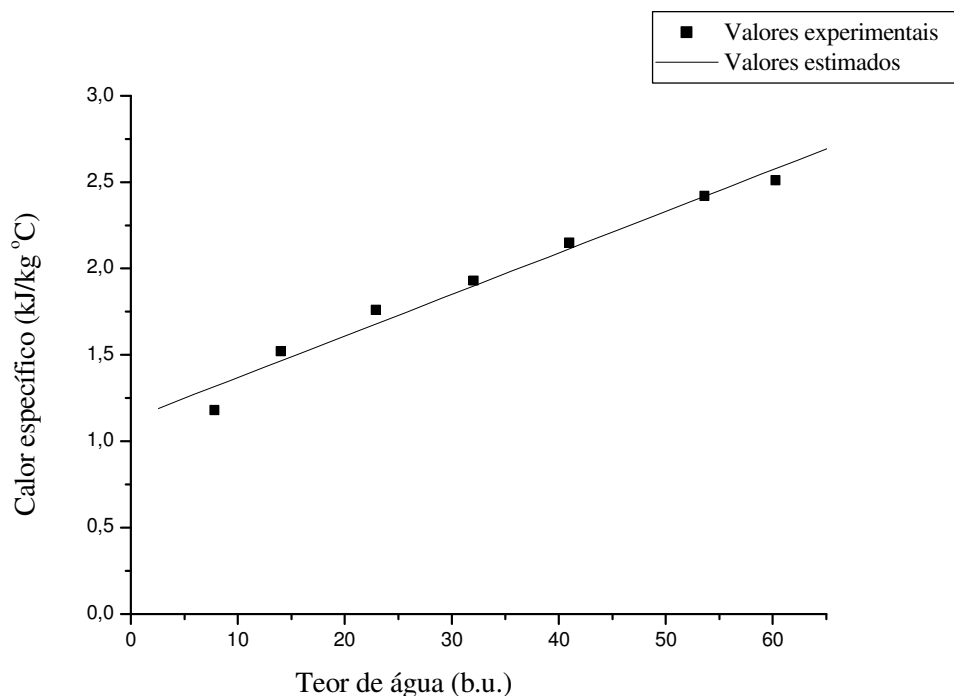


Figura II.15 - Valores experimentais e estimados do calor específico aparente de sementes de cajá em função do teor de água (b.u.).

Os valores experimentais e estimados do calor específico aparente de sementes de graviola com a faixa de teor de água de 7,82 a 60,27% (b.u.), são apresentados na Figura II.16.

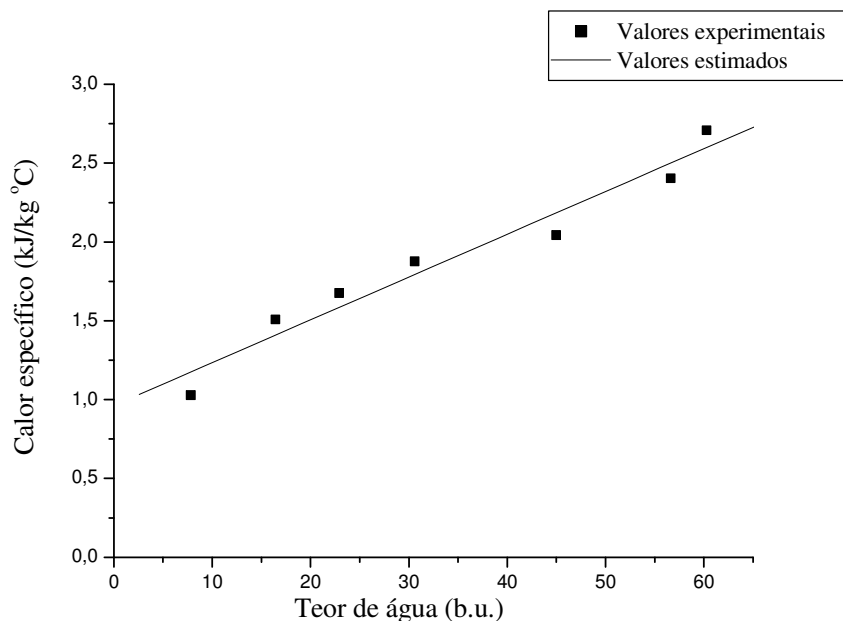


Figura II.16 - Valores experimentais e estimados do calor específico aparente de sementes de graviola em função do teor de água (b.u.).

A Figura II.17 apresenta os valores experimentais e estimados do calor específico aparente de sementes de tamarindo com a faixa de teor de água de 7,85 a 40,58% (b.u.).

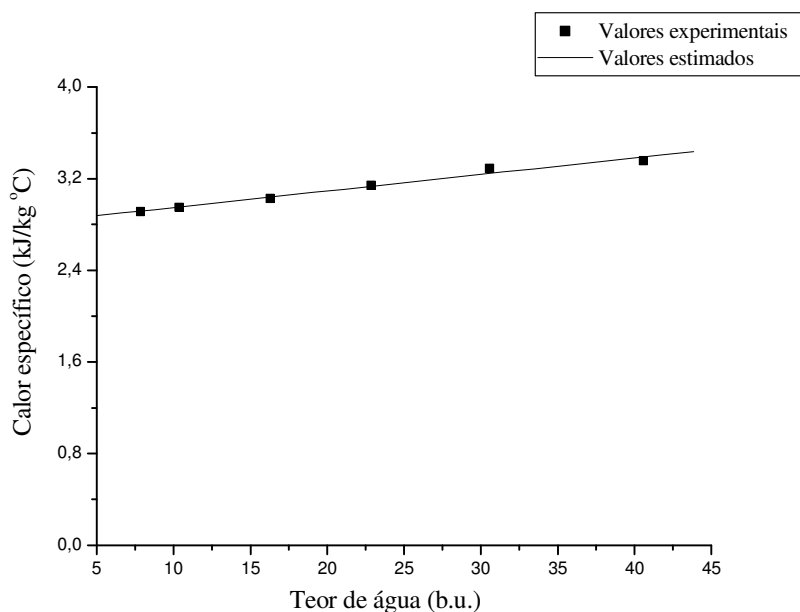


Figura II.17 - Valores experimentais e estimados do calor específico aparente de sementes de tamarindo em função do teor de água (b.u.).

Os valores experimentais e estimados do calor específico aparente de sementes de umbu com a faixa de teor de água de 7,94 a 40,58% (b.u.) são apresentados na Figura II.18.

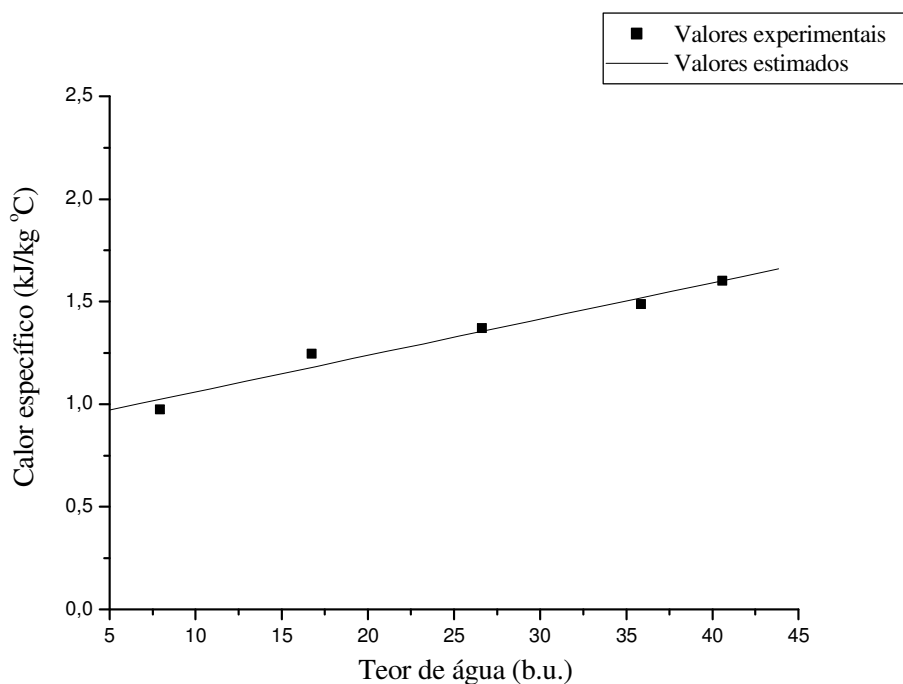


Figura II.18 - Valores experimentais e estimados do calor específico aparente de sementes de umbu em função do teor de água (b.u.).

Os dados experimentais do calor específico aparente de sementes de cajá, graviola, tamarindo e umbu em função do teor de água (b.u.) foram ajustados por meio de regressão linear. O modelo linear representa satisfatoriamente os valores experimentais, sendo significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste t, apresentando elevado valor do coeficiente de determinação (R^2).

O calor específico aparente das sementes foi obtido à pressão constante e na Tabela II.14 encontram-se as equações obtidas para estimar o calor específico aparente de cada tipo de sementes em função do teor de água, com seus respectivos coeficientes de determinação.

Tabela II.14 - Modelos para predição do calor específico aparente das sementes em função do teor de água (b.u.).

Tipo de semente	Equação	R ²
Cajá	$c_p = 1,27 + 0,0241 X$	0,9874
Graviola	$c_p = 0,96 + 0,0272 X$	0,9765
Tamarindo	$c_p = 2,81 + 0,0144 X$	0,9896
Umbu	$c_p = 0,89 + 0,0177 X$	0,9826

em que,

c_p - calor específico aparente, a pressão constante, $\text{kJ kg}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

X - teor de água, % b.u.

Os valores do calor específico aparente de sementes de cajá variaram entre 1,18 a 2,51 $\text{kJ kg}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ para faixa de teor de água de 7,81 a 60,27% (b.u.); para sementes de graviola os valores variaram entre 1,03 a 2,71 $\text{kJ kg}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ para faixa de teor de água de 7,82 a 60,27% (b.u.); para sementes de tamarindo os valores variaram entre 2,92 a 3,36 $\text{kJ kg}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ para faixa de teor de água de 7,85 a 40,58% (b.u.); para sementes de umbu os valores variaram entre 0,97 a 1,61 $\text{kJ kg}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ para faixa de teor de água de 7,94 a 40,58% (b.u.).

Estes resultados são coerentes com os obtidos por vários pesquisadores, tais como: SOUZA et al. (2003), que estudando feijão massacar observaram o calor específico aparente entre 1,51 a 2,83 $\text{kJ kg}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ para faixa de teor de água de 31,25 a 60,18% (b.u.); ANDRADE et al. (2004), que estudando grãos de milho observaram o calor específico aparente entre 1,62 a 2,12 $\text{kJ kg}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ para faixa de teor de água de 9,02 a 18,22% (b.u.) e RIBEIRO et al. (2007), que estudando grãos de trigo observaram o calor específico aparente entre 1,54 a 2,51 $\text{kJ kg}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ para faixa de teor de água de 20,72 a 34,52% (b.u.) . Estes pesquisadores observaram que o calor específico aparente aumenta linearmente com o aumento do teor de água.

II.4.2.2 Calor específico aparente em ultra-baixas temperaturas

O calor específico aparente de sementes de cajá, graviola, tamarindo e umbu foi estudado em função do teor de água em ultra-baixas temperaturas (-50; -100 e -150 °C).

II.4.2.2.1. Semente de cajá

O calor específico aparente de sementes de cajá, para os teores de água (b.u.), 6,05; 10,29; 16,05; 40,02 e 61,84% são apresentados na Tabela II.15.

Tabela II.15 - Valores experimentais do calor específico aparente de sementes de cajá com respectivos teores de água (b.u.) e temperaturas.

Teor de água (b.u.) %	Temperatura (°C)		
	-50	-100	-150
6,5	0,845	1,561	2,055
10,5	0,897	1,652	2,247
20,3	0,987	1,855	2,561
39,5	1,135	2,215	2,986
61,84	1,287	2,568	3,195

O calor específico aparente de sementes de cajá em ultra-baixas temperaturas variaram entre 0,845 a 3,195 kJ kg⁻¹ °C⁻¹, para faixa de teor de água estudada.

Os dados experimentais do calor específico aparente de sementes de cajá em função do teor de água (b.u.), em ultra-baixas temperaturas, foram ajustados por regressão linear.

Na Tabela II.16 encontram-se as equações de ajuste obtidas para estimar o calor específico aparente de sementes de cajá, em ultra-baixa temperatura, em função do teor de água, com seus respectivos coeficientes de determinação.

Tabela II.16 - Modelos para predição do calor específico aparente de sementes de cajá em função do teor de água (b.u.).

Temperatura (°C)	Equação	R ²
-50	$C_p = 0,813 + 0,00786 X$	0,9967
-100	$C_p = 1,466 + 0,0182 X$	0,9983
-150	$C_p = 2,045 + 0,0204 X$	0,9691

em que,

C_p - calor específico aparente, a pressão constante, $\text{kJ kg}^{-1} \text{°C}^{-1}$

X - teor de água, % b.u.

Os dados experimentais do calor específico aparente de sementes de cajá em função do teor de água (b.u.), em ultra-baixa temperatura, foram ajustados por meio de regressão linear. O modelo matemático obtido representa satisfatoriamente os valores experimentais, sendo significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste t de ANOVA.

Os valores experimentais e estimados do calor específico aparente de sementes de cajá nas ultra-baixas temperaturas estudadas em função do teor de água (b.u.), são apresentados na Figura II.19.

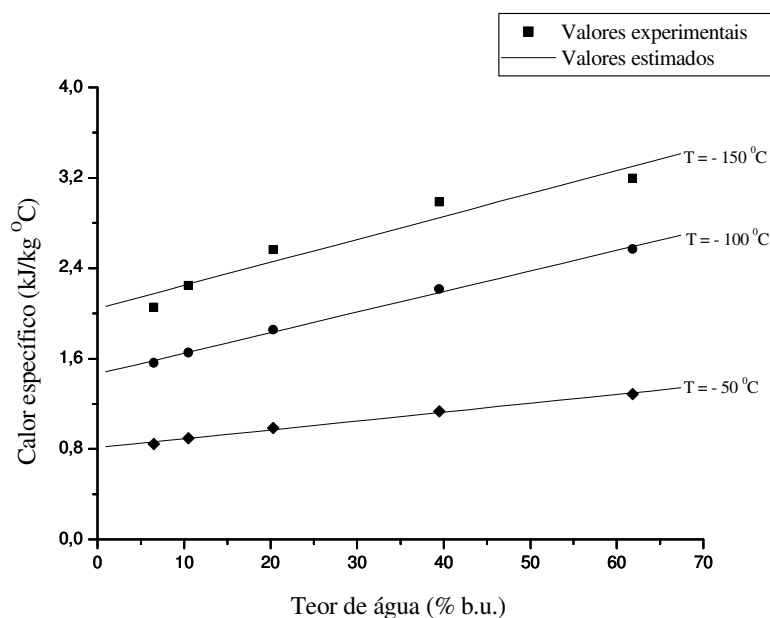


Figura II.19 - Valores experimentais e estimados do calor específico aparente de sementes de cajá em função do teor de água.

Os valores experimentais e estimados do calor específico aparente de sementes de cajá em função de ultra-baixas temperaturas, nos teores de água estudados são apresentados na Figura II.20.

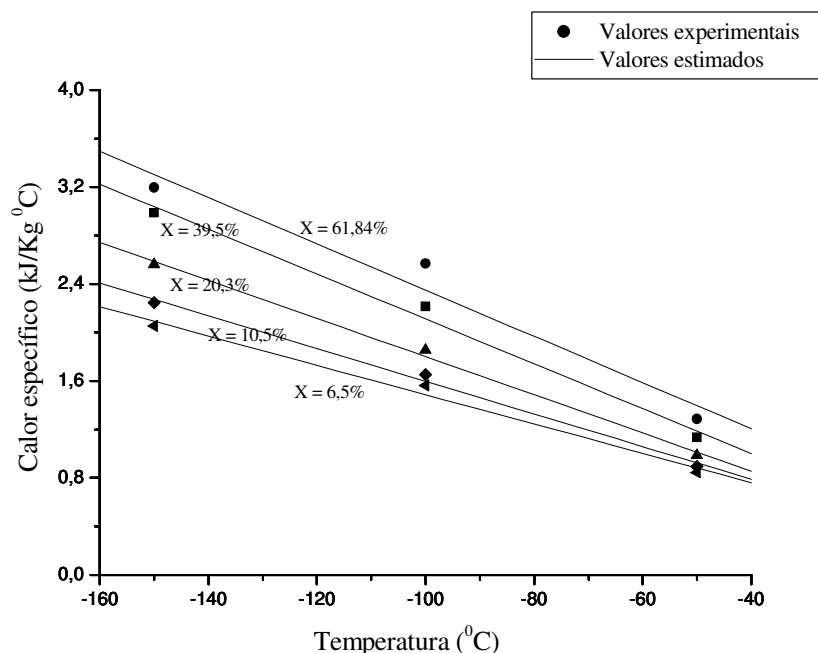


Figura II.20 - Valores experimentais e estimados do calor específico aparente de sementes de cajá em função da temperatura, para os teores de água estudados.

As equações de ajuste obtidas para estimar o calor específico aparente de sementes de cajá, em função de ultra-baixas temperatura, com seus respectivos coeficientes de determinação, encontram-se na Tabela II.17.

Tabela II.17 - Modelos para predição do calor específico aparente de sementes de cajá em função da temperatura, nos teores de água estudados.

Teor de água (b.u.) %	Equação	R ²
6,5	$C_p = 0,277 - 0,0121 T$	0,9944
10,5	$C_p = 0,249 - 0,0135 T$	0,9977
20,3	$C_p = 0,287 - 0,0157 T$	0,9983
39,50	$C_p = 0,261 - 0,0185 T$	0,9954
61,84	$C_p = 0,244 - 0,0191 T$	0,9804

em que,

C_p - calor específico aparente, $\text{kJ kg}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

T - temperatura, $^\circ\text{C}$

II.4.2.2.2. Semente de graviola

O calor específico aparente de sementes de graviola, para os teores de água (b.u.), 7,32; 11,46; 14,62; 17,60 e 19,52% são apresentados na Tabela II.18.

Tabela II.18 - Valores experimentais do calor específico aparente de sementes de graviola com respectivos teores de água (b.u.) e temperaturas.

Teor de água (b.u.) %	Temperatura (°C)		
	-50	-100	-150
7,32	0,619	0,848	1,145
11,46	0,748	1,141	1,192
14,62	0,924	1,187	1,551
17,60	0,999	1,392	1,789
19,52	1,095	1,513	2,015

O calor específico aparente de sementes de graviola em ultra-baixa temperaturas variaram entre 0,619 a 2,015 kJ kg⁻¹ °C⁻¹, para faixa de teor de água estudada.

Os dados experimentais do calor específico aparente de sementes de graviola em função do teor de água (b.u.), em ultra-baixa temperatura, foram ajustados por regressão linear.

As equações de ajuste obtidas para estimar o calor específico aparente de sementes de graviola, em ultra-baixa temperatura, em função do teor de água, com seus respectivos coeficientes de determinação, encontram-se na Tabela II.19.

Tabela II.19 - Modelos para predição do calor específico aparente de sementes de graviola em função do teor de água (b.u.).

Temperatura (°C)	Equação	R ²
-50	$C_p = 0,324 + 0,0393 X$	0,9943
-100	$C_p = 0,487 + 0,0517 X$	0,9855
-150	$C_p = 0,491 + 0,0743 X$	0,9630

em que,

C_p - calor específico aparente, a pressão constante, $\text{kJ kg}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

X - teor de água, % b.u.

Os dados experimentais do calor específico aparente de sementes de graviola em função do teor de água (b.u.), em ultra-baixa temperatura, foram ajustados por meio de regressão linear. O modelo matemático obtido representa satisfatoriamente os valores experimentais, sendo significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste t de ANOVA.

Os valores experimentais e estimados do calor específico aparente nas ultra-baixas temperaturas de sementes de graviola em função do teor de água (b.u.), são apresentados na Figura II.21.

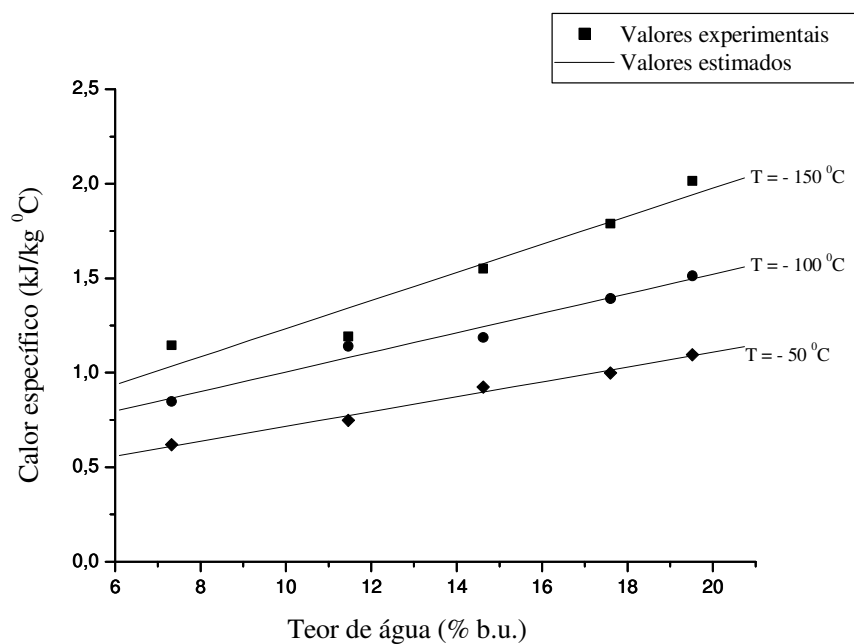


Figura II.21 - Valores experimentais e estimados do calor específico aparente de sementes de graviola em função do teor de água.

Os valores experimentais e estimados do calor específico aparente de sementes de graviola em função de ultra-baixas temperaturas, nos teores de água estudados são apresentados na Figura II.22.

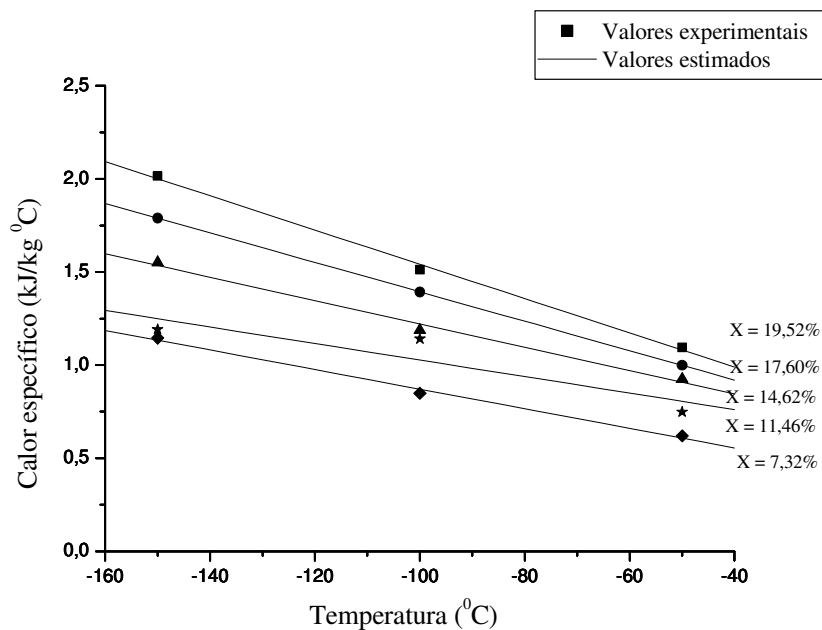


Figura II.22 - Valores experimentais e estimados do calor específico aparente de sementes de graviola em função da temperatura, para os teores de água estudados.

As equações de ajuste obtidas para estimar o calor específico aparente de sementes de graviola, em função de ultra-baixas temperatura, com seus respectivos coeficientes de determinação, encontram-se na Tabela II.20.

Tabela II.20 - Modelos para predição do calor específico aparente de sementes de graviola em função da temperatura, nos teores de água estudados.

Teor de água (b.u.) %	Equação	R ²
7,32	$C_p = 0,345 - 5,26 \times 10^{-3} T$	0,9972
11,46	$C_p = 0,583 - 4,44 \times 10^{-3} T$	0,9137
14,62	$C_p = 0,594 - 6,27 \times 10^{-3} T$	0,9957
17,60	$C_p = 0,14433 - 7,91 \times 10^{-3} T$	0,9987
19,52	$C_p = 0,14864 - 9,23 \times 10^{-3} T$	0,9986

em que,

C_p - calor específico aparente, $\text{kJ kg}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

T - temperatura, $^\circ\text{C}$

II.4.2.2.3. Semente de tamarindo

O calor específico aparente de sementes de tamarindo, para os teores de água (b.u.), 5,89; 12,34; 14,67; 19,50 e 33,50% são apresentados na Tabela II.21.

Tabela II.21 - Valores experimentais do calor específico aparente de sementes de tamarindo com respectivos teores de água (b.u.) e temperaturas.

Teor de água (b.u.) %	Temperatura (°C)		
	-50	-100	-150
5,89	0,426	0,443	0,468
12,34	0,489	0,493	0,527
14,67	0,539	0,568	0,581
19,50	0,583	0,619	0,641
33,50	0,639	0,677	0,723

O calor específico aparente de sementes de tamarindo em ultra-baixa temperaturas variaram entre 0,426 a 0,723 kJ kg⁻¹ °C⁻¹, para faixa de teor de água estudada.

Os dados experimentais do calor específico aparente de sementes de tamarindo em função do teor de água (b.u.), em ultra-baixa temperatura, foram ajustados por regressão linear.

As equações de ajuste obtidas para estimar o calor específico aparente de sementes de tamarindo, em ultra-baixas temperaturas, em função do teor de água, com seus respectivos coeficientes de determinação, encontram-se na Tabela II.22.

Tabela II.22 - Modelos para predição do calor específico aparente de sementes de tamarindo em função do teor de água (b.u.).

Temperatura (°C)	Equação	R ²
-50	$C_p = 0,405 + 0,00757 X$	0,9552
-100	$C_p = 0,413 + 0,00856 X$	0,9421
-150	$C_p = 0,428 + 0,00931 X$	0,9739

em que,

C_p - calor específico aparente, a pressão constante, $\text{kJ kg}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

X - teor de água, % b.u.

Os dados experimentais do calor específico aparente de sementes de tamarindo em função do teor de água (b.u.), em ultra-baixa temperatura, foram ajustados por meio de regressão linear. O modelo matemático obtido representa satisfatoriamente os valores experimentais, sendo significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste t de ANOVA.

Os valores experimentais e estimados do calor específico aparente nas ultra-baixas temperaturas de sementes de tamarindo em função do teor de água (b.u.), são apresentados na Figura II.23.

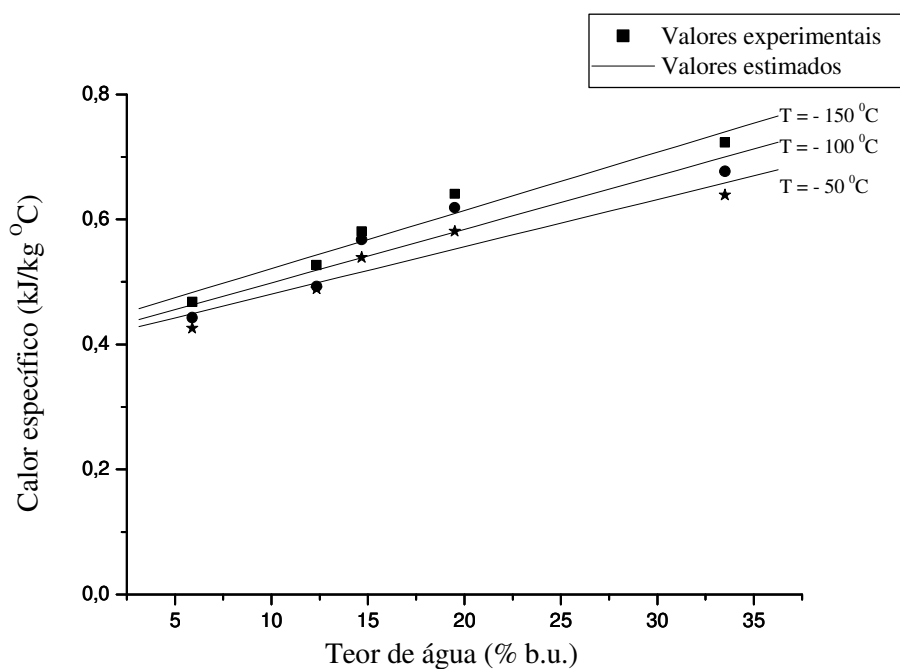


Figura II.23 - Valores experimentais e estimados do calor específico aparente de sementes de tamarindo em função do teor de água.

Os valores experimentais e estimados do calor específico aparente de sementes de tamarindo em função de ultra-baixas temperaturas, nos teores de água estudados são apresentados na Figura II.24.

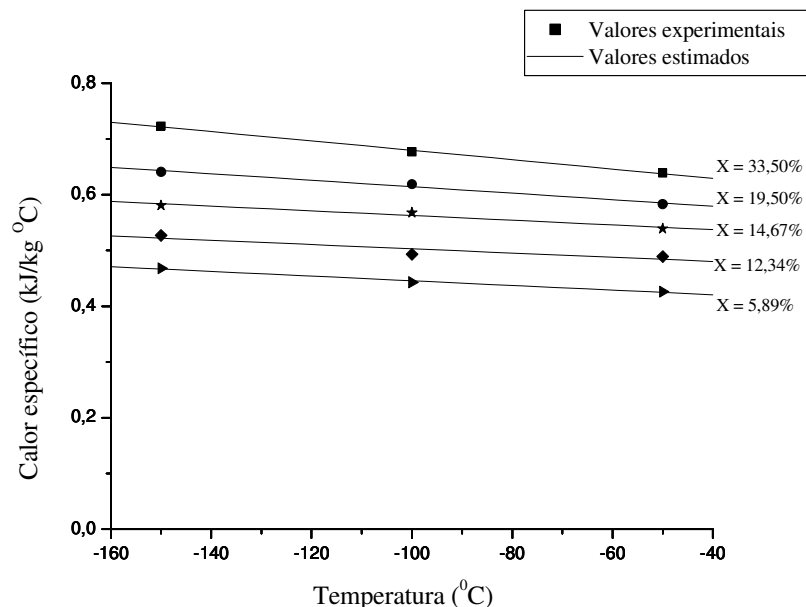


Figura II.24 - Valores experimentais e estimados do calor específico aparente de sementes de tamarindo em função da temperatura, para os teores de água estudados.

As equações de ajuste obtidas para estimar o calor específico aparente de sementes de graviola, em função de ultra-baixas temperatura, com seus respectivos coeficientes de determinação, encontram-se na Tabela II.23.

Tabela II.23 - Modelos para predição do calor específico aparente de sementes de tamarindo em função da temperatura, nos teores de água estudados.

Teor de água (b.u.) %	Equação	R ²
5,89	$C_p = 0,404 - 4,21 \times 10^{-4} T$	0,9940
12,34	$C_p = 0,465 - 3,81 \times 10^{-4} T$	0,9099
14,67	$C_p = 0,521 - 4,20 \times 10^{-4} T$	0,9767
19,50	$C_p = 0,556 - 5,80 \times 10^{-4} T$	0,9904
33,50	$C_p = 0,596 - 8,41 \times 10^{-4} T$	0,9985

em que,

C_p - calor específico aparente, $\text{kJ kg}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

T - temperatura, $^\circ\text{C}$

II.4.2.2.4. Semente de umbu

O calor específico aparente de sementes de umbu, para os teores de água (b.u.), (5,32; 10,01; 14,83; 22,50 e 33,50%) são apresentados na Tabela II.24.

Tabela II.24 - Valores experimentais do calor específico aparente de sementes de umbu com respectivos teores de água (b.u.) e temperaturas.

Teor de água (b.u.) %	Temperatura (°C)		
	-50	-100	-150
5,32	0,594	0,891	1,028
10,1	0,656	0,895	1,058
14,83	0,665	0,916	1,083
22,5	0,673	0,982	1,095
33,5	0,702	1,103	1,125

O calor específico aparente de sementes de umbu em ultra-baixas temperaturas variaram entre 0,594 a 1,125 kJ kg⁻¹ °C⁻¹, para faixa de teor de água estudada.

Os dados experimentais do calor específico aparente de sementes de umbu em função do teor de água (b.u.), em ultra-baixas temperaturas, foram ajustados por regressão linear.

As equações de ajuste obtidas para estimar o calor específico aparente de sementes de umbu, em ultra-baixa temperatura, em função do teor de água, com seus respectivos coeficientes de determinação, encontram-se na Tabela II.25.

Tabela II.25 - Modelos para predição do calor específico aparente de sementes de umbu em função do teor de água (b.u.).

Temperatura (°C)	Equação	R ²
-50	$C_p = 0,604 + 3,17 \times 10^{-3} X$	0,8833
-100	$C_p = 0,823 + 7,81 \times 10^{-3} X$	0,9699
-150	$C_p = 1,023 + 3,22 \times 10^{-3} X$	0,9686

em que,

C_p - calor específico aparente, a pressão constante, $\text{kJ kg}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

X - teor de água, % b.u.

Os dados experimentais do calor específico aparente de sementes de umbu em função do teor de água (b.u.), em ultra-baixa temperatura, foram ajustados por meio de regressão linear. O modelo matemático obtido representa satisfatoriamente os valores experimentais, sendo significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste t de ANOVA.

Os valores experimentais e estimados do calor específico aparente nas ultra-baixa temperaturas de sementes de umbu em função do teor de água (b.u.), são apresentados na Figura II.25.

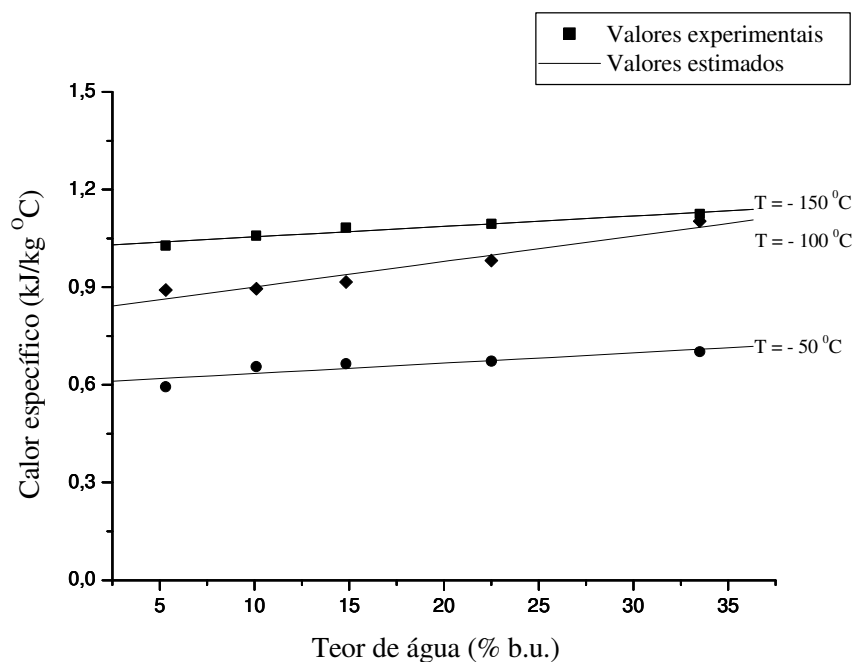


Figura II.25 - Valores experimentais e estimados do calor específico aparente de sementes de umbu em função do teor de água.

Não foram constatados trabalhos publicados sobre calor específico aparente de sementes de umbu em ultra-baixas temperaturas em função do teor de água.

Os valores experimentais e estimados do calor específico aparente de sementes de umbu em função de ultra-baixas temperaturas, nos teores de água estudados são apresentados na Figura II.26.

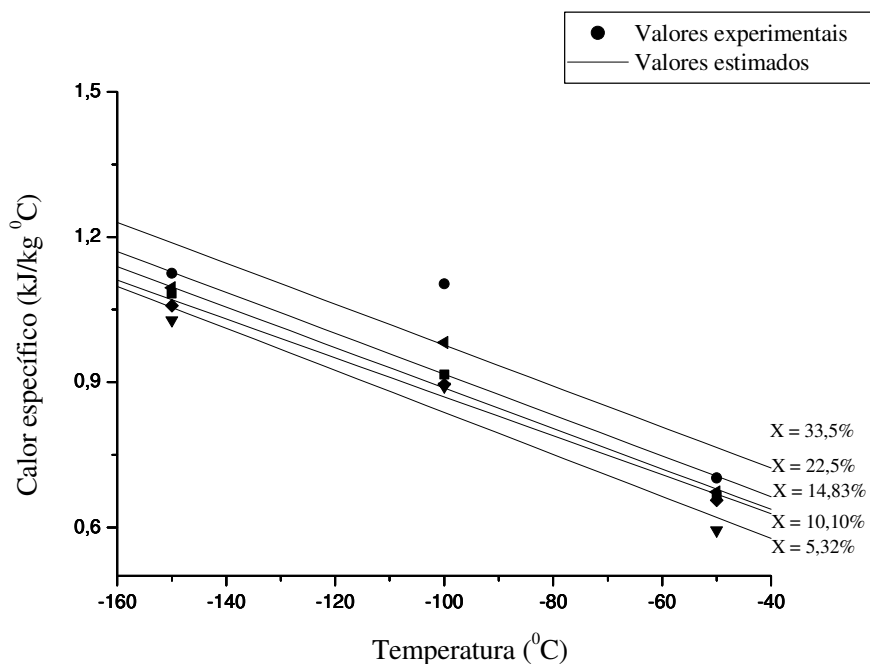


Figura II.26 - Valores experimentais e estimados do calor específico aparente de sementes de umbu em função da temperatura, para os teores de água estudados.

As equações de ajuste obtidas para estimar o calor específico aparente de sementes de umbu, em função de ultra-baixas temperatura, com seus respectivos coeficientes de determinação, encontram-se na Tabela II.26.

Tabela II.26 - Modelos para predição do calor específico aparente de sementes de umbu em função da temperatura, nos teores de água estudados.

Teor de água (b.u.) %	Equação	R ²
5,32	$C_p = 0,404 - 4,34 \times 10^{-3} T$	0,9781
10,10	$C_p = 0,468 - 4,02 \times 10^{-3} T$	0,9941
14,83	$C_p = 0,471 - 4,18 \times 10^{-3} T$	0,9933
22,50	$C_p = 0,495 - 4,22 \times 10^{-3} T$	0,9659
33,50	$C_p = 0,554 - 4,23 \times 10^{-3} T$	0,8882

em que,

C_p - calor específico aparente, $\text{kJ kg}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

T - temperatura, $^\circ\text{C}$

Não há na literatura trabalhos sobre calor específico aparente de produtos agrícolas em ultra-baixas temperaturas que pudesse proporcionar uma análise comparativa.

A inexistência na literatura especializada de estudos sobre a massa específica aparente e o calor específico aparente em ultra-baixas temperaturas de produtos agrícolas e especificamente de sementes das frutas tropicais, impossibilita um estudo comparativo mais amplo dos resultados obtidos e das conclusões construídas neste trabalho experimental.

Mesmo com esta limitação, pode-se concluir a partir do tratamento estatístico, que os resultados obtidos da massa específica aparente e do calor específico aparente de sementes das frutas tropicais cajá, graviola, tamarindo e umbu são confiáveis e o ajuste por regressão representou adequadamente estas propriedades.

Os resultados que foram obtidos para sementes de cajá, graviola, tamarindo e umbu, o calor específico aparente varia linearmente com o teor de água e com a ultra-baixa temperatura. Resultado análogo foi observado na temperatura ambiente.

II.5. CONCLUSÕES

A massa específica aparente e o calor específico aparente tanto na temperatura ambiente quanto em ultra-baixas temperaturas dependem das características físicas e biológicas das sementes.

Na temperatura ambiente:

1. A massa específica aparente e o calor específico aparente das sementes de cajá, graviola, tamarindo e umbu diminuem linearmente com a diminuição do teor de água;
2. A variação do calor específico aparente das sementes estudadas, tem baixa dependência com relação ao teor de água.

Em ultra-baixas temperaturas:

1. A massa específica aparente e o calor específico aparente das sementes de cajá, graviola, tamarindo e umbu aumentam linearmente com o aumento do teor de água;
2. A massa específica aparente das sementes de cajá e umbu diminui linearmente com o aumento da temperatura enquanto o das sementes de graviola e tamarindo aumentam linearmente com o aumento da temperatura;
3. O calor específico aparente das sementes de cajá, graviola, tamarindo e umbu diminuem linearmente com o aumento da temperatura.

4. A variação da massa específica aparente e do calor específico aparente das sementes estudadas tem baixa dependência com relação a temperatura, sendo a maior dependência com o teor de água.

II.6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AFONSO JÚNIOR, P. C.; CORRÊA, P. C.; ANDRADE, E. T. Análise da variação das propriedades físicas e contração volumétrica dos grãos de milho (*Pennisetum glaucum*) durante o processo de dessecamento. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v.25, n.1, p.15-21, 2000.

ALMEIDA, B. V. **Determinação de propriedades físicas de amêndoas de cacau (*Theobroma cacao*, L.)**. 1979. 70 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1979.

ANDRADE, E. T.; COUTO, S. M.; QUEIROZ D. M., PEIXOTO A. B. Determinação de Propriedades Térmicas de Grãos de Milho, **Ciência Agrotecnologia**, Lavras, v.28, n.3, p.488-498, 2004.

BORÉM, F. M.; RIBEIRO, R. C. M. S.; CORRÊA, P. C.; PEREIRA, R. G. F. A. Propriedades térmicas de cinco variedades de café cereja descascado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.6, n.3, p.475-480, 2002.

BRASIL. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para análise de alimentos**, 2005.

CHOI, Y.; OKOS, M. R. **Effects of temperature and composition on the thermal properties of foods**. In: LEMAUGUER, M.; JELEN, M. Food engineering and process applications: transport phenomena. London: Elsevier Applied Science Publishers. v.1, cap.9, p.93-101, 1986.

CORRÊA, P. C.; RIBEIRO, D. M.; RESENDE, O.; HENRIQUES, D. R.; SOUZA, M. A. Análise da porosidade, massa específica aparente e real do trigo durante o processo de secagem. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 33., 2006, São Pedro, SP.

CORRÊA, P. C.; RIBEIRO, D. M.; RESENDE, O.; HENRIQUES, D. R.; DUARTE, A. L. Forma, tamanho e contração volumétrica do feijão. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.7, n.1, p.15-24, 2005.

COUTO, M. S.; MAGALHÃES, A. C.; QUEIROZ, D. M.; BASTOS I. T. Massa específica aparente e real e porosidade de grãos de café em função do teor de umidade. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.3, n.1, p.61-68, 1999.

DROUZAS, A. E.; SARAVACOS, G. D. Effective thermal conductivity of granular starch materials. **Journal of Food Science**, Chicago, v.53, n.6, p.1795-1799, 1988.

DUCAN, G. A.; BUNN, J. M.; HENSON, W. H. Specific heat of burley tobacco during the cure. **Transactions of the ASAE**, v.11, n.4, p.480-483, 1968.

FANG, Q.; LAN, Y.; KOCHER, M. F.; HANNA, M. A. Thermal conductivity of granular starch materials. **Transactions of the ASAE**, Saint Joseph, n.97, p.18, 1997.

HENSE, H. **Avaliação dos parâmetros termofísicos e a cinética de congelamento de caçabo**, 1999, 166P. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos). Faculdade de Engenharia de Alimentos. Universidade Estadual de Campinas. Campinas - SP, 1990.

HWANG, M.; HAYAKAWA, K. A "Specific heat Calorimeter for foods" **Journal of Food Science**, v.44, p.435-438, 1979.

JHA, N.; PRASAD, Physical and thermal properties of gorgon nut. **Journal of Processing Engineering**, v.16, p. 237-245, 1993.

KOUCHAKZADEH, A.; TAVAKOLI, T. The effect of moisture and temperature on thermophysical properties of iranian pistachios, **American Journal of Food Technology**, n.5, v.3, 195-206, 2010.

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

NJIE, D. N.; RUMSEY, T. R.; SINGH, R. P. Thermal properties of cassava, yam and plantain. **Journal of Food Engineering**, Great Britain, v.37, n.1, p.63-76, 1998.

PASSOS, E. F. Condutividade térmica da pasta de mandioca. **Revista Ceres**, Viçosa, v.29, n.162, p.222-231, 1982.

PRADO M. M.; SARTORI D. J. M. Estudo do fenômeno de encolhimento durante a secagem de sementes com diferentes características superficiais. **Revista Universidade Rural, Série Ciências Exatas e da Terra**, UFRRJ, Rio de Janeiro, v.21, n.1, p. 11-20, 2002.

RESENDE, O.; CORREA, P. C.; GONELI, A. L. D.; RIBEIRO, D. M. Propriedades físicas do feijão durante a secagem: determinação e modelagem. **Ciência Agrotecnologia**, Lavras, vol.32, n.1, p.225-230, 2008.

RIBEIRO D. M.; CORREA P. C.; RESENDE O; BOTELHO F. M. Propriedades Térmicas de Grãos de Trigo: Determinação e Modelagem. **Ciência Agrotecnologia**, Lavras, v.31, n.2, p. 462-467, 2007.

ROSSI, S. J.; FIOREZE, R.; OLIVEIRA, A. M. C.; MALZAC, H. F. Propriedades térmicas de castanha de caju e raspa de mandioca. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v.7, n.1, p.51-56, 1982.

RUFFATO, S.; CORRÊA, P. C.; MARTINS, J. H.; MANTOVANI, B. H. M.; SILVA, J. N. Influência do processo de secagem sobre a massa específica aparente, massa específica unitária e porosidade de milho-pipoca. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.3, n.1, p.45-48, 1999.

SHARMA, D. K.; THOMPSON, T. L. Specific heat and thermal conductivity of sorghum. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.16, n.1, p.114-117, 1973.

SILVA, M.; CAVALCANTI MATA, M. E. R. M.; DUARTE, M. E. M.; PEDROZA, J. P. Resfriamento e propriedades termofísicas do cajá. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.4, n.2, p.175-185, 2002.

SOUZA, J. A.; SILVA Y. C; SILVA F. D; CAVALCANTI MATA M. E. R. M. Determinação do calor específico do feijão mascassar (*Vigna unguiculata* (L.) WALP.) Variedade Manteiguinha, VII Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e IV Encontro Americano de Pós-Graduação – Universidade do Vale do Paraíba, 2003.

VIEIRA, S. B. **Propriedades termofísicas e convecção no escoamento laminar de suco de laranja em tubos.** 2000, 201, (Tese de Doutorado), Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2000.

PROPRIEDADES TERMOFÍSICAS DE SEMENTES DE FRUTAS TROPICAIS

CAPÍTULO III

**CONDUTIVIDADE TÉRMICA APARENTE, EM TEMPERATURAS
ACIMA DO CONGELAMENTO E EM ULTRA-BAIXAS TEMPERATURAS**

PROPRIEDADES TERMOFÍSICAS DE SEMENTES DE FRUTAS TROPICAIS**CAPÍTULO III****CONDUTIVIDADE TÉRMICA APARENTE, EM TEMPERATURAS
ACIMA DO CONGELAMENTO E EM ULTRA-BAIXAS TEMPERATURAS****RESUMO**

O trabalho apresentado neste capítulo tem como objetivo determinar experimentalmente a condutividade térmica aparente de sementes das frutas tropicais cajá, graviola, tamarindo e umbu, na temperatura ambiente e em ultra-baixas temperaturas (-25, -35, -50, -100 e -180 °C) avaliando o efeito da variação do teor de água e ajustar diferentes modelos matemáticos aos valores experimentais obtidos. Para a determinação da condutividade térmica utilizou-se o método do cilindro teoricamente infinito. Foram estudadas sementes, com a faixa de teor de água variando de 7,32 a 61,84% (b.u.) cajá; 7,32 a 19,6% (b.u.) graviola; 5,89 a 33,5% (b.u.) tamarindo e de 5,32 a 33,50% (b.u.) umbu, submetidas à secagem à temperatura de 40 °C. A redução do teor de água ao longo da secagem foi acompanhada pelo método gravimétrico (perda de massa). Concluiu-se que o teor de água e a temperatura influenciam a difusividade térmica aparente das referidas sementes.

Palavras-chave: *Spondias lutea*, *Anona muricata*, *Tamarindus indica*, *Spondias tuberosa*, e condutividade térmica aparente

ABSTRACT

The work presented in this chapter aims to determine experimentally the apparent thermal conductivity seeds of tropical fruits of cajá, soursop, tamarind and umbu, at room temperature and in ultra-low temperature (-25, -35, -50, -100 e -180 °C) evaluating the effect of varying the moisture content of different mathematical models and adjust to the experimental values obtained. To determine of the thermal conductivity, we used the method theoretically infinite cylinder. Seeds were studied, with the range of water content from 7.32 to 61.84% (wb) cajú; 7.32 to 19.6% (wb) soursop, 5.89 to 33.5% (wb) tamarind and 5.32 to 33.50% (wb) umbu subjected to drying at a temperature of 40 °C. The reduction of moisture content along the drying was followed by gravimetric method (weight loss). It was concluded that the moisture content and temperature influenced the apparent thermal diffusivity of such seed.

Index terms: *Spondias lutea* L., *Anona muricata*, *Tamarindus indica*, *Spondias tuberosa*, and thermal conductivity apparent

CAPÍTULO III

CONDUTIVIDADE TÉRMICA APARENTE, NA TEMPERATURA AMBIENTE E EM ULTRA-BAIXAS TEMPERATURAS

III.1. INTRODUÇÃO

O conhecimento das propriedades térmicas dos produtos vegetais é de suma importância para prever e/ou simular o comportamento de grãos e a quantidade de energia requerida quando são submetidos a diferentes condições de secagem, aquecimento ou resfriamento. (RIBEIRO et al., 2007).

Sempre que houver uma diferença de temperatura numa direção no interior de um meio, ou entre vários meios, a transferência de calor ocorrerá obrigatoriamente.

A condutividade térmica é uma propriedade de transporte, indica a taxa pela qual a energia é transferida pelo processo de difusão. Ela depende da estrutura física do material, atômica e molecular, que por sua vez está relacionada ao estado da matéria (INCROPERA & DEWITT, 2003)

Os problemas de transferência de calor em materiais biológicos, durante a produção ou durante o manuseio e processamento, podem incluir interfaces sólido-líquido, sólido-gás, líquido-líquido e líquido-gás, no aquecimento, resfriamento, congelamento, secagem ou desidratação de uma massa de sólidos ou de sólidos unitários.

A transferência de energia calorífica através de uma massa de sementes é um processo complexo devido a porosidade do produto, uma vez que a quantidade de calor que atravessa o material ocorre por condução e convecção entre os grãos e o ar intergranular.

Em alguns casos, a transferência de calor é também acompanhada pela transferência de massa tal como ocorre nos processos de secagem e de desidratação (MOHSENIN, 1980).

Para MOHSENIN (1980), grande parte das alterações internas de um produto que ocorrem durante as diversas etapas do processamento pode ser identificada conhecendo-se as suas principais propriedades termofísicas.

As propriedades termofísicas são próprias de cada produto e, podem ser influenciadas pelo teor de água, temperatura e a massa específica aparente (CHANG, 1986).

Durante o processamento e armazenamento, as sementes passam por várias etapas, em que sua temperatura e umidade podem sofrer alterações. Conhecer como essas alterações

ocorrem e saber controlá-las, é fundamental para garantir maior eficiência nos processos e melhor qualidade no produto final.

Apesar do desenvolvimento tecnológico obtido até o momento, algumas operações empregadas no manuseio das sementes precisam ser ainda entendidas com maiores detalhes tais como, os fenômenos que regem as propriedades químicas e termofísicas dos materiais biológicos.

O conhecimento da condutividade térmica aparente é fundamental no estudo de transferência de calor numa massa de sementes, que envolve o processo desde a colheita até o armazenamento.

Diante da importância do conhecimento da condutividade térmica aparente e da inexistência na literatura especializada de estudos da condutividade térmica aparente de sementes de frutas tropicais e de produtos agrícolas em ultra-baixas temperaturas, o objetivo do trabalho apresentado neste capítulo é estudar a condutividade térmica aparente, em função do teor de água, em temperaturas acima do congelamento e em ultra-baixas temperaturas de sementes das frutas tropicais cajá, graviola, tamarindo e umbu.

III.2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O mecanismo de transferência de calor por condução, normalmente, é interpretado como uma propagação da energia cinética pelas oscilações moleculares. Quando a energia cinética aumenta, com a elevação da temperatura, essa é transferida às moléculas circunvizinhas. (ANDRADE et. al, 2004).

A transferência de calor possui tanto direção quanto magnitude. A taxa de condução de calor em uma determinada direção é proporcional ao gradiente de temperatura, que é a variação da temperatura com a distância naquela direção. A condução de calor em um meio é, em geral tridimensional e depende do tempo e sua temperatura varia com a posição e com o tempo, ou seja, em coordenadas cilíndricas $T = T(r, \Theta, z, t)$.

A condução de calor em um meio é dita permanente quando a temperatura não varia com o tempo e não permanente ou transiente quando varia e, é dita unidimensional quando a condução é significativa em apenas uma dimensão e desprezível nas outras duas, bidimensional quando a condução na terceira dimensão é desprezível e tridimensional quando a condução em todas as dimensões é significativa.

Nos processos de secagem e armazenamento de grãos agrícolas, a transferência de calor geralmente ocorre em massas de produto, compostas de grãos e ar. O conhecimento de valores das propriedades termofísicas de tais leitos porosos, denominadas propriedades aparentes, é essencial para a predição da distribuição de temperatura no interior da massa de grãos (ROSSI et al., 1982). Dentre as propriedades termofísicas mais relevantes, nesse caso, esta a condutividade térmica aparente do produto (ROSSI & ROA, 1980).

Em um material homogêneo, o calor se difunde com a mesma velocidade em todas as direções, e as propriedades termofísicas não dependem do volume ou da forma do material estudado. Entretanto, quando se trata de um material heterogêneo como uma massa de grãos (material granular e higroscópico), a forma das partículas e a compactação do produto influenciam na quantidade de calor transferido por unidade de área. As propriedades termofísicas de um material são influenciadas, também, pelo teor de água do produto, temperatura, composição, densidade e porosidade (STOLF, 1972).

A condutividade térmica aparente é a propriedade que relaciona a taxa com que o fluxo de calor escoou através da massa de sementes em função da existência de um gradiente de temperatura. Portanto, a condutividade térmica aparente de uma massa de sementes é a medida da sua capacidade para conduzir calor. (ANDRADE et. al 2004).

Segundo INCROPERA & DE WITT (2003) a condutividade térmica representa a propriedade que relaciona a taxa com que o fluxo de calor escoar através do material, em função da existência de um gradiente de temperatura.

Tem-se observado que nos produtos biológicos, a condutividade térmica aparente depende da sua composição, da presença de espaços vazios (porosidade) e de sua homogeneidade (BORÉM et al., 2002).

Os métodos para determinação da condutividade térmica de um material baseiam-se na investigação do processo de transferência de calor, em regime permanente ou transiente, por condução, em uma amostra do produto modelada com uma forma geométrica simples (placas paralelas, cilindros e esferas concêntricas). A geometria e as condições impostas ao sistema para a transferência de calor são similares àquelas que teoricamente descrevem um problema, regido por uma equação diferencial, que tenha uma solução analítica. Nos experimentos, quando o material é granular, esse é inserido em recipiente de forma geométrica simples e submetido a um gradiente de temperatura. A temperatura em diferentes pontos do sistema, durante o processo de transferência de calor, é registrada e introduzida na expressão que representa a solução da equação de difusão, propiciando, assim, a obtenção da condutividade térmica aparente do material.

A maioria dos valores de condutividade térmica de grãos, disponíveis na literatura, foi obtida submetendo-se o meio a um processo de condução de calor em regime permanente. De modo geral, esse não é um método considerado apropriado para produtos biológicos, em razão dos longos intervalos de tempo necessários para que um regime permanente seja atingido. Nesse período, podem ocorrer modificações significativas no teor de água do produto. A transferência de massa é mais pronunciante quando existe uma diferença de temperatura em um meio úmido e permeável.

A massa específica aparente de produtos granulares influencia, também, a condutividade térmica da amostra, que aumenta com diminuições na porosidade da amostra granular. Considerando um teor de água constante, a condutividade térmica pode ser uma função linear da massa específica (JAYAS et al., 1995). De maneira geral, a condutividade térmica de um material se eleva com a temperatura ou teor de água.

Existem muitas referências na literatura nas quais se discutem vários tipos de montagens empregadas na medição da condutividade térmica de alimentos e grãos. Um dos métodos mais usados, atualmente, para determinação da condutividade térmica de produtos agrícolas é baseado na transmissão de calor num cilindro infinito com uma fonte de calor linear

central. Essa transferência pode ser analisada em regimes permanentes ou transientes. Esse método consiste na utilização de um cilindro (receptor da amostra de grãos), construído com material resistente e de alta condutividade térmica, de diâmetro e comprimento pré-determinados. Longitudinalmente, no centro do cilindro, coloca-se uma fonte de calor linear, que pode ser um fio de resistência elétrica conhecida, que será percorrido por uma corrente (baixa amperagem) quando submetido a uma diferença de voltagem. A variação de temperatura do meio é registrada por meio de termopares situados preferencialmente à meia altura do cilindro.

O cilindro infinito é uma idealização que possibilita adotar a hipótese da condução de calor unidimensional na direção radial. A aproximação é razoável se o cilindro tiver relação entre a altura e o raio maior ou igual a 10 (INCROPERA e WITT, 2003).

O equilíbrio térmico do sistema (cilindro infinito e grãos) é essencial para que os testes sejam iniciados. Além disso, fatores de correção para a inércia térmica do sistema devem ser considerados.

Uma importante fonte de erro a ser observada em tal metodologia é a migração de água de locais próximos à fonte de calor para as bordas do sistema, em consequência das regiões de temperaturas diferentes. A maneira de se minimizar esse erro é utilizar a fonte linear de baixa potência, propiciando, assim, menores gradientes de temperatura no produto. Outra fonte de erro nessa metodologia é a incerteza envolvida na posição de fixação dos termopares.

O mesmo equipamento (cilindro infinito), usado para a determinação da condutividade em regime permanente, é utilizado para determinação da condutividade térmica em grãos agrícolas, pelo método do regime transiente.

A determinação da condutividade térmica em regime transiente pode ser feita através de uma montagem que satisfaça as condições de contorno necessárias para uma solução particular da Equação III-1.

(III-1)

$$\frac{1}{\alpha} \frac{\partial T}{\partial \theta} = \frac{\partial^2 T}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial T}{\partial r}$$

No caso do método transiente, a técnica da fonte linear de calor e da sonda são bastante utilizadas em medidas de condutividade térmica.

Pesquisadores obtiveram a dependência da condutividade térmica aparente em relação ao teor de água de grãos agrícolas utilizando, o método do regime transiente, dentre eles: HOOPER & LEPPER, 1950; DICKERSON, 1965; MUIR & CHANDRA, 1970; CHANDRA & MUIR, 1971; REIDY & RIPPEN, 1971; JASANSKY & BILANSKI, 1973; SHARMA & THOMPSON, 1973; SUTER et al., 1975; ALMEIDA, 1979; PASSOS, 1982; SINGH, 1982; DROUZAS & SARAVACOS, 1988; SOARES, 1988; MAROULIS et al., 1991; VOUDOURIS & HAYAKAWA, 1994; FANG et al., 1997.

A determinação da condutividade térmica em regime permanente pode ser feita pelo método do cilindro, teoricamente infinito, baseia-se na lei quantitativa de condução de calor formulada por Fourier, de acordo com o princípio:

A quantidade de calor dQ que passa através do elemento de área dA em um intervalo de tempo dt é dado pela equação de Fourier, Equação III-2.

$$dQ = -kdA \frac{dT}{dr} dt \quad (\text{III-2})$$

em que

K - condutividade térmica, $\text{W m}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

dA - elemento de área, m^2

dQ - quantidade de calor que passa pelo elemento de área, J

dT - variação de temperatura, $^\circ\text{C}$

dr - distância sobre a qual estão os pontos, na variação de temperatura dT , m

dt - intervalo de tempo, s

Arranjando a Equação III-2, obtém-se a condução de calor unidimensional na direção radial:

$$\frac{dQ}{dt} = -kdA \frac{dT}{dr} \quad (\text{III-3})$$

em que:

$\frac{dQ}{dt}$ - taxa com que a energia é fornecida pelo fluído, w

$\frac{dT}{dr}$ - gradiente radial de temperatura, °C m⁻¹

A condutividade térmica aparente é calculada a partir dos valores das temperaturas medidas nos dois pontos onde estão instalados os termopares. A medição da temperatura deve ser registrada após ser verificada a estabilidade da mesma.

A taxa com que a energia é transferida entre os dois pontos, necessária para o cálculo da condutividade térmica aparente da semente na temperatura desejada, pode ser obtida a partir da condutividade térmica aparente do ar.

A taxa com que a energia é fornecida ou retirada a massa de sementes é constante, sendo regulada pela temperatura estabelecida pela fonte linear.

Sendo P a taxa com que a energia é fornecida através da área:

$$A = 2\pi rL$$

$$P = -k(2\pi rL) \frac{dT}{dr} \quad (\text{III-4})$$

Re-escrevendo a Equação III-4 em termos das variáveis independentes temos:

$$P \frac{dr}{r} = -k(2\pi L)dT \quad (\text{III-5})$$

Integrando as variáveis independentes, segundo o arranjo experimental, temos:

$$P \int_{r_1}^{r_2} \frac{dr}{r} = -k2\pi L \int_{T_1}^{T_2} dT \quad (\text{III-6})$$

A temperatura no cilindro co-axial interno é T_1 e a temperatura na parede interna do cilindro externo é T_2 . Estes pontos têm raios r_1 e r_2 , respectivamente.

$$P \ln \frac{r_2}{r_1} = -k 2\pi L \int_{T_1}^{T_2} dT \quad (\text{III-7})$$

Portanto, a condutividade térmica pode ser escrita na forma:

$$k = \frac{P}{2\pi L} \frac{\ln \frac{r_2}{r_1}}{(T_1 - T_2)} \quad (\text{III-8})$$

em que,

K - condutividade térmica aparente, $\text{W m}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

P - taxa com que a energia é transferida entre os pontos onde estão os termopares, watts

r_1 e r_2 - raio do tubo e do cilindro, respectivamente, m

L - altura do cilindro, m

T_1 e T_2 - temperatura do tubo (r_1) e no cilindro (r_2), respectivamente, $^\circ\text{C}$.

O método descrito para determinação da condutividade térmica aparente das sementes baseia-se na investigação do processo de transferência de calor, em regime permanente, por condução na massa de sementes modelada com a forma geométrica de um cilindro.

Vários pesquisadores estudaram a dependência da condutividade térmica aparente em relação ao teor de água de grãos agrícolas utilizando, o método do regime permanente, dentre eles: BORÉM et al. (2002), estudando grãos de café cereja; ANDRADE et al. (2004), estudando grãos de milho e RIBEIRO et al. (2007), estudando grãos de trigo, concluíram que a condutividade térmica aumenta linearmente com o teor de água.

VOUDOURIS & HAYAKAWA (1994) desenvolveram um método numérico para determinação simultânea da difusividade térmica e da condutividade térmica utilizando um ponto de fonte de calor. O método foi testado em 15 alimentos diferentes, obtendo bons resultados para a condutividade térmica quando comparados com a literatura, mas para a difusividade térmica o método mostrou-se adequado apenas para alimentos com altos valores de difusividade térmica. Segundo os autores, antes do método ser validado experimentalmente se deve estudar a influência de alguns parâmetros chave para a sonda, como a relação entre o comprimento e diâmetro, a taxa de geração de calor e o período de teste para a determinação da difusividade e da condutividade térmica.

Materiais biológicos, tipicamente, exibem algumas características que dificultam o uso da técnica da fonte linear de calor, seja em regime permanente ou transiente. Entre essas, citam-se: (a) distribuição heterogênea e anisotrópica dos grãos no cilindro (massa de grãos é um meio poroso e é constituída, muitas vezes, de grãos de diferentes tamanhos); (b) significativa resistência de contato entre a interface partícula-ar; (c) migração de calor latente devida à evaporação da água nos poros.

A condutividade térmica aparente é a principal variável envolvida nos projetos e na otimização de revestimentos refratários, sendo necessária na determinação das taxas de aquecimento e resfriamento admissíveis e do perfil de temperaturas resultante durante a operação. Além disso, a crescente utilização de técnicas de simulação computacional tem impulsionado a busca por propriedades térmicas e mecânicas em função da temperatura para “alimentar” estes programas, uma vez que a precisão das simulações está diretamente relacionada com a qualidade das propriedades empregadas nos modelos (AKIYOSHIM et al., 2001).

O estudo da condutividade térmica aparente das sementes de cajá, graviola, tamarindo e umbu na temperatura ambiente e em ultra-baixas temperaturas exige que a amostra das sementes esteja na temperatura planejada. Desta forma, a taxa com que o fluxo de calor escoa através da massa de sementes é função do gradiente de temperatura existente entre a temperatura planejada e o meio ambiente.

III.3. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo da condutividade térmica aparente de sementes das frutas tropicais cajá, graviola, tamarindo e umbu na temperatura ambiente e em ultra-baixas temperaturas foi desenvolvido no Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola do Centro de Tecnologia em Recursos Naturais (CTRN) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campina Grande, Paraíba.

Para esta pesquisa experimental foram utilizadas sementes provenientes da região polarizada por Campina Grande, com vários teores de água (b.u.).

As sementes foram extraídas dos frutos com teor de água elevado e em seguida, foram submetidas a dessorção na temperatura de 40 °C até atingirem os teores de água desejados. Os teores de água foram aferidos pelo método padrão de estufa (105 ± 3 °C por 24 horas), com três repetições, segundo as normas do Instituto Adolfo Lutz, BRASIL (2005).

A condutividade térmica aparente das sementes foi determinada utilizando-se uma montagem experimental construída para este fim, baseada no método do cilindro teoricamente infinito, considerando a hipótese da condução unidimensional na direção radial, imerso no ambiente com temperatura em torno 25 °C, de acordo com metodologia descrita por MUIR & CHANDRA (1970).

O equipamento experimental construído é formado por um cilindro de aço inox, com as dimensões segundo um cilindro infinito, mostrado na Figura III.1, que contém no centro um tubo cilíndrico co-axial de aço inox, pelo qual se fez passar um fluido com temperatura controlável, que é capaz de manter a temperatura constante no valor desejado, desde a temperaturas acima de congelamento até ultra-baixas temperaturas, na parede externa do tubo cilíndrico co-axial.

A temperatura é monitorada por meio de dois termopares. O primeiro termopar instalado na parede externa do tubo cilíndrico co-axial e, o segundo termopar instalado na parede interna do cilindro, ambos na metade da altura.

O método utilizado para determinação da condutividade térmica aparente das sementes baseia-se na investigação do processo de transferência de calor, em regime permanente, por condução na massa de sementes modelada com a forma geométrica de um cilindro a partir da Equação III-9.

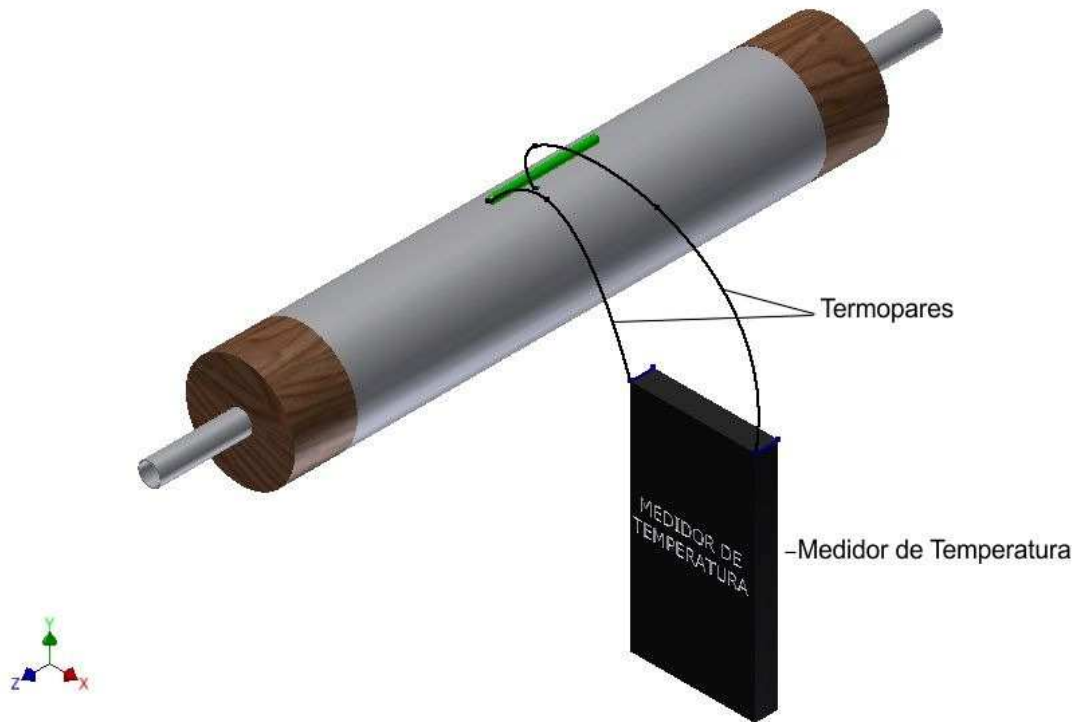


Figura III.1 - Desenho esquemático do equipamento experimental para determinação da condutividade térmica

$$k = \frac{P}{2\pi L} \frac{\ln \frac{r_2}{r_1}}{(T_1 - T_2)} \quad (\text{III-9})$$

em que,

K - condutividade térmica aparente, $\text{W m}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

P - taxa com que a energia é transferida entre os pontos onde estão os termopares, watts

r_1 e r_2 - raio do tubo e do cilindro, respectivamente, m

L - altura do cilindro, m

T_1 e T_2 - temperatura do tubo (r_1) e no cilindro (r_2), respectivamente, $^\circ\text{C}$.

III.3.1. Análise estatística

Os dados experimentais obtidos da difusividade térmica aparente foram submetidos à análise de regressão.

Os modelos matemáticos foram escolhidos com base na significância da equação, pelo teste F, e dos coeficientes de regressão, utilizando-se o teste t , a fim de se estabelecerem equações que representem as interações entre as variáveis analisadas.

III.4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A dependência da condutividade térmica aparente em função do teor de água das sementes de cajá, graviola, tamarindo e umbu foi estudada em duas etapas:

1. Na temperatura ambiente, $T = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$;
2. Em ultra-baixas temperaturas (-25, -35, -50, -100 e -180 $^{\circ}\text{C}$).
3. No Apêndice I é apresentado a condutividade térmica aparente em função do teor de água, em temperaturas acima do congelamento (40, 50, 55, 60, 65 e 70 $^{\circ}\text{C}$).

III.4.1 Condutividade térmica na temperatura ambiente

Os valores experimentais e estimados da condutividade térmica aparente de sementes de cajá na faixa de teor de água de 7,81 a 60,27% (b.u.), são apresentados na Figura III.2.

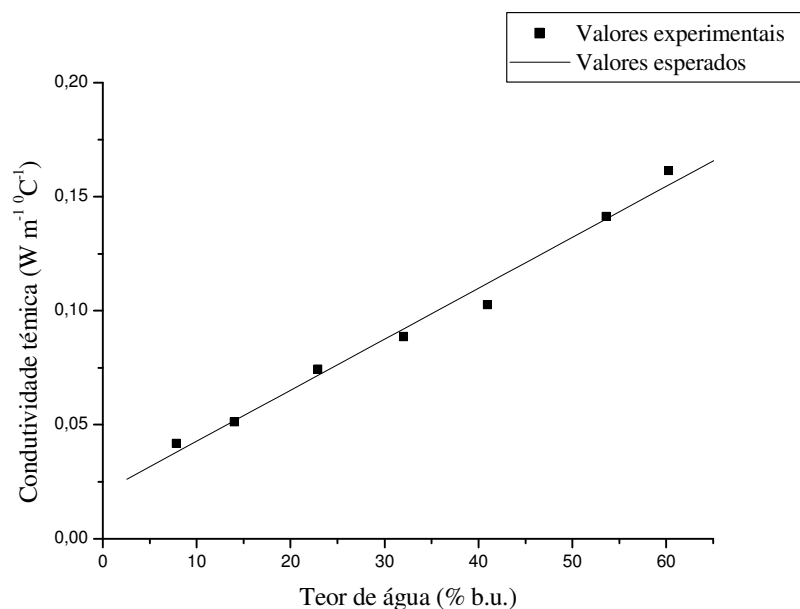


Figura III.2 - Valores experimentais e estimados da condutividade térmica aparente de sementes de cajá em função do teor de água.

Os valores experimentais e estimados da condutividade térmica aparente de sementes de graviola na faixa de teor de água de 7,32 a 60,2% (b.u.), são apresentados na Figura III.3.

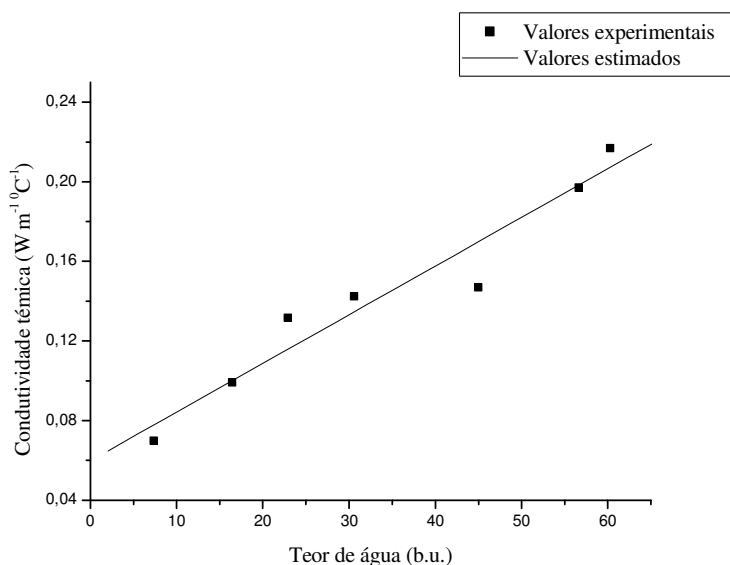


Figura III.3 - Valores experimentais e estimados da condutividade térmica aparente de sementes de graviola em função do teor de água.

A Figura III.4 apresenta os valores experimentais e estimados da condutividade térmica aparente de sementes de tamarindo na faixa de teor de água de 7,85 a 40,58% (b.u.).

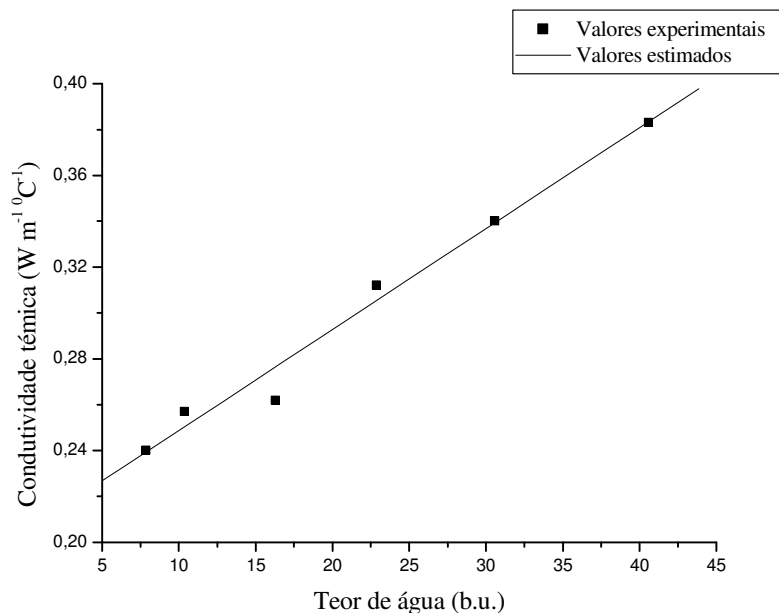


Figura III.4 - Valores experimentais e estimados da condutividade térmica aparente de sementes de tamarindo em função do teor de água.

A Figura III.5 apresenta os valores experimentais e estimados da condutividade térmica aparente de sementes de umbu na faixa de teor de água de 7,94 a 40,58% (b.u.).

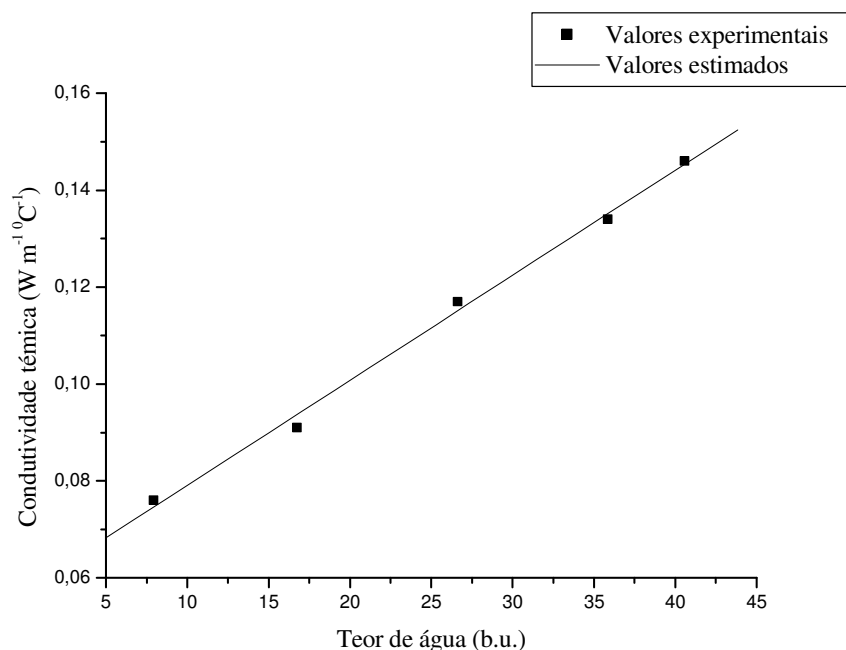


Figura III.5 - Valores experimentais e estimados da condutividade térmica aparente de sementes de umbu em função do teor de água.

Os dados experimentais da condutividade térmica aparente de sementes de cajá, graviola, tamarindo e umbu em função do teor de água (b.u.) foram ajustados por meio de regressão linear.

O modelo linear representa satisfatoriamente os valores experimentais, sendo significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste t, apresentando um valor coerente do coeficiente de determinação (R^2).

Na Tabela III.1 encontram-se as equações obtidas para estimar a condutividade térmica aparente de sementes de cajá, graviola, tamarindo e umbu em função do teor de água, com seus respectivos coeficientes de determinação, na temperatura ambiente, de 25 °C.

Tabela III.1 - Modelos para predição da condutividade térmica aparente de sementes em função do teor de água (b.u.), na temperatura ambiente.

Tipo de semente	Equação	R ²
Cajá	$K = 0,0204 + 2,231 \times 10^{-3} X$	0,9931
Graviola	$K = 0,0598 + 2,441 \times 10^{-3} X$	0,9678
Tamarindo	$K = 0,0204 + 4,401 \times 10^{-3} X$	0,99025
Umbu	$K = 0,0574 + 2,174 \times 10^{-3} X$	0,9979

em que,

K - condutividade térmica aparente, $W m^{-1} ^\circ C^{-1}$

X - teor de água, % b.u.

Os valores da condutividade térmica aparente de sementes de cajá variaram entre 0,04172 a 0,1612 $W m^{-1} ^\circ C^{-1}$; para sementes de graviola os valores variaram entre 0,0699 a 0,2168 $W m^{-1} ^\circ C^{-1}$; para sementes de tamarindo os valores variaram entre 0,24011 a 0,38311 $W m^{-1} ^\circ C^{-1}$; para sementes de umbu os valores variaram entre 0,0764 a 0,146 $W m^{-1} ^\circ C^{-1}$, para faixa de teor de água estudada. A condutividade térmica aparente de sementes de cajá, graviola, tamarindo e umbu cresce linearmente com o aumento do teor de água.

Estes resultados são coerentes com os obtidos por diferentes pesquisadores que estudando a condutividade térmica aparente de produtos agrícolas, em função do teor de água, na temperatura ambiente, entre eles: BORÉM et al. (2002), estudando variedades de café, com teor de água entre 10 a 95% (b.s.), verificaram que os valores de condutividade térmica da massa granular variaram entre 0,10 e 0,20 $W m^{-1} ^\circ C^{-1}$; ANDRADE et al. (2004) estudando milho, observaram que os valores de condutividade térmica da massa granular variaram de 0,14 a 0,118 ($W m^{-1} ^\circ C^{-1}$) para a para teores de água entre 10,2 e 21,0 % (b.s.); CORRÊA et al. (2004) estudando milho, alpiste e painço observaram que os valores de condutividade térmica da massa granular variaram de 0,6 a 0,22 $W m^{-1} ^\circ C^{-1}$ para a para teores de água entre 10,2 e 22,0 % (b.s.); RIBEIRO et al. (2007), estudando grãos de trigo com teor de água entre 9 a 24% (b.s.) observaram que os valores de condutividade térmica da massa granular variaram de 0,1332 a 0,1523 ($W m^{-1} ^\circ C^{-1}$). Todos estes pesquisadores observaram que a condutividade térmica aparente aumenta linearmente com o aumento do teor de água.

III.4.2 Condutividade térmica em ultra-baixas temperaturas

O estudo da condutividade térmica aparente das sementes de cajá, graviola, tamarindo e umbu em função do teor de água foi realizado nas ultra-baixas temperaturas (-25; -35; -50; -100 e -180 °C).

III.4.2.1. Semente de cajá

A condutividade térmica aparente de sementes de cajá, para teores de água (b.u.) de 7,32; 11,46; 24,06; 38,76 e 61,84% e temperaturas -25; -35; -50; -100 e -180 °C são apresentados na Tabela III.2.

Tabela III.2 - Valores experimentais da condutividade térmica aparente de sementes de cajá com respectivos teores de água (b.u.) em ultra-baixas temperaturas.

Teor de água (b.u.) %	Temperatura (°C)				
	-25	-35	-50	-100	-180
7,32	0,01596	0,01893	0,02259	0,04353	0,09217
11,46	0,01605	0,01905	0,02261	0,04359	0,09482
24,06	0,01758	0,01958	0,02306	0,04573	0,09756
38,76	0,01826	0,01974	0,02401	0,04674	0,09865
61,84	0,01969	0,02149	0,02489	0,04701	0,10826

Os valores experimentais da condutividade térmica aparente em ultra-baixa temperaturas de sementes de cajá variaram entre 0,01596 a 0,10826 W m⁻¹ °C⁻¹ para faixa de teor de água de 7,32 a 61,84% (b.u.) e ultra-baixas temperaturas da massa de sementes de cajá variando de -25 a -180 °C.

Na Tabela III.3 encontram-se as equações de ajuste obtidas para estimar a condutividade térmica aparente de sementes de cajá, em ultra-baixas temperaturas, em função do teor de água, com seus respectivos coeficientes de determinação.

Tabela III.3 - Modelos para predição da condutividade térmica aparente de sementes de cajá em função do teor de água (b.u.), para ultra-baixas temperaturas.

Temperatura (°C)	Equação	R ²
-25	$K = 0,0155 + 4,369 \times 10^{-5} X$	0,8806
-35	$K = 0,0185 + 4,453 \times 10^{-5} X$	0,9635
-50	$K = 0,0222 + 4,457 \times 10^{-5} X$	0,9925
-100	$K = 0,0434 + 6,911 \times 10^{-5} X$	0,9161
-180	$K = 0,0906 + 26,734 \times 10^{-5} X$	0,9716

em que,

K - condutividade térmica aparente, W °C⁻¹m⁻¹

X - teor de água, % b.u.

Os dados experimentais da condutividade térmica aparente de sementes de cajá em função do teor de água (b.u.), em ultra-baixa temperatura, foram ajustados por meio de regressão linear. O modelo matemático obtido representa satisfatoriamente os valores experimentais, sendo significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste t da ANOVA.

Os valores experimentais e estimados da condutividade térmica aparente nas ultra-baixa temperaturas de sementes de cajá em função do teor de água (b.u.), são apresentados na Figura III.6.

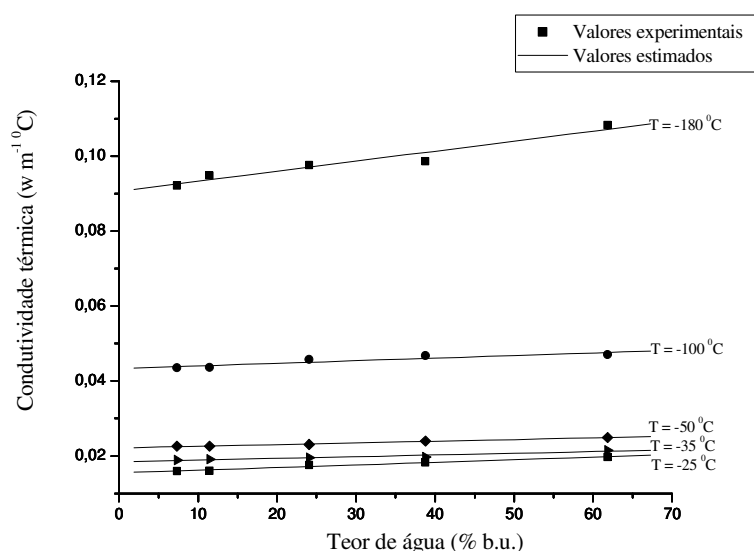


Figura III.6 - Valores experimentais e estimados da condutividade térmica aparente de sementes de cajá em função do teor de água.

Os valores experimentais e estimados da condutividade térmica aparente de sementes de cajá em função de ultra-baixas temperaturas, nos teores de água estudados são apresentados na Figura III.7.

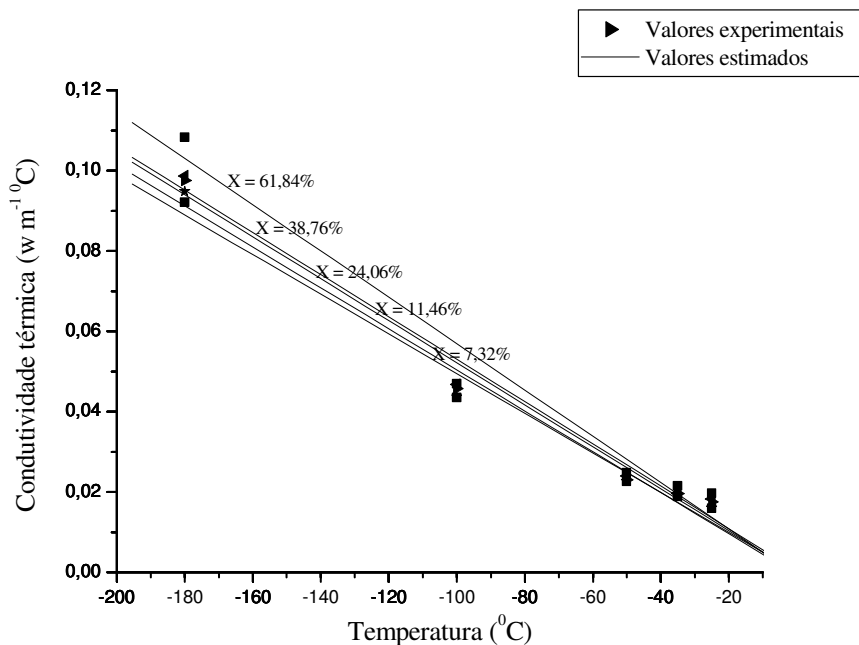


Figura III.7 - Valores experimentais e estimados da condutividade térmica aparente de sementes de cajá em função da temperatura, para os teores de água estudados.

As equações de ajuste obtidas para estimar a condutividade térmica aparente de sementes de cajá, em ultra-baixas temperatura, em função da temperatura, com seus respectivos coeficientes de determinação, encontram-se na Tabela III.4.

Tabela III.4 - Modelos para predição da condutividade térmica aparente de sementes de cajá em função da temperatura, nos teores de água estudados.

Teor de água (b.u.) %	Equação	R ²
7,32	$K = - 1,059 \times 10^{-4} - 4,94 \times 10^{-4} T$	0,9919
11,46	$K = - 5,533 \times 10^{-4} - 5,101 \times 10^{-4} T$	0,9904
24,00	$K = - 0,788 \times 10^{-4} - 5,228 \times 10^{-4} T$	0,9905
38,76	$K = - 3,942 \times 10^{-4} - 5,268 \times 10^{-4} T$	0,9911
61,64	$K = - 6,842 \times 10^{-4} - 5,764 \times 10^{-4} T$	0,9842

em que,

K - condutividade térmica aparente, W °C⁻¹m⁻¹

T - temperatura, °C

III.4.2.2. Semente de graviola

A condutividade térmica aparente das sementes de graviola, para teores de água (b.u.) de 7,32; 11,46; 14,62; 17,60 e 19,52% e temperaturas -25; -35; -50; -100 e -180 °C são apresentados na Tabela III.5.

Tabela III.5 - Valores experimentais da condutividade térmica aparente de sementes de graviola com respectivos teores de água (b.u.) e temperaturas.

Teor de água (b.u.) %	Temperatura (°C)				
	-25	-35	-50	-100	-180
7,32	0,0136	0,0144	0,0159	0,0215	0,0327
11,46	0,0149	0,0157	0,0168	0,0241	0,0342
14,62	0,0167	0,0182	0,0194	0,0217	0,0371
17,60	0,0183	0,0188	0,0198	0,0231	0,0385
19,52	0,0189	0,0192	0,0199	0,0269	0,0399

Os valores experimentais da condutividade térmica aparente em ultra-baixa temperaturas de sementes de graviola variaram entre 0,0136 a 0,0399 W m⁻¹ °C⁻¹ para faixa de teor de água de 7,32 a 19,52% (b.u.) e a ultra-baixa temperatura da massa de sementes de graviola variando de -25 a -180 °C.

Na Tabela III.6 encontram-se as equações de ajuste obtidas para estimar a condutividade térmica aparente de sementes de graviola, em ultra-baixa temperatura, em função do teor de água, com seus respectivos coeficientes de determinação.

Tabela III.6 - Modelos para predição da condutividade térmica aparente de sementes de graviola em função do teor de água (b.u.) em ultra-baixas temperaturas.

Temperatura (°C)	Equação	R ²
-25	$K = 0,0101 + 4,5652 \times 10^{-4} X$	0,9953
-35	$K = 0,0114 + 4,1847 \times 10^{-4} X$	0,9774
-50	$K = 0,0133 + 3,6545 \times 10^{-4} X$	0,9524
-100	$K = 0,0193 + 5,9742 \times 10^{-4} X$	0,8677
-180	$K = 0,0278 + 6,1258 \times 10^{-4} X$	0,9902

em que,

K - condutividade térmica aparente, $W\ ^{\circ}C^{-1}m^{-1}$

X - teor de água, % b.u.)

Os dados experimentais da condutividade térmica aparente de sementes de graviola em função do teor de água (b.u.), em ultra-baixa temperatura, foram ajustados por meio de regressão linear. O modelo matemático obtido representa satisfatoriamente os valores experimentais, sendo significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste t de ANOVA.

Os valores experimentais e estimados da condutividade térmica aparente em ultra-baixa temperaturas de sementes de graviola em função do teor de água (b.u.), são apresentados na Figura III.8.

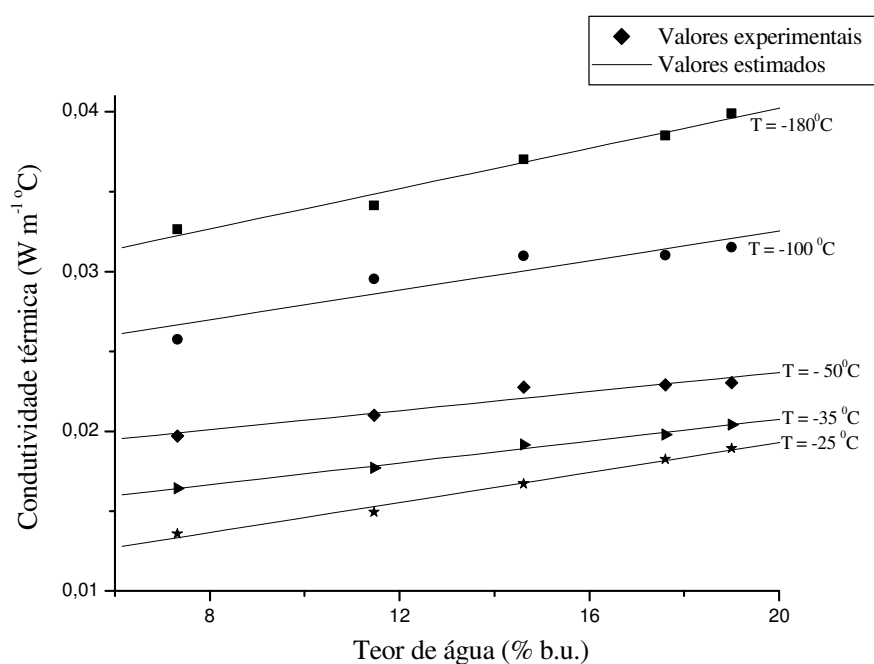


Figura III.8 - Valores experimentais e estimados da condutividade térmica aparente de sementes de graviola em função do teor de água.

Os valores experimentais e estimados da condutividade térmica aparente de sementes de graviola em função de ultra-baixas temperaturas, nos teores de água estudados são apresentados na Figura III.9.

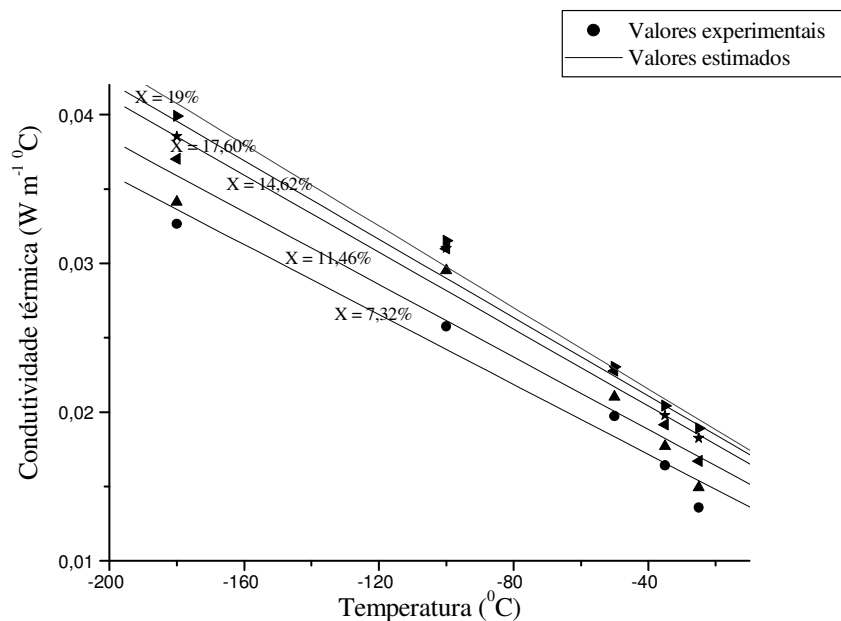


Figura III.9 - Valores experimentais e estimados da condutividade térmica aparente de sementes de graviola em função da temperatura, para os teores de água estudados.

As equações de ajuste obtidas para estimar a condutividade térmica aparente de sementes de graviola, em ultra-baixas temperatura, em função da temperatura, com seus respectivos coeficientes de determinação, encontram-se na Tabela III.7.

Tabela III.7 - Modelos para predição da condutividade térmica aparente de sementes de graviola em função da temperatura, nos teores de água estudados.

Teor de água (b.u.) %	Equação	R ²
7,32	$k = 0,0099 - 1,237 \times 10^{-4} T$	0,9976
11,46	$k = 0,0112 - 1,269 \times 10^{-4} T$	0,9983
14,62	$k = 0,0127 - 1,253 \times 10^{-4} T$	0,9676
17,60	$k = 0,0136 - 1,291 \times 10^{-4} T$	0,9709
19,52	$k = 0,0141 - 1,393 \times 10^{-4} T$	0,9922

em que,

K - condutividade térmica aparente, W °C⁻¹m⁻¹

T - temperatura, °C

III.4.2.3. Semente de tamarindo

A condutividade térmica aparente de sementes de tamarindo, para teores de água (b.u.) de 5,89; 12,34; 14,67; 19,50 e 33,50% e temperaturas -25; -35; -50; -100 e -180 °C são apresentados na Tabela III.8.

Tabela III.8 - Valores experimentais da condutividade térmica aparente de sementes de tamarindo com respectivos teores de água (b.u.) e temperaturas.

Teor de água (b.u.) %	Temperatura (°C)				
	-25	-35	-50	-100	-180
5,89	0,0146	0,0156	0,0165	0,0187	0,0221
12,34	0,0163	0,0174	0,0182	0,0205	0,0227
14,67	0,0172	0,0182	0,0191	0,0209	0,0239
19,50	0,0174	0,0188	0,0195	0,0211	0,0251
33,50	0,0183	0,0199	0,0202	0,0221	0,0269

Os valores experimentais da condutividade térmica aparente em ultra-baixa temperaturas de sementes de tamarindo variaram entre 0,0146 a 0,0269 W m⁻¹ °C⁻¹ para faixa de teor de água de 5,89 a 33,50% (b.u.) e a ultra-baixa temperatura da massa de sementes de tamarindo variando de -25 a -180 °C.

Na Tabela III.9 encontram-se as equações de ajuste obtidas para estimar a condutividade térmica aparente de sementes de tamarindo, em ultra-baixa temperatura, em função do teor de água, com seus respectivos coeficientes de determinação.

Tabela III.9 - Modelos para predição da condutividade térmica aparente de sementes de tamarindo em função do teor de água (b.u.) em ultra-baixas temperaturas.

Temperatura (°C)	Equação	R ²
-25	$K = 0,0146 + 1,2163 \times 10^{-4} X$	0,8966
-35	$K = 0,0154 + 1,4748 \times 10^{-5} X$	0,9349
-50	$K = 0,0165 + 1,3382 \times 10^{-5} X$	0,8961
-100	$K = 0,0188 + 1,0445 \times 10^{-5} X$	0,8952
-180	$K = 0,0209 + 1,8643 \times 10^{-5} X$	0,9822

em que,

K - condutividade térmica aparente, $W\ ^\circ C^{-1} m^{-1}$

X - teor de água, % b.u.

Os dados experimentais da condutividade térmica aparente de sementes de tamarindo em função do teor de água (b.u.), em ultra-baixa temperatura, foram ajustados por meio de regressão linear. O modelo matemático obtido representa satisfatoriamente os valores experimentais, sendo significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste t de ANOVA.

Os valores experimentais e estimados da condutividade térmica aparente em ultra-baixa temperaturas de sementes de tamarindo em função do teor de água (b.u.), são apresentados na Figura III.10.

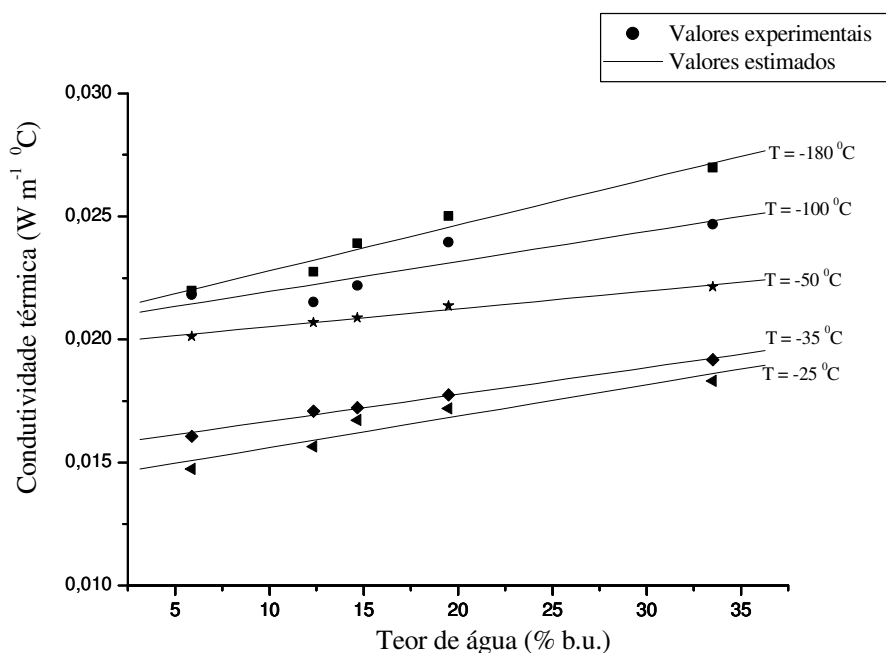


Figura III.10- Valores experimentais e estimados da condutividade térmica aparente de sementes de tamarindo em função do teor de água.

Os valores experimentais e estimados da condutividade térmica aparente de sementes de tamarindo em função de ultra-baixas temperaturas, nos teores de água estudados são apresentados na Figura III.11.

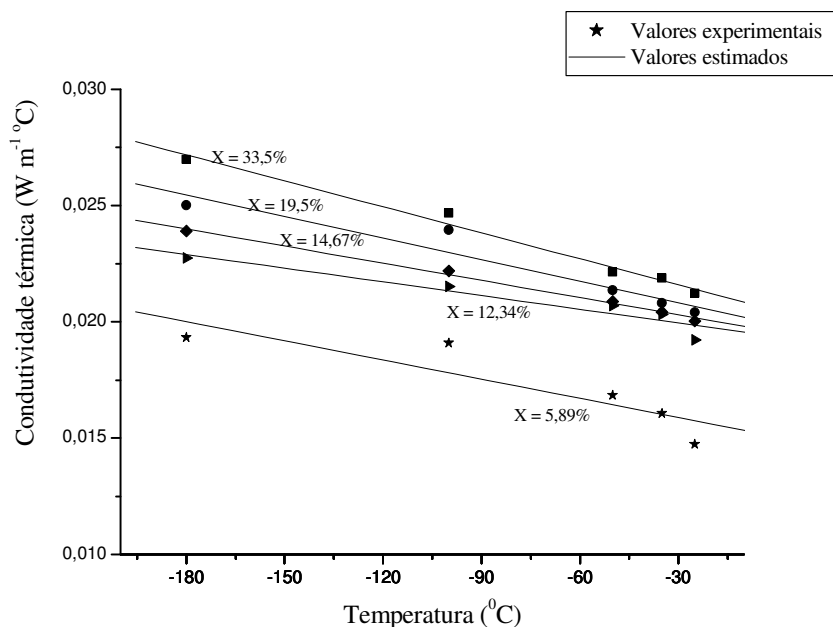


Figura III.11 - Valores experimentais e estimados da condutividade térmica aparente de sementes de tamarindo em função da temperatura, para os teores de água estudados.

As equações de ajuste obtidas para estimar a condutividade térmica aparente de sementes de tamarindo, em ultra-baixas temperatura, em função da temperatura, com seus respectivos coeficientes de determinação, encontram-se na Tabela III.10.

Tabela III.10 - Modelos para predição da condutividade térmica aparente de sementes de tamarindo em função da temperatura, nos teores de água estudados.

Teor de água (b.u.) %	Equação	R ²
5,89	$K = 0,0138 + 4,628 \times 10^{-5} T$	0,8885
12,34	$K = 0,0158 + 4,033 \times 10^{-5} T$	0,9531
14,67	$K = 0,0166 + 4,183 \times 10^{-5} T$	0,9971
19,50	$K = 0,0172 + 4,224 \times 10^{-5} T$	0,9626
33,50	$K = 0,0174 + 5,218 \times 10^{-5} T$	0,9924

em que,

K - condutividade térmica aparente, $W \text{ } ^\circ\text{C}^{-1} \text{ m}^{-1}$

T - temperatura, $^\circ\text{C}$

III.4.2.4. Semente de umbu

A condutividade térmica aparente de sementes de umbu, para teores de água (b.u.) de 5,32; 10,10; 14,83; 22,50 e 33,50% e temperaturas -25; -35; -50; -100 e -180 °C são apresentados na Tabela III.11.

Tabela III.11 - Valores experimentais da condutividade térmica aparente de sementes de umbu com respectivos teores de água (b.u.) e temperaturas.

Teor de água (b.u.) %	Temperatura (°C)				
	-25	-35	-50	-100	-180
5,32	0,0123	0,0138	0,0155	0,0191	0,0276
10,10	0,0138	0,0148	0,0162	0,0202	0,0282
14,83	0,0148	0,0157	0,0175	0,0238	0,0302
22,50	0,0153	0,0168	0,0193	0,0251	0,0322
33,50	0,0162	0,0177	0,0201	0,0318	0,0339

Os valores experimentais da condutividade térmica aparente em ultra-baixa temperaturas de sementes de umbu variaram entre 0,0123 a 0,0339 W m⁻¹ °C⁻¹ para faixa de teor de água de 5,32 a 33,50% (b.u.) e a ultra-baixa temperatura da massa de sementes de umbu variando de -25 a -180 °C.

Na Tabela III.12 encontram-se as equações de ajuste obtidas para estimar a condutividade térmica aparente de sementes de umbu, em ultra-baixa temperatura, em função do teor de água, com seus respectivos coeficientes de determinação.

Tabela III.12 - Modelos para predição da condutividade térmica aparente de sementes de umbu em função do teor de água (b.u.) em ultra-baixas temperaturas.

Temperatura (°C)	Equação	R ²
-25	$K = 0,0123 + 1,275 \times 10^{-4} X$	0,9364
-35	$K = 0,0134 + 1,342 \times 10^{-4} X$	0,9831
-50	$K = 0,0148 + 1,689 \times 10^{-4} X$	0,9711
-100	$K = 0,0163 + 1,855 \times 10^{-4} X$	0,9832
-180	$K = 0,0263 + 2,364 \times 10^{-4} X$	0,9847

em que,

K - condutividade térmica aparente, $W\ ^\circ C^{-1} m^{-1}$

X - teor de água, % b.u.

Os dados experimentais da condutividade térmica aparente de sementes de umbu em função do teor de água (b.u.), em ultra-baixa temperatura, foram ajustados por meio de regressão linear. O modelo matemático obtido representa satisfatoriamente os valores experimentais, sendo significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste t de ANOVA.

Os valores experimentais e estimados da condutividade térmica aparente em ultra-baixa temperaturas de sementes de umbu em função do teor de água (b.u.), são apresentados na Figura III.12.

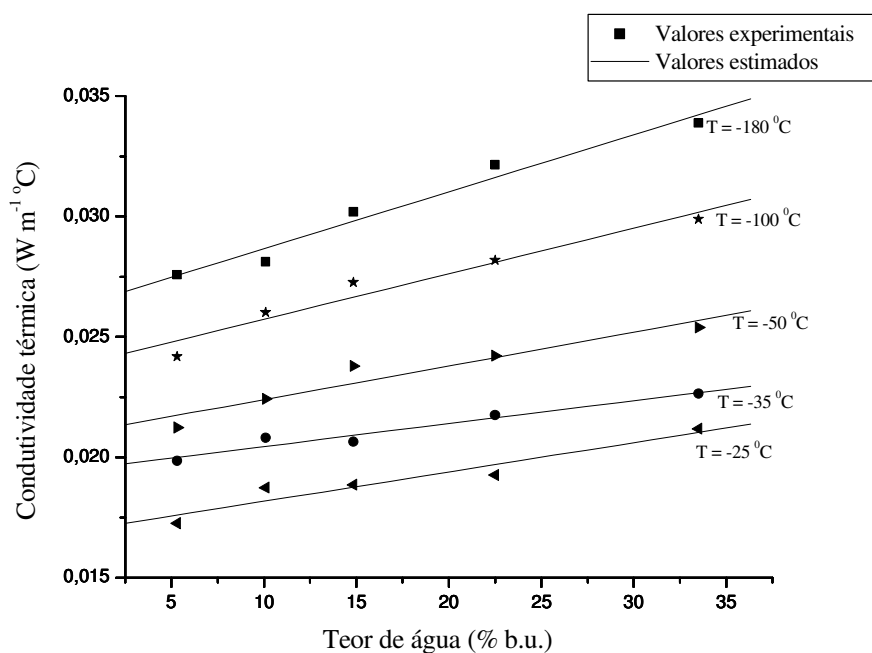


Figura III.12 - Valores experimentais e estimados da condutividade térmica aparente de sementes de umbu em função do teor de água.

Os valores experimentais e estimados da condutividade térmica aparente de sementes de umbu em função de ultra-baixas temperaturas, nos teores de água estudados são apresentados na Figura III.13.

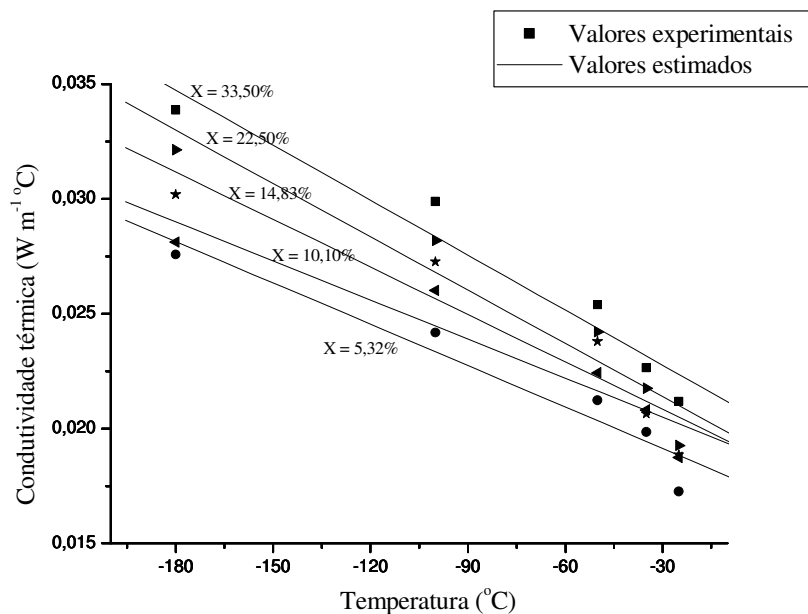


Figura III.13 - Valores experimentais e estimados da condutividade térmica aparente de sementes de tamarindo em função da temperatura, para os teores de água estudados.

As equações de ajuste obtidas para estimar a condutividade térmica aparente de sementes de umbu, em ultra-baixas temperatura, em função da temperatura, com seus respectivos coeficientes de determinação, encontram-se na Tabela III.13.

Tabela III.13 - Modelos para predição da condutividade térmica aparente de sementes de umbu em função da temperatura, nos teores de água estudados.

Teor de água (b.u.) %	Equação	R ²
5,32	$K = 0,0103 - 9,051 \times 10^{-5} T$	0,9967
10,10	$K = 0,0115 - 9,161 \times 10^{-5} T$	0,9991
14,83	$K = 0,0125 - 10,107 \times 10^{-5} T$	0,9948
22,50	$K = 0,0133 - 10,777 \times 10^{-5} T$	0,9943
33,50	$K = 0,0145 - 12,106 \times 10^{-5} T$	0,9317

em que,

K - condutividade térmica aparente, $W \text{ } ^\circ C^{-1} m^{-1}$

T - temperatura, $^\circ C$

Não constatamos na literatura trabalhos sobre condutividade térmica aparente de produtos agrícolas em ultra-baixas temperaturas que pudesse proporcionar uma análise comparativa.

A inexistência na literatura especializada de estudos sobre a condutividade térmica aparentes em ultra-baixas temperaturas de produtos agrícolas e especificamente de sementes de frutas tropicais, impossibilita um estudo comparativo dos resultados obtidos e das conclusões construídas neste trabalho de pesquisa experimental.

Mesmo com esta limitação, a análise estatística dos resultados obtidos, leva a concluir que os resultados apresentados neste capítulo são satisfatórios, levando a conclusões confiáveis sobre o comportamento da condutividade térmica aparente de sementes das frutas tropicais cajá, graviola, tamarindo e umbu, em ultra - baixas temperaturas.

Conforme os resultados obtidos para sementes de cajá, graviola, tamarindo e umbu, a condutividade térmica aparente varia linearmente com o teor de água e com a ultra-baixa temperatura. Resultado análogo foi observada na temperatura ambiente.

III.5. CONCLUSÕES

A condutividade térmica aparente tanto na temperatura ambiente quanto em ultra-baixas temperaturas dependem das características físicas e biológicas das sementes.

Na temperatura ambiente:

1. A condutividade térmica aparente das sementes de cajá, graviola, tamarindo e umbu aumenta linearmente com o aumento do teor de água;
2. O variação da condutividade térmica aparente das sementes estudadas, tem baixa dependência com relação ao teor de água.

Em ultra-baixas temperaturas:

1. A condutividade térmica aparente das sementes de cajá, graviola, tamarindo e umbu aumenta linearmente com o aumento do teor de água;
2. O valor da condutividade térmica aparente das sementes de cajá, graviola, tamarindo e umbu diminuem linearmente com o aumento da temperatura;
3. O variação da condutividade térmica aparente das sementes estudadas tem maior dependência com relação ao teor de água do que com a temperatura.

III.6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AKIYOSHIM, M.; SILVA, A. P.; SILVA, M.; PANDOLFELLIG, V. C. Condutividade térmica e sua correlação com a temperatura e a massa específica volumétrica de materiais refratários sílico-aluminosos e aluminosos (Correlation between thermal conductivity, temperature and bulk density for fireclay and alumina refractories). **Revista Cerâmica** v.47, n.301, p.176-212, 2001.

ALMEIDA, B. V. **Determinação de propriedades físicas de amêndoas de cacau (*Theobroma cacao*, L.)**. 1979. 70 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1979.

ANDRADE, E. T.; COUTO, S. M.; QUEIROZ D. M., PEIXOTO A. B. Determinação de propriedades térmicas de grãos de milho, **Ciência agrotecnica**, Lavras, v.28, n.3, p.488-498, 2004.

BORÉM, F. M.; RIBEIRO, R. C. M. S.; CORRÊA, P. C.; PEREIRA, R. G. F. A. Propriedades térmicas de cinco variedades de café cereja descascado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.6, n.3, p.475-480, 2002.

BRASIL. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para análise de alimentos**, 2005.

CHANDRA, S.; MUIR, W. E. Thermal conductivity of spring wheat at low temperature. **Transactions of the ASAE**, Saint Joseph, v.14, p.644-646, 1971.

CHANG, C. S. Thermal conductivity of wheat, corn, and grain sorghum as affected by bulk density and moisture content. **Transactions of the ASAE**, Saint Joseph, v.29, n.5, p.1447-450, 1986.

CORRÊA, P. C.; ANDRADE, E. T.; AFONSO JÚNIOR, P. C. Propriedades térmicas da massa granular de milheto, alpiste e painço; Determinação e modelagem. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.6, n.1, p.37-43, 2004.

DICKERSON, R. W. An apparatus for the measurement of thermal diffusivity of foods. **Food Technology**, Chicago, p.198-204, 1965.

DROUZAS, A.E.; SARAVACOS, G. D. Effective thermal conductivity of granular starch materials. **Journal of Food Science**, Athens, v.53, n.6, p.1795-1799, 1988.

FANG, Q.; LAN, Y.; KOCHER, M. F.; HANNA, M. A. Thermal conductivity of granular starch materials. **Transactions of the ASAE**, Saint Joseph, n.97, p.18, 1997.

HOOPER, F. C.; LEPPER, F. R. Transient heat flow apparatus for the determination of thermal conductivities. **Transactions ASHVE**, Saint Joseph, v.56, p.309-322, 1950.

INCROPERA, F. P.; DEWITT, D. P. **Fundamentos de transferência de calor e de massa**. Rio de Janeiro: LTC - Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 5ª edição, 2003, 691p.

JASANSKY, A.; BILANSKI, W. K. Thermal conductivity of whole and ground soybeans. **Transactions of the ASAE**, Saint Joseph, p.100-103, 1973.

JAYAS, D. S.; WHITE, N. D. G.; MUIR, W. E. **Stored-grain ecosystems**. New York: Marcel Dekker, 1995. 756 p.

MAROULIS, Z. B.; SHAH, K. K.; SARAVACOS, G. D. Thermal conductivity of gelatinized starches. **Journal of Food Science**, Chicago, v.56, n.3, p.773-776, 1991.

MOHSENIN, N. N. Thermal properties of food and agricultural materials. New York, **Science Publishers**, 742 p, 1980.

MUIR, E. W.; CHANDRA, S. Thermal conductivity of spring wheat at low temperatures. **Transactions of the ASAE**, Saint Joseph, n.70, p.805, 1970.

PASSOS, E. F. Condutividade térmica da pasta de mandioca. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 29, n. 162, p. 222-231, 1982.

RIBEIRO D. M.; CORREA, P. C.; RESENDE, O.; BOTELHO F. M. Propriedades térmicas de grãos de trigo: Determinação e Modelagem. **Ciência Agrotecnologia**, Lavras, v.31, n.2, p.462-467, 2007.

ROSSI, S. J.; ROA, G. **Secagem e armazenamento de produtos agropecuários com o uso de energia solar e ar natural**. São Paulo: Academia de Ciência de Estado de São Paulo, 1980. 295 p.

ROSSI, S. J.; FIOREZE, R.; OLIVEIRA, A. M. C.; MALZAC, H. F. Propriedades térmicas de castanha de cajú e raspa de mandioca. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v.7, n.1, p.51-56, 1982.

REIDY, G. A.; RIPPEN, A. L. Methods for determining thermal conductivity in foods. **Transactions of the ASAE**, Saint Joseph, v.14, n.2, p.248-254, 1971.

SHARMA, D. K.; THOMPSON, T. L. Specific heat and thermal conductivity of sorghum. **Transactions of the ASAE**, Saint Joseph, v.16, n.1, p.114-117, 1973.

SOARES, N. F. F. **Análise experimental do método de sonda para medição de condutividade térmica de grãos: Aplicação para milho (*Zea mays* L.)**. 1988. 46 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1988.

STOLF, S. R. Medição da condutividade térmica dos alimentos. **Boletim do Instituto de Tecnologia de Alimentos**, Campinas, n.29, p.67-79, 1972.

SINGH, R. P. Thermal diffusivity in food processing. **Food Technology**, Chicago, v.36, n.2, p.87-91, 1982.

SUTER, D. A.; AGRAWAL, K. K.; CLARY, B. L. Thermal properties of peanut pods, hulls and kernel. **Transactions of the ASAE**, Saint Joseph, v.18, n.2, p.370-375, 1975.

VOUDOURIS, N.; HAYAKAWA, K. Simultaneous determination of the thermal conductivity and diffusivity of foods using a point heat source probe: a theoretical analysis. **Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v.27, n.6, p.522-532, 1994.

PROPRIEDADES TERMOFÍSICAS DE SEMENTES DE FRUTAS TROPICAIS

CAPÍTULO IV

**DIFUSIVIDADE TÉRMICA APARENTE, NA TEMPERATURA
AMBIENTE E EM ULTRA-BAIXAS TEMPERATURAS**

PROPRIEDADES TERMOFÍSICAS DE SEMENTES DE FRUTAS TROPICAIS**CAPÍTULO IV****DIFUSIVIDADE TÉRMICA APARENTE, NA TEMPERATURA AMBIENTE E EM ULTRA-BAIXAS TEMPERATURAS****RESUMO**

O trabalho apresentado neste capítulo tem como objetivo determinar experimentalmente a difusividade térmica aparente de sementes das frutas tropicais cajá, graviola, tamarindo e umbu, na temperatura ambiente e em ultra-baixas temperaturas (- 45, -100 e -150 °C) avaliando o efeito da variação do teor de água e ajustar diferentes modelos matemáticos aos valores experimentais obtidos. Para a determinação da difusividade térmica aparente utilizou-se o método proposto por Dickerson. Foram estudadas sementes, com a faixa de teor de água de 7,32 a 61,84% (b.u.) cajá; 7,32 a 31,5% (b.u.) graviola; 5,89 a 33,5% (b.u.) tamarindo e de 5,32 a 37,50% (b.u.) umbu, submetidas à secagem à temperatura de 40 °C. A redução do teor de água ao longo de secagem foi acompanhada pelo método gravimétrico (perda de massa). Concluiu-se que o teor de água e a temperatura influenciam a difusividade térmica aparente das sementes de cajá, graviola, tamarindo e umbu.

Palavras-chave: *Spondias lutea*, *Anona muricata*, *Tamarindus indica*, *Spondias tuberosa* e difusividade térmica aparente

ABSTRACT

The work presented in this chapter aims to determine experimentally the apparent thermal diffusivity of seeds of the tropical fruits, cajá, soursop, tamarind and umbu, at room temperature and in ultra-low temperature (-45, -100 and -150 °C) evaluating the effect of variation of water content and to fit different mathematical models to experimental values obtained. To determine the apparent thermal diffusivity, we used the method proposed by Dickerson. Seeds were studied, with the range of water content from 7.32 to 61.84% (wb) caja; 7.32 to 31.5% (wb) soursop, 5.89 to 33.5% (wb) tamarind and 5.32 to 37.50% (wb) umbu subjected to drying at a temperature of 40 °C. The reduction of moisture content along the drying was followed by gravimetric method (weight loss). It was concluded that the moisture content and temperature influenced the apparent thermal diffusivity seeds of cajá, soursop, tamarind and umbu.

Index terms: *Spondias lutea*, *Anona muricata*, *Tamarindus indica*, *Spondias tuberosa*, and thermal diffusivity apparent

CAPÍTULO IV

DIFUSIVIDADE TÉRMICA APARENTE, NA TEMPERATURA AMBIENTE E EM ULTRA-BAIXAS TEMPERATURAS

IV.1. INTRODUÇÃO

A transferência de energia térmica em produtos agrícolas ocorre durante os processos de aquecimento ou resfriamento, isto envolve o acúmulo ou dissipação de calor, que resultam em variações na distribuição de temperatura do material com o tempo.

A difusividade térmica é a propriedade de transporte controladora para um processo de transferência de calor por condução em regime transiente, mede a capacidade do material conduzir energia térmica em relação à sua capacidade de armazená-la (INCROPERA & DEWITT, 2003).

Diversos produtos agrícolas possuem características físicas que tornam a condução o modo primário de transferência de calor durante o processamento térmico. Estes produtos são mais difíceis de aquecer, pois o seu corpo serve como isolante entre a fonte de calor e o centro do produto agrícola (GAFFNEY et al., 1980).

A difusividade térmica aparente de sementes pode ser entendida como a taxa com que o calor é difundido nesta massa de sementes.

Diz respeito à capacidade da massa de sementes conduzir e acumular energia térmica. Valores mais elevados da difusividade térmica aparente indicam uma maior velocidade de resposta em busca do novo estado de equilíbrio às variações termodinâmicas do ambiente.

A velocidade de difusão do calor para dentro ou fora do material é dependente da difusividade térmica aparente do produto agrícola (PABIS et al., 1988).

Em situações onde a transferência de calor ocorre em regime transiente, a difusividade térmica aparente tem importância fundamental na análise dos produtos biológicos e no projeto de equipamentos.

Devido a heterogeneidade dos produtos agrícolas, vários são os fatores que influenciam o fluxo e a quantidade de calor que atravessam uma massa granular, podendo os valores da difusividade térmica aparente variar entre amostras, devido principalmente à sua composição, densidade, porosidade e teor de água (INCROPERA & DEWITT, 2003).

Estudos realizados por KAZARIAN et al. (2001) confirmaram quanto a magnitude da difusividade térmica aparente influencia a cinética de secagem de grãos agrícolas.

Para condições de transferência de calor por condução, as relações tempo/temperatura de um dado produto agrícola pode ser calculada se as condições de contorno da transferência de calor e a geometria do produto agrícola forem matematicamente tratáveis e se a difusividade térmica do produto agrícola for conhecida. O maior obstáculo para a aproximação matemática é a falta de dados desta propriedade dos produtos agrícolas (KAZARIAN et al., 2001).

A difusividade térmica aparente nos dá a medida de como a temperatura de uma massa de sementes pode variar quando submetida a uma situação de aquecimento ou resfriamento, ou seja, é a razão entre a capacidade de uma massa de sementes de transferir calor e a capacidade de armazenar calor.

Em situações onde a transferência de calor ocorre em regime transiente, a difusividade térmica aparente é a propriedade mais usada no projeto e na análise dos processos de produtos agrícolas e equipamentos.

Na literatura especializada há poucas informações sobre difusividade térmica aparente de produtos agrícolas brasileiros e inexistem estudos sobre sementes de frutas tropicais. Esta constatação, motivou o estudo que apresentamos neste capítulo, da difusividade térmica aparente em função do teor de água, na temperatura ambiente e em ultra-baixas temperaturas de sementes das frutas tropicais cajá, graviola, tamarindo e umbu.

IV.2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Na análise de transferência de calor, o produto entre a massa específica e o calor específico é denominado de capacidade calorífica volumar e mede a capacidade do material armazenar energia térmica. A razão entre a condutividade térmica e a capacidade calorífica é uma propriedade importante, conhecida como difusividade térmica, sendo definida por

$$\alpha = \frac{k}{\rho C_p} \quad (\text{IV-1})$$

em que

k - condutividade térmica, $\text{W m}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

α - difusividade térmica, m^2s^{-1}

ρ - massa específica, kg m^{-3}

C_p - calor específico a pressão constante, $\text{J kg}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

A condução de energia térmica em produtos agrícolas ocorre, normalmente, durante os processos de aquecimento ou resfriamento; no entanto, isto envolve o acúmulo ou dissipação de calor, que resultam em variações na distribuição de temperatura do material com o tempo. A velocidade de difusão do calor para dentro ou fora do material é dependente da difusividade térmica do produto (PABIS et al., 1988). Estudos realizados por Kazarian & Hall (1965) confirmam que a magnitude da difusividade térmica influencia a cinética de secagem de grãos agrícolas.

A difusividade térmica aparente de sementes pode ser entendida como a taxa com que o calor é difundido para fora desta massa de sementes.

Na maioria dos processos agrícolas, o teor de água, a temperatura, a massa específica e a porosidade variam consideravelmente a cada etapa e de ponto a ponto no interior de uma massa de grãos, tendo como resultado uma difusividade térmica variável dentro de um determinado processamento. Os métodos normalmente utilizados para determinação da difusividade térmica são: estacionários, transitórios ou por meio da Equação IV-1. (REIDY & RIP-PEN, 1971) descreveram detalhadamente esses métodos.

O efeito do teor de água sobre a difusividade térmica aparente de diversos produtos agrícolas tem sido objeto de estudo de vários autores, os quais verificaram uma relação diretamente proporcional entre a propriedade estudada e o teor de água, podendo ser satisfatoriamente representadas por uma função linear (SUBRAMANIAN & VISWANATHAN, 2003; ANDRADE et al., 2004).

DICKERSON (1965) construiu um aparato experimental, com a geometria de *um cilindro infinito*, que utiliza as condições de transferência de calor em regime transiente, onde apenas os dados de tempo - temperatura são necessários para o cálculo da difusividade térmica de alimentos.

A difusividade térmica determinada pelo método de Dickerson é expressa pela equação de transferência de calor em coordenadas cilíndricas, Equação IV-2.

$$\frac{1}{\alpha} \frac{\partial T}{\partial \theta} = \frac{\partial^2 T}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial T}{\partial r} \quad (\text{IV - 2})$$

Considerando que

$$\frac{\partial T}{\partial \theta} = A \quad (\text{IV-3})$$

onde A é a velocidade de aquecimento, constante em todos os pontos do cilindro.

$$\frac{\partial T}{\partial \theta} = A = \alpha \left[\frac{\partial^2 T}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial T}{\partial r} \right] \quad (\text{IV-4})$$

A Equação IV-4 pode ser re-escrita na forma:

$$\frac{d^2 T}{d r^2} + \frac{1}{r} \frac{d T}{d r} = \frac{A}{\alpha} \quad (\text{IV-5})$$

Como o gradiente de temperatura não tem uma significativa dependência com o tempo, a Equação IV-4 terá a seguinte forma:

As condições de contorno da Equação IV-5 são:

$$1. T=T_s \quad \Theta>0; r = R_C \quad (IV-6)$$

$$2. \quad \frac{\partial T}{\partial r} = 0 \quad \Theta>0; r = 0 \quad (IV-7)$$

Com as condições de contorno descritas:

$$T_s - T_C = \frac{A}{4\alpha} (R_C^2 - r^2) \quad (IV-8)$$

em que,

T_s - temperatura na superfície externo do cilindro, °C

T_C - temperatura no centro do cilindro, °C

A - velocidade de aquecimento, °C s⁻¹

R_C - raio interno do cilindro, m

α - difusividade térmica aparente, m²s⁻¹

Portanto, conhecendo-se a velocidade constante de aquecimento (A), o raio do cilindro (R_C), a diferença de temperatura ocorrida durante o experimento ($T_s - T_C$), que não varia com o tempo, é possível determinar a difusividade térmica aparente das sementes em um experimento, que tem curta duração quando comparada com os métodos estacionários, que necessitam alcançar o equilíbrio.

Alguns pesquisadores utilizaram a metodologia de DICKERSON (1965) para estudar a difusividade aparente de produtos biológicos, entre eles pode-se citar: MAGEE & RANSBURG (1995), trabalharam com batatas e farinha de trigo e encontraram valores de $1,44 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ e $1,04 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$, respectivamente; RIZVI et al. (1980), determinou a difusividade térmica aparente de uma mistura de proteína de soja, trigo e outras proteínas e encontraram um valor de $9,14 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$; respectivamente.

GAFFNEY et al. (1980), trabalhando com frutas e vegetais, fizeram uma revisão dos métodos para determinar a difusividade térmica, com suas possíveis fontes de erro nas condições assumidas em cada método e fizeram uma coletânea de dados de difusividade térmica existentes na literatura. Apresentaram valores da difusividade térmica de diferentes frutas e vegetais obtidos por vários autores. Comparando os valores para um dado produto, observou-se que variaram consideravelmente, com diferenças de 25% ou mais para a maioria dos produtos, chegando a 50% para a toronja, 78% para as batatas, 80% para a batata doce e 93% para a maçã.

HAYAKAWA & SUCCAR (1983) fizeram uma análise da equação de condução de calor e desenvolveram um método para determinar experimentalmente o valor da difusividade térmica de materiais sólidos homogêneos e de forma esférica. Este procedimento foi utilizado para determinar a difusividade térmica de tomates frescos que foi da ordem de $1,80 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$, a uma temperatura de 43 °C.

IV.3. MATERIAL E MÉTODOS

Para determinação da difusividade térmica aparente de sementes, baseada no método de Dickerson a partir da Equação IV-8, foi construído o esquema experimental mostrado na Figura IV.4.

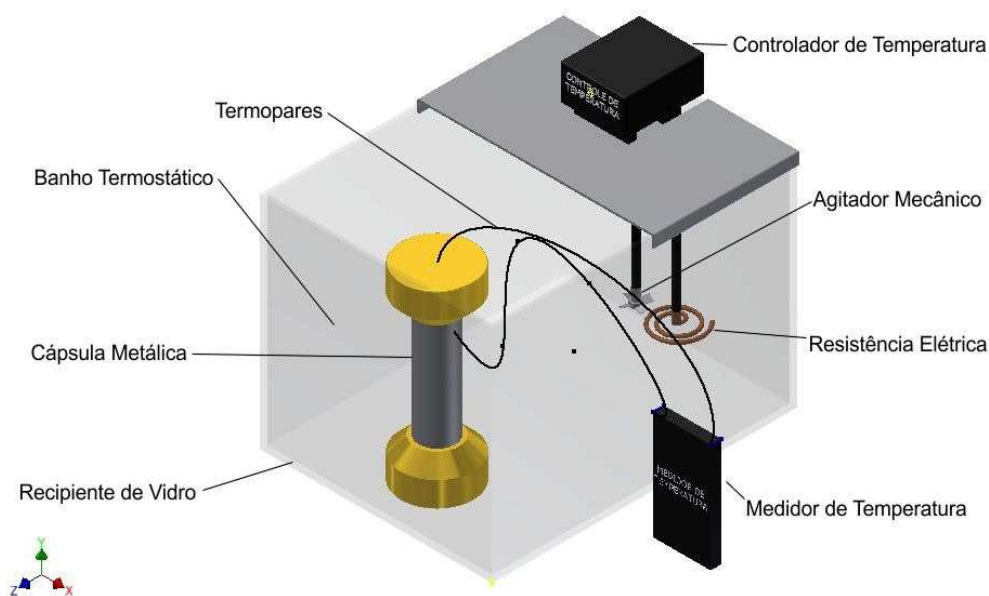


Figura IV.1 - Desenho esquemático do equipamento experimental para determinação da difusividade térmica aparente.

Na montagem do equipamento utilizou-se um cilindro de aço inox, contendo um termopar no centro e outro na superfície interna do cilindro, com os quais se obtém os valores da temperatura. As dimensões deste cilindro estão adequadas a definição de um cilindro infinito.

No procedimento experimental este cilindro é completamente preenchido com a massa de sementes, na temperatura que deseja-se medir a difusividade térmica.

O cilindro contendo a da massa de sementes é mergulhado na água onde a temperatura tem uma taxa constante de crescimento em todo volume. A taxa de crescimento da temperatura no ambiente aquoso é mantida uniforme com a agitação constante e permanente deste ambiente.

IV.3.1 Análise estatística

Os dados experimentais obtidos da difusividade térmica aparente foram submetidos à análise de regressão.

Os modelos matemáticos foram escolhidos com base na significância da equação, pelo teste F, e dos coeficientes de regressão, utilizando-se o teste t , a fim de se estabeleçam equações que representem as interações entre as variáveis analisadas.

IV.4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O estudo da difusividade térmica aparente das sementes de cajá, graviola, tamarindo e umbu foi realizado em duas etapas:

1. Estudou-se a dependência da difusividade térmica aparente em função do teor de água, na temperatura ambiente de $T = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$.
2. O estudo da difusividade térmica aparente foi realizado em função do teor de água e em ultra-baixas temperaturas (-45 , -100 e $-150\text{ }^{\circ}\text{C}$).

IV.4.1 Difusividade térmica na temperatura ambiente

Os valores experimentais e estimados da difusividade térmica aparente de sementes de cajá com a faixa de teor de água de 7,81 a 61,84% (b.u.), são apresentados na Figura IV.2.

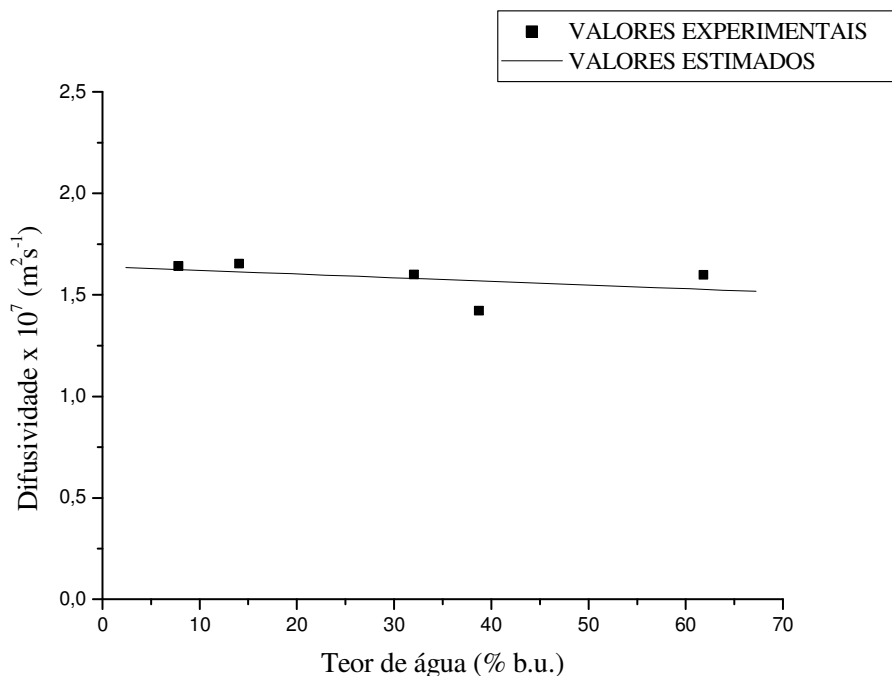


Figura IV.2 - Valores experimentais e estimados da difusividade térmica aparente de sementes de cajá em função do teor de água.

Os valores experimentais e estimados da difusividade térmica aparente de sementes de graviola com a faixa de teor de água de 7,32 a 31,5% (b.u.), são apresentados na Figura IV.3.

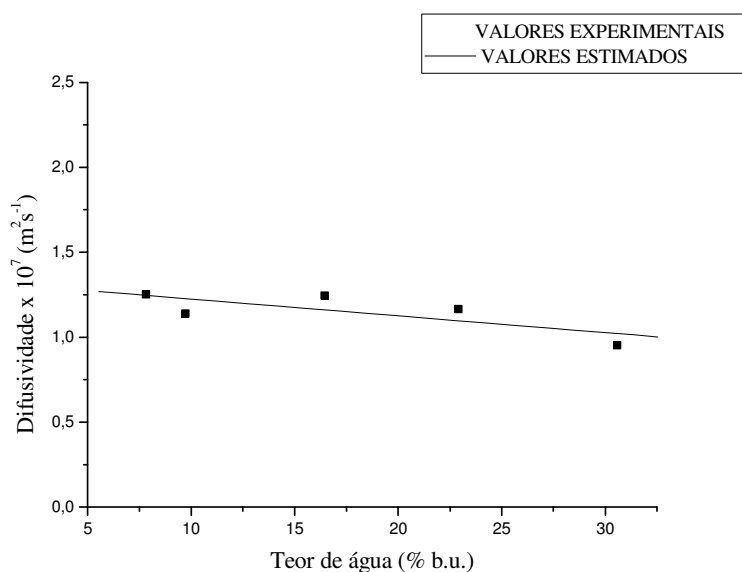


Figura IV.3 - Valores experimentais e estimados da difusividade térmica aparente de sementes de graviola em função do teor de água.

A Figura IV.4 apresenta os valores experimentais e estimados da difusividade térmica aparente de sementes de tamarindo com a faixa de teor de água de 5,89 a 33,5% (b.u.).

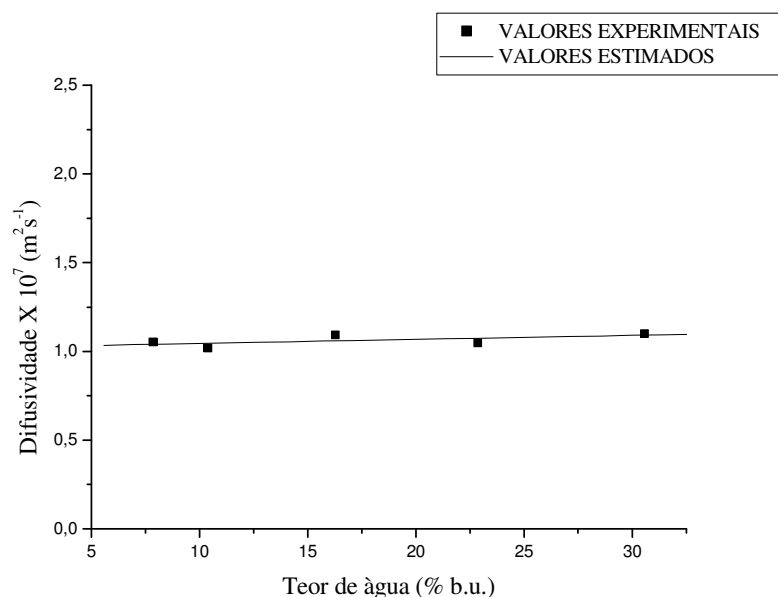


Figura IV.4 - Valores experimentais e estimados da difusividade térmica aparente de sementes de tamarindo em função do teor de água.

A Figura IV.5 apresenta os valores experimentais e estimados da difusividade térmica aparente de sementes de umbu com a faixa de teor de água de 5,32 a 37,5% (b.u.).

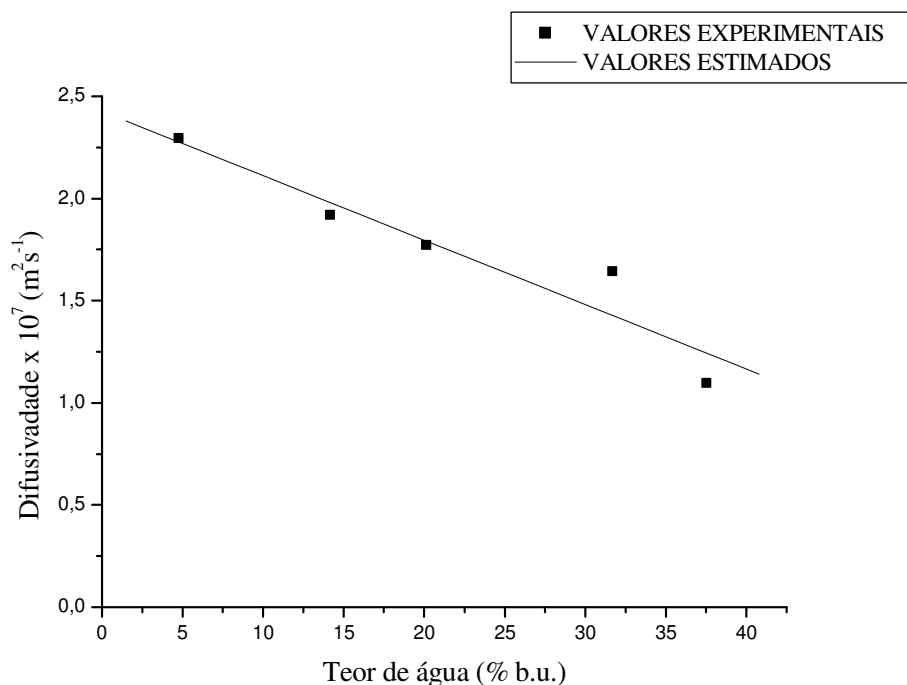


Figura IV.5 - Valores experimentais e estimados da difusividade térmica aparente de sementes de umbu em função do teor de água.

Os dados experimentais da difusividade térmica aparente de sementes de cajá, graviola, tamarindo e umbu em função do teor de água (b.u.) foram ajustados por meio de regressão linear.

O modelo linear representa satisfatoriamente os valores experimentais, sendo significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste t, apresentando um valor coerente do coeficiente de determinação (R^2).

Na Tabela IV.1 encontram-se as equações obtidas para estimar a difusividade térmica aparente de sementes de cajá, graviola, tamarindo e umbu em função do teor de água, com seus respectivos coeficientes de determinação.

Tabela IV.1 - Modelos para predição da difusividade térmica aparente de sementes em função do teor de água (b.u.).

Tipo de semente	Equação	R ²
Cajá	$\alpha = 1,639 - 1,811 \times 10^{-3} X$	0,8364
Graviola	$\alpha = 1,3236 - 9,891 \times 10^{-3} X$	0,9378
Tamarindo	$\alpha = 1,0226 + 22,262 \times 10^{-3} X$	0,8386
Umbu	$\alpha = 2,4282 - 31,571 \times 10^{-3} X$	0,9049

em que,

α - difusividade térmica aparente, $m^2 s^{-1}$

X - teor de água, % b.u.

Os valores da difusividade térmica aparente de sementes de cajá variaram entre 1,643 a $1,598 \times 10^{-7} m^2 s^{-1}$ para faixa de teor de água de 7,81 a 61,84% (b.u.); para sementes de graviola os valores variaram entre 1,253 a $0,952 \times 10^{-7} m^2 s^{-1}$ para faixa de teor de água de 7,82 a 30,58% (b.u.); para sementes de tamarindo os valores variaram entre 1,053 a $1,101 \times 10^{-7} m^2 s^{-1}$ para faixa de teor de água de 7,85 a 32,58% (b.u.); para sementes de umbu os valores variaram entre 2,295 a $1,095 \times 10^{-7} m^2 s^{-1}$ para faixa de teor de água de 4,78 a 37,52% (b.u.).

BORÉM et al. (2002), estudando semente de café cereja observaram que a difusividade térmica aparente varia de 3 a $1 \times 10^{-7} m^2 s^{-1}$ para teores de água de a 10 a 95% (b.s.); CORRÊA et al. (2005), estudando arroz em casca observaram que a difusividade térmica aparente varia de 0,78 a $0,65 \times 10^{-7} m^2 s^{-1}$ para teores de água de a 10,7 a 25,8% (b.s.); e RIBEIRO et al. (2007), estudando sementes de trigo observaram que a difusividade térmica aparente varia de 1,18 a $0,82 \times 10^{-7} m^2 s^{-1}$ para teores de água de a 10 a 25% (b.s.). A difusividade térmica aparente nestes trabalhos diminui linearmente com o aumento do teor de água.

O estudo da difusividade térmica aparente das sementes de cajá, graviola, tamarindo e umbu, em função do teor de água, tem resultado semelhantes a literatura citada, tanto na ordem dos valores quanto a dependência com o teor de água.

IV.4.2 Difusividade térmica em ultra-baixas temperaturas

O estudo da difusividade térmica aparente de sementes de cajá, graviola, tamarindo e umbu em função do teor de água foi realizado nas ultra-baixas temperaturas (-50; -100 e -150 °C).

IV.4.2.1. Semente de cajá

A difusividade térmica aparente de sementes de cajá, para os teores de água (b.u.) (6,05; 10,29; 16,05; 40,02 e 61,84%) e temperaturas (-50; -100 e -150 °C) são apresentados na Tabela IV.2.

Tabela IV.2. - Valores experimentais da difusividade térmica aparente de sementes de cajá com respectivos teores de água (b.u.) e temperaturas.

Teor de água (b.u.) %	Temperatura (°C)		
	-50	-100	-150
6,05	$0,874 \times 10^{-7}$	$0,765 \times 10^{-7}$	$0,712 \times 10^{-7}$
10,29	$0,867 \times 10^{-7}$	$0,759 \times 10^{-7}$	$0,707 \times 10^{-7}$
16,05	$0,852 \times 10^{-7}$	$0,753 \times 10^{-7}$	$0,705 \times 10^{-7}$
40,02	$0,791 \times 10^{-7}$	$0,742 \times 10^{-7}$	$0,701 \times 10^{-7}$
61,84	$0,769 \times 10^{-7}$	$0,736 \times 10^{-7}$	$0,693 \times 10^{-7}$

Os valores da difusividade térmica aparente em ultra-baixa temperaturas variaram entre $0,693 \times 10^{-7}$ a $0,874 \times 10^{-7} \text{ m}^2\text{s}^{-1}$, para faixa de teor de água de 6,05 a 61,84% (b.u.).

Os dados experimentais da difusividade térmica aparente de sementes de cajá em função do teor de água (b.u.), em ultra-baixa temperatura, foram ajustados por regressão linear.

Na Tabela IV.3 encontram-se as equações de ajuste obtidas para estimar a difusividade térmica aparente de sementes de cajá, em ultra-baixa temperatura, em função do teor de água, com seus respectivos coeficientes de determinação.

Tabela IV.3 - Modelos para predição da difusividade térmica aparente da massa de sementes de cajá em função do teor de água (b.u.).

Temperatura (°C)	Equação	R ²
-50	$\alpha = 0,8843 - 19,932 \times 10^{-4} X$	0,9855
-100	$\alpha = 0,7652 - 4,901 \times 10^{-4} X$	0,9675
-150	$\alpha = 0,7124 - 2,932 \times 10^{-4} X$	0,9694

em que,

α - difusividade térmica aparente, m²s⁻¹

X - teor de água, % b.u.

O modelo matemático obtido representa satisfatoriamente os valores experimentais, sendo significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste t de ANOVA.

Os valores experimentais e estimados da difusividade térmica aparente em ultra-baixa temperaturas de sementes de cajá em função do teor de água (b.u.), são apresentados na Figura IV.6.

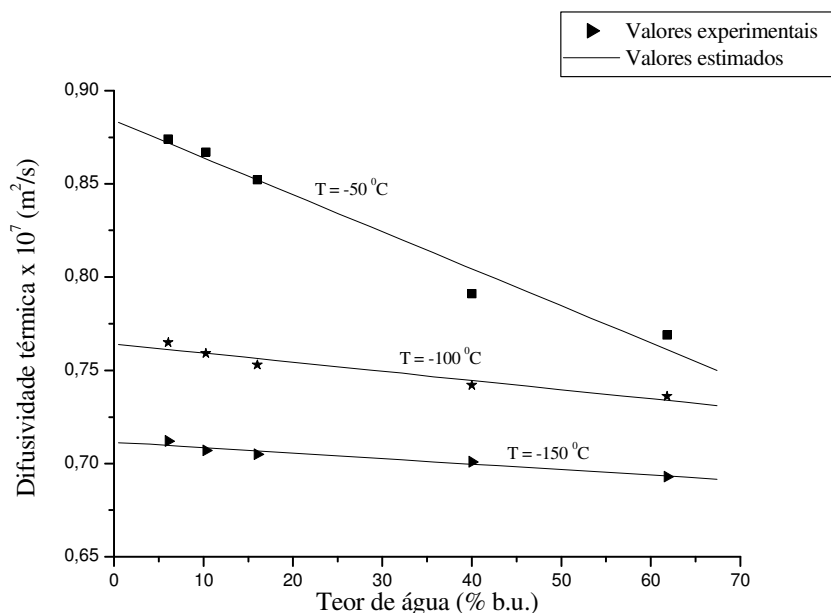


Figura IV.6 - Valores experimentais e estimados da difusividade térmica aparente de sementes de cajá em função do teor de água.

Os valores experimentais e estimados da difusividade térmica aparente de sementes de cajá em função de ultra-baixas temperaturas, nos teores de água estudados são apresentados na Figura IV.7.

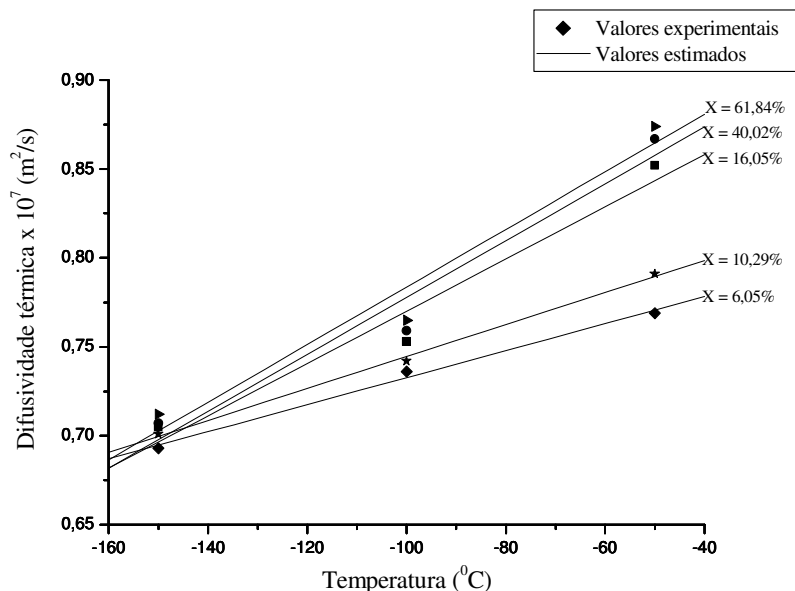


Figura IV.7 - Valores experimentais e estimados da difusividade térmica aparente de sementes de cajá em função da temperatura.

As equações de ajuste obtidas para estimar a difusividade térmica aparente de sementes de cajá, em função da ultra-baixa temperatura, para os teores de água estudados, com seus respectivos coeficientes de determinação, encontram-se na Tabela IV.4.

Tabela IV.4 - Modelos para predição da difusividade térmica aparente de sementes de cajá em função da ultra-baixa temperatura.

Teor de água (b.u.) %	Equação	R ²
7,81	$\alpha = 0,9377 + 3,231 \times 10^{-4} T$	0,9802
14,04	$\alpha = 0,8087 + 7,623 \times 10^{-4} T$	0,9971
32,06	$\alpha = 0,8347 + 9,034 \times 10^{-4} T$	0,9987
40,02	$\alpha = 0,9172 + 14,261 \times 10^{-4} T$	0,9805
61,84	$\alpha = 0,9457 + 16,214 \times 10^{-4} T$	0,9807

IV.4.2.2. Semente de graviola

A difusividade térmica aparente de sementes de graviola, para os teores de água (b.u.) (7,32; 11,46; 14,62; 17,60 e 19,52%) e temperaturas (-50; -100 e -150°C) são apresentados na Tabela IV.5.

Tabela IV.5 - Valores experimentais da difusividade térmica aparente de sementes de graviola com respectivos teores de água (b.u.) e temperaturas.

Teor de água (b.u.) %	Temperatura (°C)		
	-50	-100	-150
7,32	$0,5941 \times 10^{-7}$	$0,5671 \times 10^{-7}$	$0,5316 \times 10^{-7}$
11,46	$0,5215 \times 10^{-7}$	$0,4794 \times 10^{-7}$	$0,4862 \times 10^{-7}$
14,62	$0,4686 \times 10^{-7}$	$0,4425 \times 10^{-7}$	$0,4367 \times 10^{-7}$
17,60	$0,4237 \times 10^{-7}$	$0,4153 \times 10^{-7}$	$0,4012 \times 10^{-7}$
19,52	$0,3951 \times 10^{-7}$	$0,3876 \times 10^{-7}$	$0,3691 \times 10^{-7}$

Os valores da difusividade térmica aparente em ultra-baixa temperaturas variaram entre $0,369 \times 10^{-7}$ a $0,594 \times 10^{-7} \text{ m}^2\text{s}^{-1}$, para faixa de teor de água de 7,32 a 19,52% (b.u.).

Os dados experimentais da difusividade térmica aparente de sementes de graviola em função do teor de água (b.u.), em ultra-baixa temperatura, foram ajustados por regressão linear.

Na Tabela IV.6 encontram-se as equações de ajuste obtidas para estimar a difusividade térmica aparente de sementes de graviola, em ultra-baixa temperatura, em função do teor de água, com seus respectivos coeficientes de determinação.

Tabela IV.6 - Modelos para predição da difusividade térmica aparente da massa de sementes de graviola em função do teor de água (b.u.).

Temperatura (°C)	Equação	R ²
-50	$\alpha = 0,7106 - 1,631 \times 10^{-2} X$	0,9993
-100	$\alpha = 0,6570 - 1,408 \times 10^{-2} X$	0,9849
-150	$\alpha = 0,6331 - 1,334 \times 10^{-2} X$	0,9978

em que,

α - difusividade térmica aparente, m^2s^{-1}

X - teor de água, % b.u.

O modelo matemático obtido representa satisfatoriamente os valores experimentais, sendo significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste t de ANOVA.

Os valores experimentais e estimados da difusividade térmica aparente em ultra-baixa temperaturas de sementes de graviola em função do teor de água (b.u.), são apresentados na Figura IV.8.

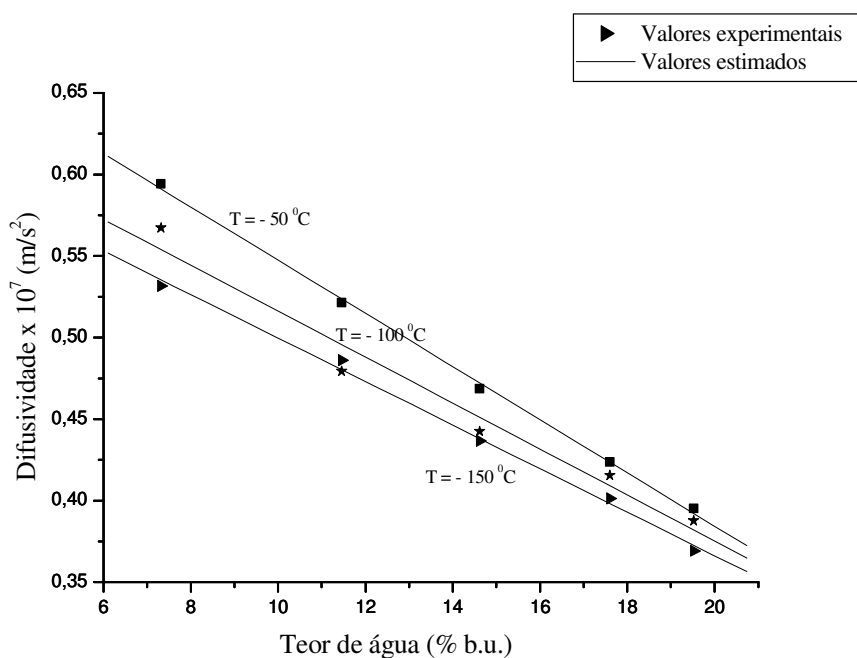


Figura IV.8 - Valores experimentais e estimados da difusividade térmica aparente de sementes de graviola em função do teor de água.

Os valores experimentais e estimados da difusividade térmica aparente de sementes de graviola em função de ultra-baixas temperaturas, nos teores de água estudados são apresentados na Figura IV.9.

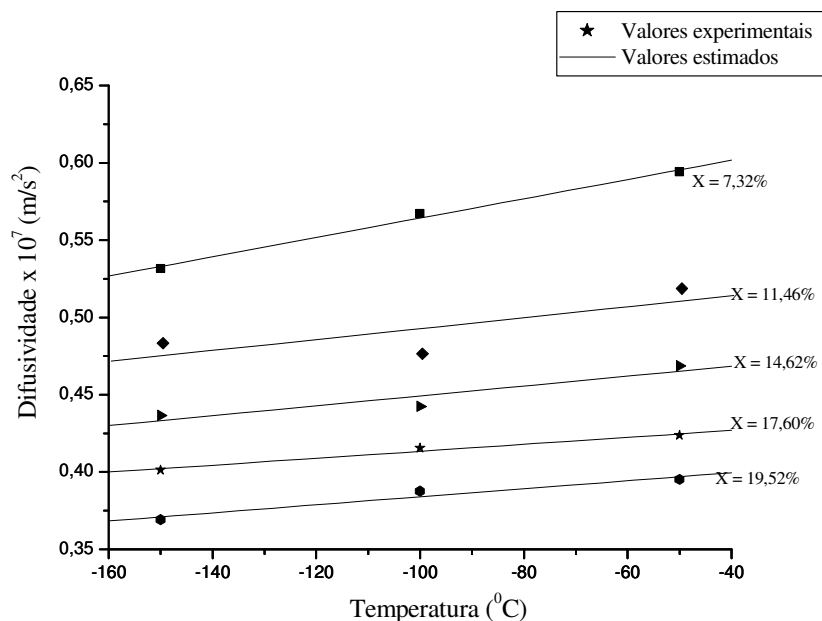


Figura IV.9 - Valores experimentais e estimados da difusividade térmica aparente de sementes de graviola em função da temperatura.

As equações de ajuste obtidas para estimar a difusividade térmica aparente de sementes de graviola, em função da ultra-baixa temperatura, para os teores de água estudados, com seus respectivos coeficientes de determinação, encontram-se na Tabela IV.7.

Tabela IV.7 - Modelos para predição da difusividade térmica aparente de sementes de graviola em função da ultra-baixa temperatura.

Teor de água (b.u.) %	Equação	R ²
7,32	$\alpha = 0,6272 + 6,252 \times 10^{-4} T$	0,9969
11,46	$\alpha = 0,5311 + 3,533 \times 10^{-4} T$	0,7895
14,62	$\alpha = 0,4823 + 3,194 \times 10^{-4} T$	0,9387
17,60	$\alpha = 0,4364 + 2,252 \times 10^{-4} T$	0,9895
19,52	$\alpha = 0,4113 + 2,611 \times 10^{-4} T$	0,9715

em que,

α - difusividade térmica aparente, m²s⁻¹

T - temperatura, °C

IV.4.2.3. Semente de tamarindo

A difusividade térmica aparente de sementes de tamarindo, para os teores de água (b.u.) (5,89; 12,34; 14,67; 19,50 e 33,50%) e temperaturas (-50; -100 e -150°C) são apresentados na Tabela IV.8.

Tabela IV.8 - Valores experimentais da difusividade térmica aparente de sementes de tamarindo com respectivos teores de água (b.u.) e temperaturas.

Teor de água (b.u.) %	Temperatura (°C)		
	-50	-100	-150
5,89	$0,5161 \times 10^{-7}$	$0,5271 \times 10^{-7}$	$0,5491 \times 10^{-7}$
12,34	$0,4593 \times 10^{-7}$	$0,4694 \times 10^{-7}$	$0,5039 \times 10^{-7}$
14,67	$0,4194 \times 10^{-7}$	$0,4343 \times 10^{-7}$	$0,4507 \times 10^{-7}$
19,50	$0,3973 \times 10^{-7}$	$0,4117 \times 10^{-7}$	$0,4392 \times 10^{-7}$
33,50	$0,3712 \times 10^{-7}$	$0,3972 \times 10^{-7}$	$0,4027 \times 10^{-7}$

Os valores da difusividade térmica aparente em ultra-baixa temperaturas variaram entre $0,371 \times 10^{-7}$ a $0,549 \times 10^{-7} \text{ m}^2\text{s}^{-1}$, para faixa de teor de água de 33,50 a 5,89% (b.u.).

Os dados experimentais da difusividade térmica aparente de sementes de tamarindo em função do teor de água (b.u.), em ultra-baixa temperatura, foram ajustados por regressão linear.

Na Tabela IV.9 encontram-se as equações de ajuste obtidas para estimar a difusividade térmica aparente de sementes de tamarindo, em ultra-baixa temperatura, em função do teor de água, com seus respectivos coeficientes de determinação.

Tabela IV.9 - Modelos para predição da difusividade térmica aparente da massa de sementes de tamarindo em função do teor de água (b.u.).

Temperatura (°C)	Equação	R ²
-50	$\alpha = 0,5177 - 4,952 \times 10^{-3} X$	0,9033
-100	$\alpha = 0,5231 - 4,373 \times 10^{-3} X$	0,8714
-150	$\alpha = 0,5564 - 5,081 \times 10^{-3} X$	0,9137

em que,

α - difusividade térmica aparente, m^2s^{-1}

X - teor de água, % b.u.

O modelo matemático obtido representa satisfatoriamente os valores experimentais, sendo significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste t de ANOVA.

Os valores experimentais e estimados da difusividade térmica aparente em ultra-baixa temperaturas de sementes de tamarindo em função do teor de água (b.u.), são apresentados na Figura IV.10.

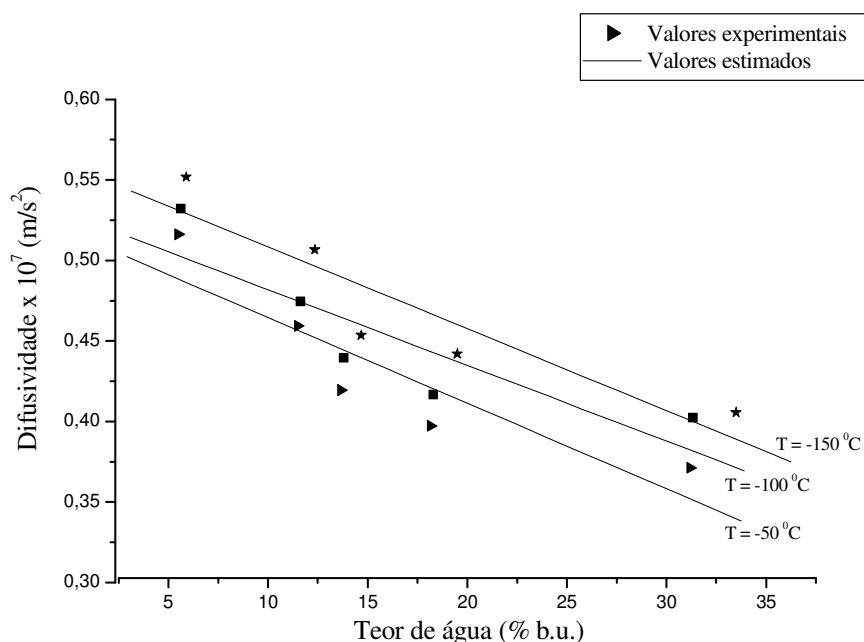


Figura IV.10 - Valores experimentais e estimados da difusividade térmica aparente de sementes de tamarindo em função do teor de água.

Os valores experimentais e estimados da difusividade térmica aparente de sementes de tamarindo em função de ultra-baixas temperaturas, nos teores de água estudados são apresentados na Figura IV.11.

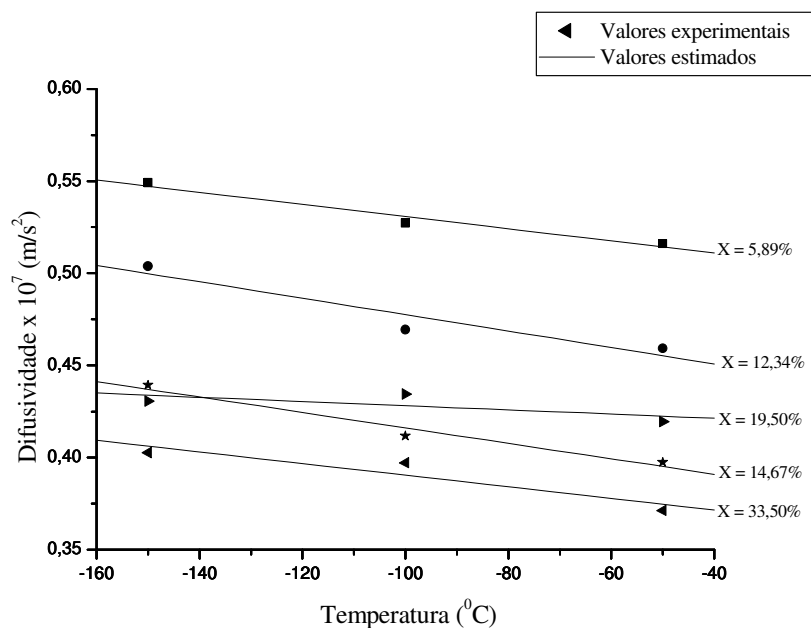


Figura IV.11 - Valores experimentais e estimados da difusividade térmica aparente de sementes de tamarindo em função da temperatura.

As equações de ajuste obtidas para estimar a difusividade térmica aparente de sementes de tamarindo, em função da ultra-baixa temperatura, para os teores de água estudados, com seus respectivos coeficientes de determinação, encontram-se na Tabela IV.10.

Tabela IV.10 - Modelos para predição da difusividade térmica aparente de sementes de tamarindo em função da ultra-baixa temperatura.

Teor de água (b.u.) %	Equação	R ²
5,89	$\alpha = 0,4978 - 3,312 \times 10^{-4} T$	0,9821
12,34	$\alpha = 0,4329 - 4,525 \times 10^{-4} T$	0,9536
14,67	$\alpha = 0,4168 - 1,109 \times 10^{-4} T$	0,7267
19,50	$\alpha = 0,3742 - 4,216 \times 10^{-4} T$	0,9841
33,50	$\alpha = 0,3589 - 3,201 \times 10^{-4} T$	0,9715

em que,

α - difusividade térmica aparente, m²s⁻¹

T - temperatura, °C

IV.4.2.4. Semente de umbu

A difusividade térmica aparente de sementes de umbu, para os teores de água (b.u.) (5,32; 10,10; 14,83; 22,50 e 33,50%) e temperaturas (-50; -100 e -150°C) são apresentados na Tabela IV.11.

Tabela IV.11 - Valores experimentais da difusividade térmica aparente de sementes de umbu com respectivos teores de água (b.u.) e temperaturas.

Teor de água (b.u.) %	Temperatura (°C)		
	-50	-100	-150
5,32	$0,7066 \times 10^{-7}$	$0,5678 \times 10^{-7}$	$0,5356 \times 10^{-7}$
10,10	$0,7497 \times 10^{-7}$	$0,6015 \times 10^{-7}$	$0,5696 \times 10^{-7}$
14,83	$0,7724 \times 10^{-7}$	$0,6712 \times 10^{-7}$	$0,6008 \times 10^{-7}$
22,50	$0,8106 \times 10^{-7}$	$0,6971 \times 10^{-7}$	$0,6498 \times 10^{-7}$
33,50	$0,8392 \times 10^{-7}$	$0,7123 \times 10^{-7}$	$0,6972 \times 10^{-7}$

Os valores da difusividade térmica aparente em ultra-baixa temperaturas variaram entre $0,5356 \times 10^{-7}$ a $0,8392 \times 10^{-7} \text{ m}^2\text{s}^{-1}$, para faixa de teor de água de 5,32 a 33,50 % (b.u.).

Os dados experimentais da difusividade térmica aparente de sementes de umbu em função do teor de água (b.u.), em ultra-baixa temperatura, foram ajustados por regressão linear.

Na Tabela IV.12 encontram-se as equações de ajuste obtidas para estimar a difusividade térmica aparente de sementes de umbu, em ultra-baixa temperatura, em função do teor de água, com seus respectivos coeficientes de determinação.

Tabela IV.12 - Modelos para predição da difusividade térmica aparente da massa de sementes de umbu em função do teor de água (b.u.).

Temperatura (°C)	Equação	R ²
-50	$\alpha = 0,6972 + 4,552 \times 10^{-3} X$	0,9774
-100	$\alpha = 0,5609 + 5,173 \times 10^{-3} X$	0,9146
-150	$\alpha = 0,5114 + 5,752 \times 10^{-3} X$	0,9943

em que,

α - difusividade térmica aparente, m^2s^{-1}

X - teor de água, % b.u.

O modelo matemático obtido representa satisfatoriamente os valores experimentais, sendo significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste t de ANOVA.

Os valores experimentais e estimados da difusividade térmica aparente em ultra-baixa temperaturas de sementes de umbu em função do teor de água (b.u.), são apresentados na Figura IV.12.

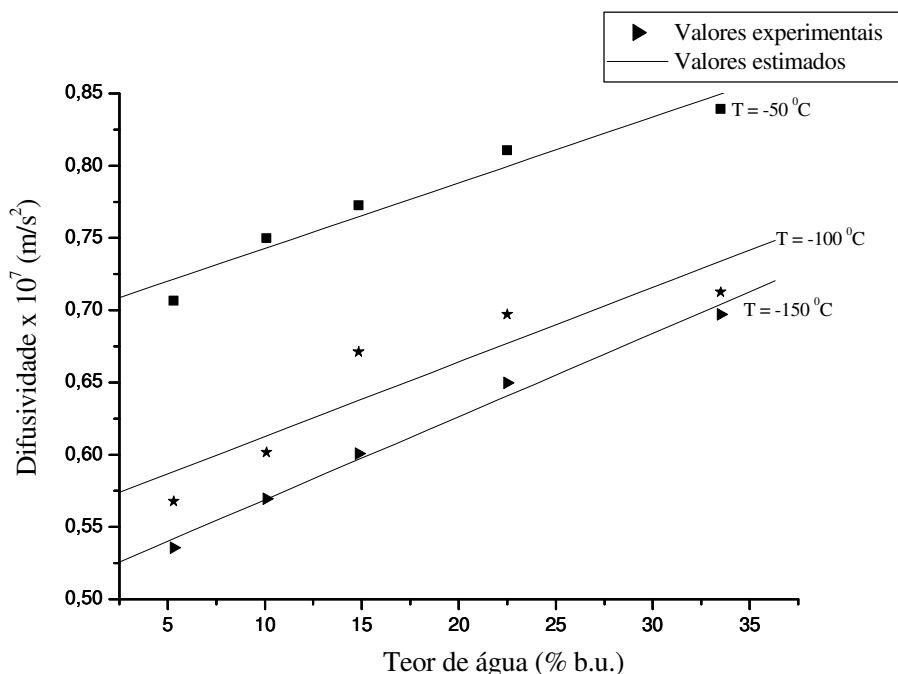


Figura IV.12 - Valores experimentais e estimados da difusividade térmica aparente de sementes de umbu em função do teor de água.

Os valores experimentais e estimados da difusividade térmica aparente de sementes de umbu em função de ultra-baixas temperaturas, nos teores de água estudados são apresentados na Figura IV.13.

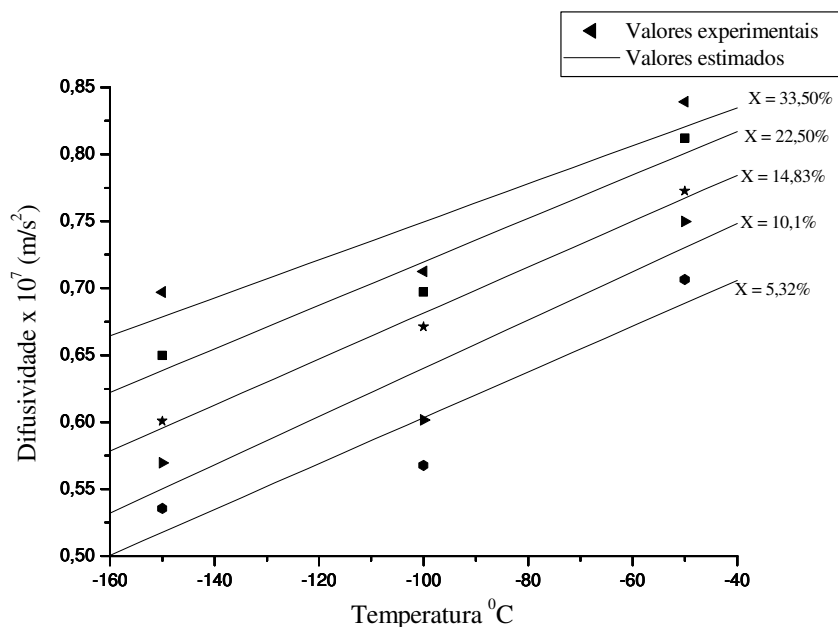


Figura IV.13 - Valores experimentais e estimados da difusividade térmica aparente de sementes de umbu em função da temperatura.

As equações de ajuste obtidas para estimar a difusividade térmica aparente de sementes de umbu, em função da ultra-baixa temperatura, para os teores de água estudados, com seus respectivos coeficientes de determinação, encontram-se na Tabela IV.13.

Tabela IV.13 - Modelos para predição da difusividade térmica aparente de sementes de tamarindo em função da ultra-baixa temperatura.

Teor de água (b.u.) %	Equação	R ²
5,32	$\alpha = 0,7743 + 1,714 \times 10^{-3} T$	0,9409
10,10	$\alpha = 0,8204 + 1,804 \times 10^{-3} T$	0,9371
14,83	$\alpha = 0,8531 + 1,723 \times 10^{-3} T$	0,9947
22,50	$\alpha = 0,8819 + 1,621 \times 10^{-3} T$	0,9722
33,50	$\alpha = 0,8916 + 1,422 \times 10^{-3} T$	0,9104

em que,

α - difusividade térmica aparente, m²s⁻¹

T - temperatura, °C

Não há na literatura trabalhos sobre difusividade térmica aparente de produtos agrícolas em ultra-baixas temperaturas que pudessem proporcionar uma análise comparativa.

A inexistência na literatura especializada de estudos sobre a difusividade térmica aparente de produtos agrícolas em ultra-baixas temperaturas e especificamente de sementes de frutas tropicais, impossibilita um estudo comparativo dos resultados obtidos e das conclusões construídas neste trabalho de pesquisa experimental.

Mesmo com esta limitação, a análise estatística dos resultados obtidos, nos leva a concluir que os resultados foram satisfatórios, levando a conclusões confiáveis sobre o comportamento da difusividade térmica aparente das sementes das frutas tropicais de cajá, graviola, tamarindo e umbu, em ultra - baixas temperaturas.

Segundo os resultados que foram obtidos para sementes de cajá, graviola, tamarindo e umbu, a difusividade térmica aparente varia linearmente com o teor de água e com a ultra-baixa temperatura. Resultado análogo foi observada na temperatura ambiente.

IV.5. CONCLUSÕES

A difusividade térmica aparente tanto na temperatura ambiente quanto em ultra-baixas temperaturas depende das características físicas e biológicas das sementes.

Na temperatura ambiente:

1. A difusividade térmica aparente das sementes de cajá, graviola e tamarindo diminui linearmente com o aumento do teor de água. Enquanto a semente de umbu aumenta linearmente com o aumento do teor de água;
2. A variação da difusividade térmica aparente das sementes estudadas, é pouco sensível com relação ao teor de água.

Em ultra-baixas temperaturas:

1. A difusividade térmica aparente das sementes de cajá, graviola e tamarindo diminuem linearmente com o aumento do teor de água. Enquanto a semente de tamarindo aumenta linearmente com o aumento da teor de água;
2. A difusividade térmica aparente das sementes de cajá, graviola e tamarindo aumenta linearmente com o aumento da temperatura. Enquanto a semente de tamarindo diminui linearmente;
3. A variação da difusividade térmica aparente das sementes estudadas é mais sensível as alterações do teor de água do que da temperatura.

IV.6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, E. T.; COUTO, S. M.; QUEIROZ, D. M.; PEIXOTO, A. B. Determinação de propriedades térmicas de grãos de milho. **Ciência Agrotecnologia**, Lavras, v.28, n.3, p.488-498, 2004.

BORÉM, F. M.; RIBEIRO, R. C. M. S.; CORRÊA, P. C.; PEREIRA, R. G. F. A. Propriedades térmicas de cinco variedades de café cereja descascado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.6, n.3, p.475-480, 2002.

BRASIL. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para análise de alimentos**, 2005.

CORRÊA, P. C.; RIBEIRO, D. M.; RESENDE, O.; HENRIQUES, D. R.; DUARTE A. L. Forma, tamanho e contração volumétrica do feijão. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.7, n.1, p.15-24, 2005.

DICKERSON, R. W. An apparatus for the measurement of thermal diffusivity of foods. **Food Technology**, Chicago, p.198-204, 1965.

GAFFNEY, J. J.; BAIRI, C. D.; ESILLEMAN, W. D. Review and analysis of transient method for determining thermal diffusivity of fruits and vegetables. **American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineers INC-Transactions**. v.86, p.261-280, 1980.

HAYAKAWA, K.; SUCCAR, J. A method for determining the apparent thermal diffusivity of sphere foods. **Lebensm. Wiss. u. Tech**, v.16, p.373-375, 1983.

HAYES, C. Thermal diffusivity of papaya fruit. **Journal of Food Science**, v.49, n.4, p.1219-1221, 1984.

INCROPERA, F. P.; DEWITT, D. P. **Fundamentos de transferência de calor e de massa**. Rio de Janeiro: LTC - Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 5ª edição, 2003. 691p.

KAZARIAN, S. G.; CAMMARATA L.; SALTERB, P. A.; WELTONB, T. **Molecular states of water in room temperature ionic liquids**. Received 31st July 2001, Accepted 3rd October 2001 First published as an Advance Article on the web.

MAGEE, T. R. A.; BRANSBURG, T. Measurement of thermal diffusivity of potato, malt bread and wheat flour. **Journal of Food Engineering**, Great Britain, v.25, p.223-323, 1995.

PABIS, S.; JAYAS, D. S.; CENKOWSKI, S. Grain drying. New York: **J. Wiley & Sons**, 1988. 303 p.

RIBEIRO, D. M.; CORREA, P. C.; RESENDE O; BOTELHO F. M. Propriedades térmicas de grãos de trigo: Determinação e modelagem. **Ciência Agrotecnologia**, Lavras, v.31, n.2, p.462-467, 2007.

RIEDEL, L. Measurements of thermal diffusivity of foodstuffs in water. **Kaltetechnik-Klimatisierung**, v.21, n.11, p.315, 1969.

RIZVI, W. S. H.; BLAISDELL; HARPER, W. J. Thermal diffusivity of model meat analog systems. **Journal of Food Science**, v.45, 1980.

SUBRAMANIAN, S.; VISWANATHAN, R. Thermal properties of minor millet grains and flours. **Biosystems Engineering**, [S.l.], v.84, n.3, p.289-296, 2003.

PROPRIEDADES TERMOFÍSICAS DE SEMENTES DE FRUTAS TROPICAIS

CAPÍTULO V

ANÁLISE DA CORRELAÇÃO ENTRE AS PROPRIEDADES TERMOFÍSICAS

PROPRIEDADES TERMOFÍSICAS DE SEMENTES DE FRUTAS TROPICAIS**CAPÍTULO V****ANÁLISE DA CORRELAÇÃO ENTRE AS PROPRIEDADES TERMOFÍSICAS****RESUMO**

O trabalho apresentado neste capítulo tem como objetivo o estudo da correlação entre as metodologias utilizadas na determinação das propriedades termofísicas: massa específica aparente, calor específico aparente, condutividade térmica aparente e difusividade térmica aparente de sementes das frutas tropicais cajá, graviola, tamarindo e umbu, na temperatura ambiente e em ultra-baixas temperaturas (-45, -100 e -150 °C). Avaliando os dados obtidos para diferentes teores de água e temperatura. Foram estudadas sementes, com a faixa de teor de água variando de 7,32 a 61,84% (b.u.) cajá; 7,32 a 19,6% (b.u.) graviola; 5,89 a 33,5% (b.u.) tamarindo e de 5,32 a 33,50% (b.u.) umbu, submetidas à secagem à temperatura de 40 °C. A redução do teor de água ao longo da secagem foi acompanhada pelo método gravimétrico (perda de massa).

Palavras-chave: *Spondias lutea*, *Anona muricata*, *Tamarindus indica*, *Spondias tuberosa*, correlação e propriedades termofísicas.

ABSTRACT

The work presented in this chapter aims to study the correlation between the methodology used in determining the thermophysical properties: bulk density, apparent specific heat, thermal conductivity and thermal diffusivity apparent seeds of tropical fruits, caja, soursop, tamarind and umbu, at room temperature and ultra-low temperatures (-45, -100 and -150 °C). Evaluating the data obtained for different moisture and temperature. Seeds were studied, with the range of moisture from 7.32 to 61.84% (wb) caja; 7.32 to 19.6% (wb) soursop, 5.89 to 33.5% (wb) tamarind and 5.32 to 33.50% (wb) umbu, submitted to drying at a temperature of 40 °C. The reduction of moisture along the drying was followed by gravimetric method (weight loss).

Index terms: *Spondias lutea*, *Annona muricata*, *Tamarindus indica*, *Spondias tuberosa*, correlation and thermophysical properties.

CAPÍTULO V

ANÁLISE DA CORRELAÇÃO ENTRE AS PROPRIEDADES TERMOFÍSICAS

V. 1 INTRODUÇÃO

O pesquisador além de construir um arranjo experimental que seja capaz de determinar a propriedade termofísica desejada, é importante, que construa/elabore um modelo matemático que descreva com fidelidade o fenômeno físico, a partir do qual, a propriedade termofísica é determinada.

Desta forma, com o correto modelo matemático que descreva com fidelidade o fenômeno físico estudado, o pesquisador é capaz de ter uma referência comparativa para avaliar os resultados obtidos experimentalmente, dos quais, muitas vezes, não existem similares na literatura especializada.

Portanto, o estudo, a elaboração e a análise do modelo matemático que descreve o fenômeno físico, deve anteceder a construção do esquema experimental.

As propriedades termofísicas, massa específica aparente, calor específico aparente, condutividade térmica aparente e difusividade térmica aparente, das sementes de frutas tropicais cajá, graviola, tamarindo e umbu, foram estudadas experimentalmente em função do teor de água (b.u.), na temperatura ambiente, em torno de 25 °C, e em ultra-baixas temperaturas (-45, -100 e -150 °C).

Os princípios metodológicos para determinação destas propriedades termofísicas na temperatura ambiente, seguiu os procedimentos de metodologias existentes na literatura especializada. Em ultra-baixas temperatura fez-se necessários buscar formas e procedimentos para que os princípios metodológicos seguidos, não violassem os modelos físicos que descrevem o fenômeno, a partir do qual, a propriedade termofísica é determinada.

Os erros sistemáticos das montagens experimentais utilizadas na determinação das propriedades termofísicas foram minimizados a partir de uma rígida análise da metodologia utilizada e da análise do princípio físico, que descreve o fenômeno físico, utilizado para a determinação da propriedade termofísica.

Os erros acidentais foram minimizados pela criteriosa obtenção dos dados e com a repetição das medidas.

Os erros sistemáticos, mesmo minimizados, estão presentes nos esquemas experi -

mentais utilizados para obtenção da massa específica aparente, calor específico aparente, condutividade térmica aparente e da difusividade térmica aparente, apesar destes esquemas experimentais terem sido construídos seguindo com fidelidade o modelo matemático que descreve o fenômeno físico, a partir do qual foi obtida a propriedade termofísica. Como também, estão presentes erros acidentais que ocorrem durante a obtenção dos dados experimentais.

Na temperatura ambiente há estudos das propriedades termofísicas de alguns grãos agrícolas (arroz em casca, café, milho pipoca e trigo), como também de alguns produtos biológicos (polpa de cajá e polpa de manga). Estes estudos proporcionaram uma avaliação comparativa com os resultados obtidos neste trabalho. Entretanto, não constatamos estudos das propriedades termofísicas de sementes de frutas tropicais.

Na literatura especializada inexistem trabalhos sobre a determinação das propriedades termofísicas de produtos agrícolas em ultra-baixas temperatura, a fim de que pudesse ser possível uma avaliação comparativa dos dados obtidos e da metodologia seguida.

A necessidade de avaliar os procedimentos experimentais utilizados na determinação das propriedades termofísicas (massa específica aparente, calor específico aparente, condutividade térmica aparente e da difusividade térmica aparente) das sementes de frutas tropicais cajá, graviola, tamarindo e umbu, motivou o estudo apresentado neste capítulo sobre a análise da correlação entre os resultados obtidos.

V.2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Dos muitos dados relacionados com propriedades termofísicas de produtos agrícolas, poucos podem ser considerados confiáveis. A maioria dos valores encontrados na literatura não inclui a faixa de validade. Uma informação precisa deve incluir descrição detalhada do produto, da temperatura e dos erros envolvidos nas medidas. Essa descrição deveria incluir o cultivar, o tamanho individual dos grãos, maturidade e pré-tratamentos nas amostras. No detalhamento experimental, deveriam ser incluídos o tamanho de amostra, condições de superfície, porosidade, temperatura, umidade relativa, pressão atmosférica e procedimento de amostragem. Na descrição do equipamento usado para as determinações, deveriam conter detalhes suficientes, de forma que a experiência pudesse ser repetida. Comparações de fórmulas matemáticas publicadas por diferentes autores mostram que os valores estimados para o calor específico do trigo podem variar em 15% (ANDRADE et. al 2004).

O modelamento da transferência de calor em produtos agrícolas requer o conhecimento de suas propriedades termofísicas. São poucas, entretanto, as informações disponíveis sobre as propriedades físicas dos produtos agrícolas produzidos no Brasil. Essa deficiência explica a utilização muito restrita de técnicas de modelagem físico-matemática, tanto para o processamento de produto agrícolas e alimentícios quanto para a elaboração de projetos (SOARES, 1988).

A Equação V-1 relaciona as propriedades termofísicas, massa específica, calor específico, condutividade térmica e difusividade térmica. Desta forma, conhecendo-se os dados experimentais de três propriedades termofísicas é possível calcular-se a quarta propriedade termofísica.

$$\alpha = \frac{k}{\rho C_p} \quad (\text{V-1})$$

em que

k - condutividade térmica, $\text{W m}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

α - difusividade térmica, m^2s^{-1}

ρ - massa específica, kg m^{-3}

C_p - calor específico a pressão constante, $\text{J kg}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

Vários pesquisadores tem seguido este procedimento, sem considerar o intervalo estatístico de validade da propriedade termofísica obtida experimentalmente, ou seja, consideram o valor medido experimentalmente como o único valor correto, como também, relacionam propriedade termofísica aparente e propriedade termofísica real utilizando a Equação V-1.

Dentre estes pesquisadores citam-se: AFONSO JÚNIOR et al. (2002), calcularam a difusividade térmica de sementes e frutos de café; BORÉM et al. (2002), calcularam a difusividade térmica de cinco variedades de café; SILVA et al. (2002), calcularam a condutividade térmica do fruto cajá; LIMA et al. (2003), calcularam a condutividade térmica da polpa de umbu; RIBEIRO et al. (2007), calcularam a difusividade térmica de grãos de trigo e KOUCHAKZADEH & TAVAKOLI (2010), calcularam o calor específico de Iranian Pistachios.

Este procedimento leva a obtenção de resultados equivocados, sem nenhuma análise dos erros acumulados durante o procedimento experimental, pois os erros são camuflados no cálculo da quarta propriedade termofísica a partir da Equação V-1. Mesmo assim, os resultados obtidos são considerados como corretos.

A existência de erros sistemáticos e os erros acidentais nos procedimentos de laboratórios e, considerando-se que a Equação V-1 pode ser corretamente utilizada nos intervalos de temperatura e teores de água, nos quais as propriedades termofísicas são estudadas, faz-se necessário uma análise dos erros acumulados durante a obtenção dos dados experimentais, e uma análise da confiabilidade do resultado obtido a partir da Equação V-1.

V.3. MATERIAL E MÉTODOS

Na determinação da massa específica aparente, segundo o procedimento experimental descrito no Capítulo II, há erros sistemáticos que ocorrem devido a forma das sementes não serem uniformes, portanto, lotes distintos de sementes ocupando o mesmo volume, terão massas diferentes.

O calor específico aparente determinado conforme metodologia descrita no Capítulo II, há erros sistemáticos inerentes ao procedimento que mesmo minimizados continuam influenciando nos resultados obtidos, tais como: o sistema não é adiabático, portanto uma fração de energia é perdida para o meio ambiente; há energia adicionada ao sistemas quando o mesmo é agitado. Estes fatos não são considerados no balanço de energia.

Para determinação da condutividade térmica aparente faz-se necessário medir a temperatura nos pontos onde estão colocados os termopares, independente da forma como esta temperatura é alcançada. É importante lembrar que o procedimento seguido neste trabalho, para obtenção das temperaturas, com as quais a condutividade térmica aparente é calculada, segue o modelo matemático em coordenadas cilíndricas, considerando o cilindro infinito, ou seja a condução de calor é apenas radial. Há erro sistemático quando considera-se o cilindro infinito, pois o material da base e da tampa não é um isolante térmico perfeito.

Na determinação da difusividade térmica aparente seguiu-se o método proposto por DICKERSON (1965), que supõe o cilindro infinito, levando ao erro sistemático inerente a tal suposição.

Além dos erros sistemáticos inerentes as montagens experimentais utilizadas na determinação das propriedades termofísicas, há o erro sistemático ao considerar-se que o teor de água não varia durante a realização dos procedimentos experimentais.

Devido os erros sistemáticos descritos e os erros acidentais, os valores das propriedades termofísicas (massa específica aparente, calor específico aparente, condutividade térmica aparente e difusividade térmica aparente) obtidos experimentalmente, foram considerados válidos no intervalo de confiança: valor mínimo (valor medido menos o desvio padrão) e o valor máximo (valor medido mais o desvio padrão).

A partir da Equação V-1, calculou-se cada uma das propriedades termofísicas, a partir dos valores das três outras propriedades, considerando-se todas as combinações possíveis no intervalo de confiança, ou seja, valor máximo (valor medido + desvio padrão), o valor medido e o valor mínimo (valor medido - desvio padrão).

Considera-se confiável o valor calculado da propriedade termofísica, que estiver no intervalo de confiança do valor obtido experimentalmente desta propriedade, ou seja: valor mínimo (valor medido menos o desvio padrão) e o valor máximo (valor medido mais o desvio padrão). Desta forma é possível sabermos, para cada uma das propriedades termofísicas estudadas, quais e quantos destes valores calculados, estão dentro do intervalo de confiança da medida realizada.

V.3.1. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados experimentais obtidos da massa específica aparente, calor específico aparente, condutividade térmica aparente e difusividade térmica aparente, foram submetidos à análise de regressão.

Os modelos matemáticos foram escolhidos com base na significância da equação, pelo teste F, e dos coeficientes de regressão, utilizando-se o teste t, afim de que fossem obtidos o desvio padrão.

Utilizou-se como critérios para a determinação do melhor ajuste das equações aos dados experimentais o coeficiente de determinação (R^2).

V.4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O estudo da correlação entre as propriedades termofísicas foi realizado em duas etapas: na temperatura ambiente, $T = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ e em ultra-baixas temperaturas (-50, -100 e -150 $^{\circ}\text{C}$).

O intervalo de confiança das propriedades termofísicas (massa específica aparente, calor específico aparente, condutividade térmica aparente e difusividade térmica aparente) é apresentado na forma de gráficos e na forma de tabela são apresentados o percentual do número de valores calculados de cada uma das propriedades termofísicas da semente que estão no intervalo de confiança, como também é apresentado o percentual total para a semente, do número de valores calculados das propriedades termofísicas que estão no intervalo de confiança.

No Apêndice III são apresentados os valores calculados de cada uma das propriedades termofísicas das sementes de cajá, graviola, tamarindo e umbu, em função das outras três propriedades, no intervalo de confiança, nas temperaturas e teores de água (b.u.) estudados.

V.4.1 Propriedades termofísicas na temperatura ambiente

V.4.1.1. Semente de cajá

As propriedades termofísicas das sementes de cajá foram obtidas experimentalmente, nos teores de água (b.u.) (7,81; 14,04; 22,91; 32,06; 40,98; 53,63 e 60,27%).

As combinações possíveis para o cálculo das propriedades termofísicas nos teores de água (b.u.) estudados, são 189 (cento e oitenta e nove) valores de cada uma das propriedades termofísicas, (massa específica aparente, calor específico aparente, condutividade térmica aparente e difusividade térmica aparente) calculadas com os dados das outras três propriedades, no intervalo de confiança.

Nas Figuras de V.1 a V.4 são apresentados os intervalos de confiança com os valores calculados, para as propriedades termofísicas (massa específica aparente, calor específico aparente, condutividade térmica aparente e difusividade térmica aparente) das sementes de cajá.

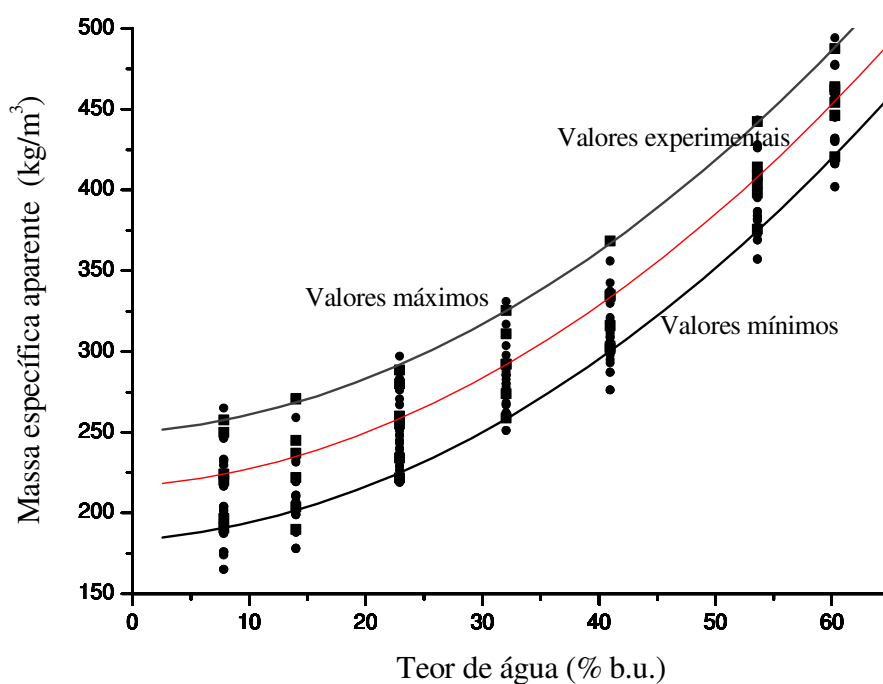


Figura V.1 - Valores calculados e o intervalo de confiança da massa específica aparente de sementes de cajá em função do teor de água, na temperatura ambiente.

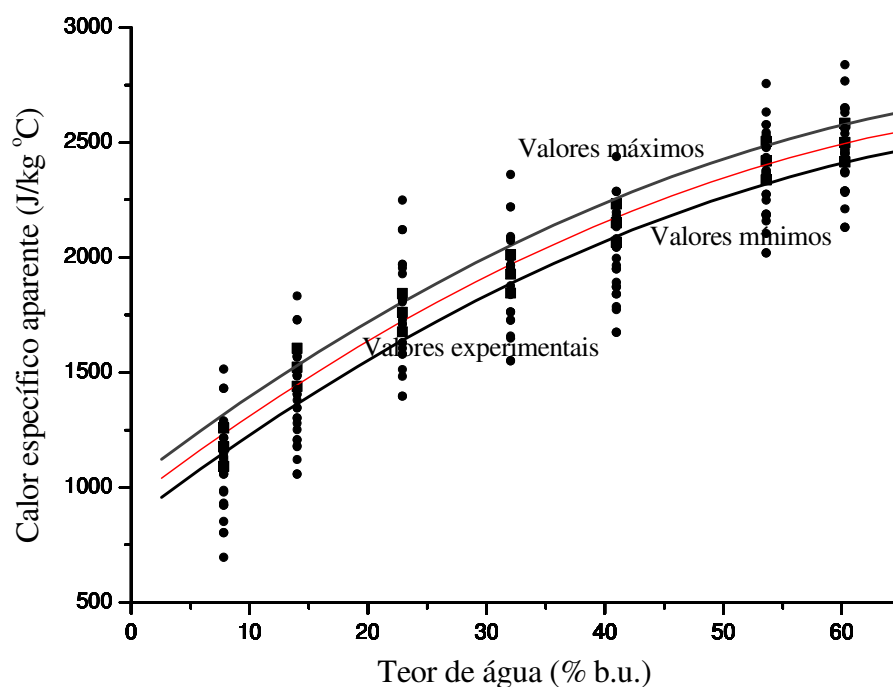


Figura V.2 - Valores calculados e o intervalo de confiança do calor específico aparente de sementes de cajá em função do teor de água, na temperatura ambiente.

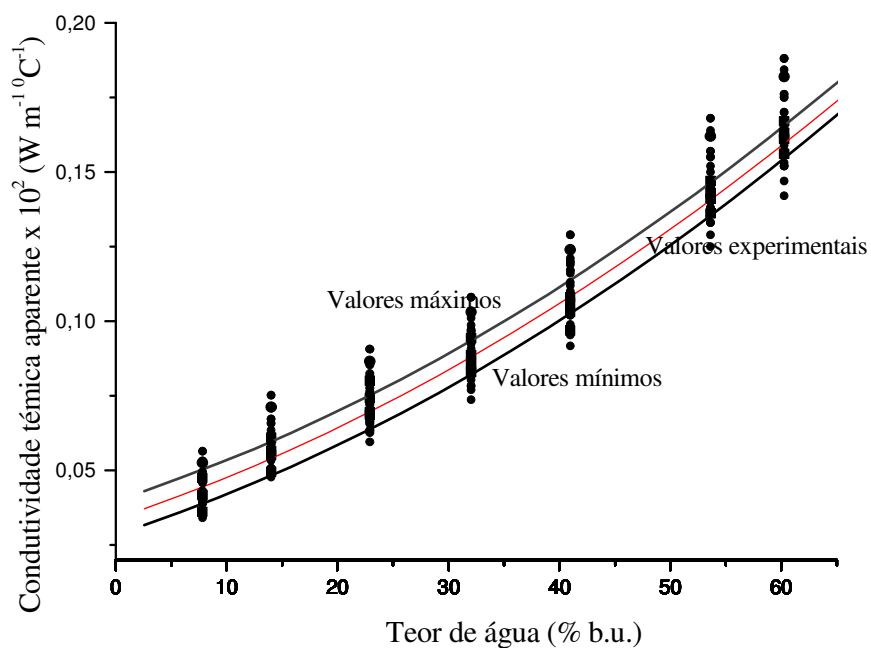


Figura V.3 - Valores calculados e o intervalo de confiança da condutividade térmica aparente de sementes de cajá em função do teor de água, na temperatura ambiente.

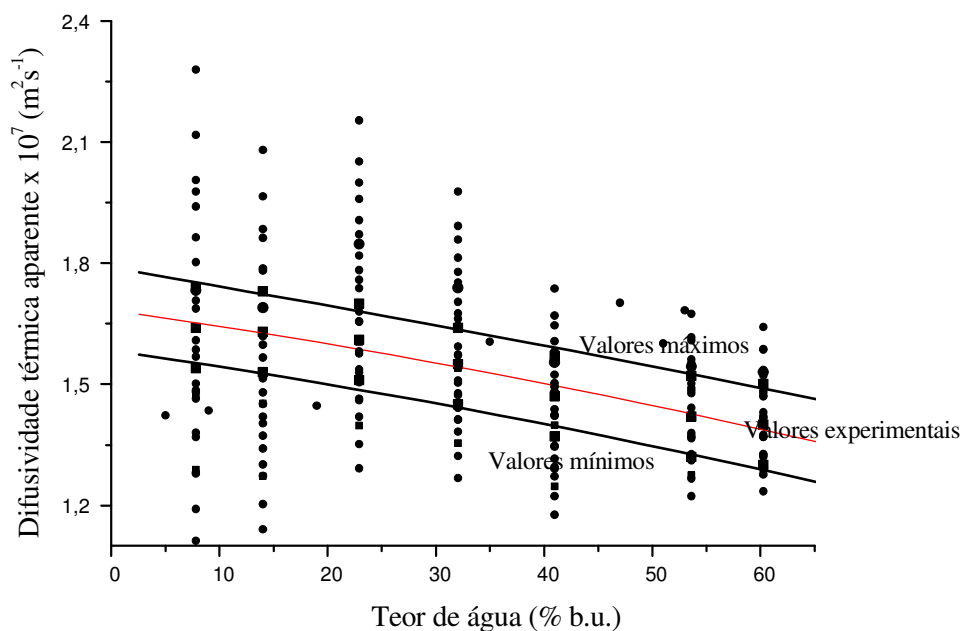


Figura V.4 - Valores calculados e o intervalo de confiança da difusividade térmica aparente de sementes de cajá em função do teor de água, na temperatura ambiente.

O intervalo com os valores confiáveis é a área entre as curvas dos valores máximos e valores mínimos, assim os valores confiáveis estão dentro desta área.

Na Tabela V.1 são apresentados as equação, obtidas por regressão, que definem os intervalos de confiança dos valores calculados.

Tabela V.1 - Modelos que limitam os intervalos de confiança das propriedades termofísicas das sementes de cajá em função do teor de água (b.u.), na temperatura ambiente.

	Equação	R ²
Massa específica aparente	$\rho_{\text{mínimo}} = 183,195 + 0,514 X + 0,05707 X^2$	0,99961
	$\rho_{\text{medido}} = 216,595 + 0,514 X + 0,05707 X^2$	0,99961
	$\rho_{\text{máximo}} = 249,915 + 0,514 X + 0,05707 X^2$	0,99961
Calor específico aparente	$C_{\text{mínimo}} = 857,24 + 39,288 X - 0,224 X^2$	0,99056
	$C_{\text{medido}} = 941,72 + 39,241 X - 0,223 X^2$	0,99051
	$C_{\text{máximo}} = 1.024,64 + 39,243 X - 0,223 X^2$	0,99000
Condutividade térmica aparente	$K_{\text{mínimo}} = 0,02854 + 0,0012 X + 1,483 \times 10^{-5} X^2$	0,99410
	$K_{\text{medido}} = 0,03382 + 0,0012 X + 1,398 \times 10^{-5} X^2$	0,99472
	$K_{\text{máximo}} = 0,03992 + 0,0012 X + 1,463 \times 10^{-5} X^2$	0,99398
Difusividade térmica aparente	$\alpha_{\text{mínimo}} = 1,584 - 0,00383 X - 1,802 \times 10^{-5} X^2$	0,97258
	$\alpha_{\text{medido}} = 1,684 - 0,00383 X - 1,802 \times 10^{-5} X^2$	0,97258
	$\alpha_{\text{máximo}} = 1,788 - 0,00452 X - 7,118 \times 10^{-5} X^2$	0,98070

Tabela V.2 - Percentual do número de valores calculados das propriedades termofísicas das sementes de cajá que estão no intervalo de confiança.

Propriedade termofísica	Percentual de valores válidos (%)
Massa específica aparente	71,69
Calor específico aparente	32,80
Condutividade térmica aparente	39,15
Difusividade térmica aparente	23,81
Total de valores válidos	41,93

Portanto, 41,93% do número total dos valores calculados das propriedades termofísicas das sementes de cajá, na temperatura ambiente, no intervalo de teor de água (b.u.) de 7,81 a 60,27%, são confiáveis.

V.4.1.2. Semente de graviola

As propriedades termofísicas das sementes de graviola foram obtidas experimentalmente, nos teores de água (b.u.) (7,82; 16,44; 22,91; 30,58; 44,98; 56,63 e 60,27%).

As combinações possíveis para o cálculo dos valores confiáveis das propriedades termofísicas nos teores de água (b.u.) estudados, são 189 (cento e oitenta e nove) valores de cada uma das propriedades termofísicas, (massa específica aparente, calor específico aparente, condutividade térmica aparente e difusividade térmica aparente) calculadas com os dados das outras três propriedades, no intervalo de confiança.

Nas Figuras de V.5 a V.8 são apresentados os intervalos de confiança com os valores calculados, para as propriedades termofísicas (massa específica aparente, calor específico aparente, condutividade térmica aparente e difusividade térmica aparente) das sementes de graviola.

O intervalo com os valores confiáveis é a área entre as curvas dos valores máximos e valores mínimos, assim os valores confiáveis estão dentro desta área.

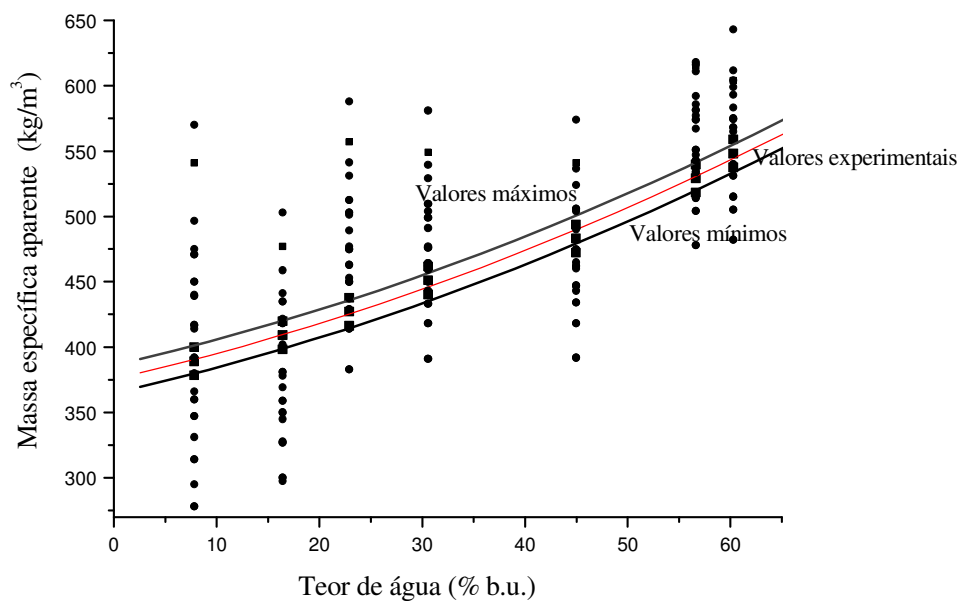


Figura V.5 - Valores calculados e o intervalo de confiança da massa específica aparente de sementes de graviola em função do teor de água, na temperatura ambiente.

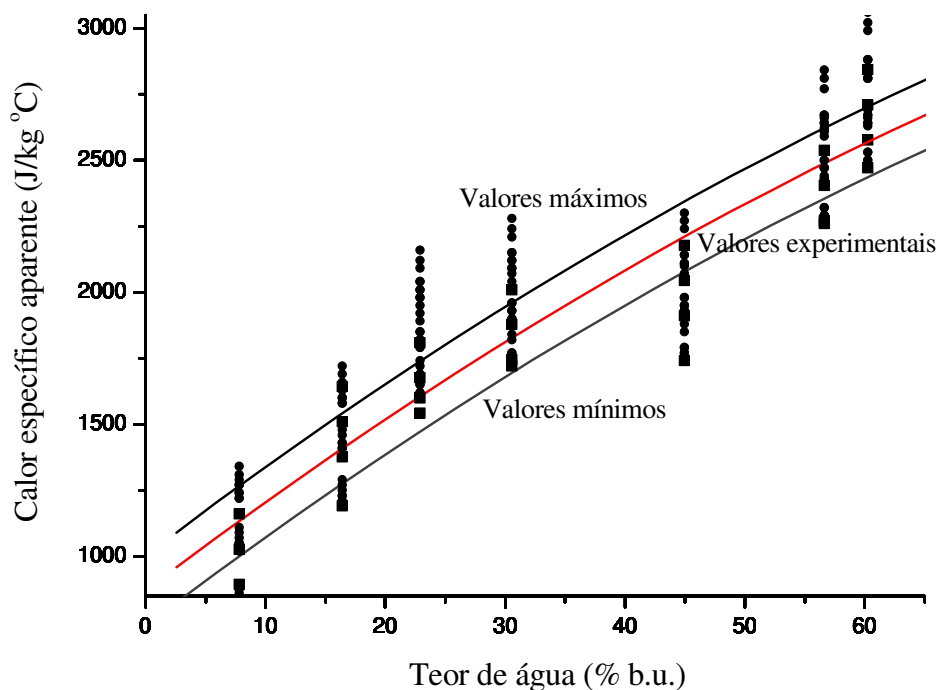


Figura V.6 - Valores calculados e o intervalo de confiança do calor específico aparente de sementes de graviola em função do teor de água, na temperatura ambiente.

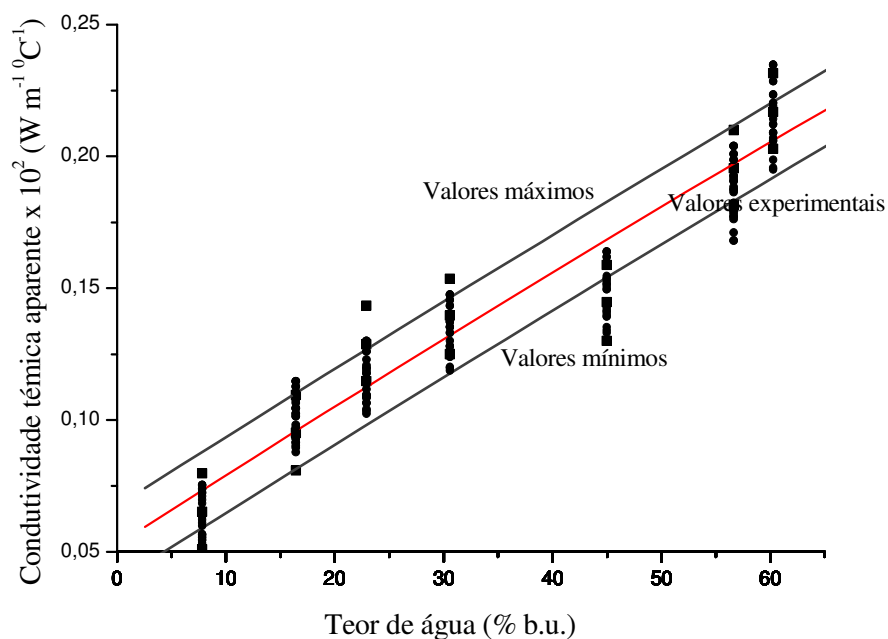


Figura V.7 - Valores calculados e o intervalo de confiança da condutividade térmica aparente de sementes de graviola em função do teor de água, na temperatura ambiente.

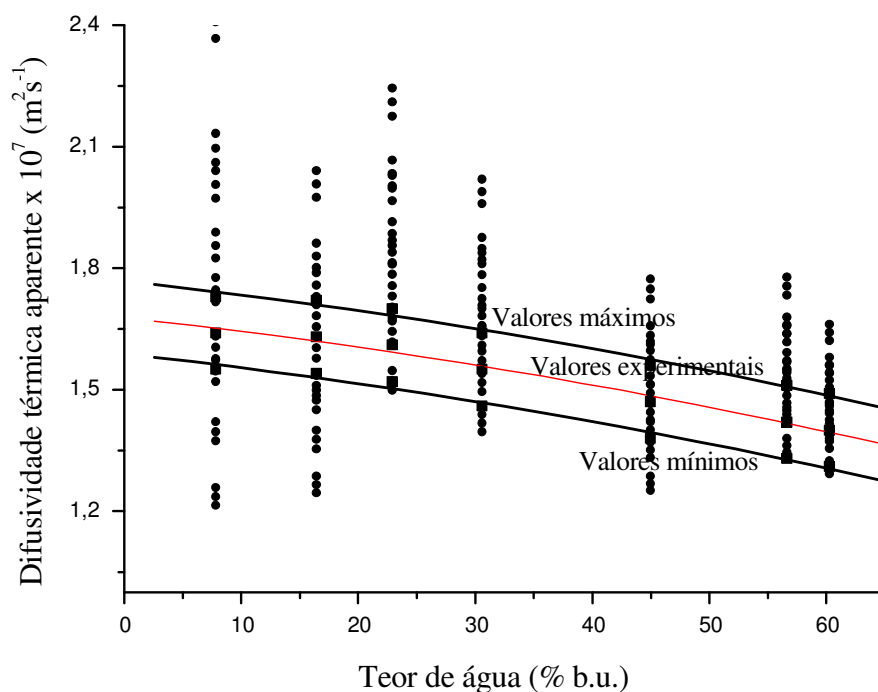


Figura V.8 - Valores calculados e o intervalo de confiança da difusividade térmica aparente de sementes de graviola em função do teor de água, na temperatura ambiente.

Na Tabela V.3 são apresentados as equação, obtidas por regressão, que definem os intervalos de confiança dos valores calculados.

Tabela V.3 - Modelos que limitam os intervalos de confiança das propriedades termofísicas das sementes de graviola em função do teor de água (b.u.), na temperatura ambiente.

	Equação	R ²
Massa específica aparente	$\rho_{\text{mínimo}} = 364,829 + 1,788 X + 0,01677 X^2$	0,99561
	$\rho_{\text{medido}} = 375,549 + 1,788 X + 0,01677 X^2$	0,99561
	$\rho_{\text{máximo}} = 386,269 + 1,788 X + 0,01677 X^2$	0,99561
Calor específico aparente	$C_{\text{mínimo}} = 737,467 + 34,529 X - 0,1052 X^2$	0,95628
	$C_{\text{medido}} = 870,086 + 34,551 X - 0,1054 X^2$	0,95626
	$C_{\text{máximo}} = 1.003,086 + 34,551 X - 0,1054 X^2$	0,95626
Condutividade térmica aparente	$K_{\text{mínimo}} = 0,0439 + 0,00256 X + 1,282 \times 10^{-6} X^2$	0,93514
	$K_{\text{medido}} = 0,0574 + 0,00262 X + 1,892 \times 10^{-6} X^2$	0,93662
	$K_{\text{máximo}} = 0,0719 + 0,00256 X + 1,282 \times 10^{-6} X^2$	0,93511
Difusividade térmica aparente	$\alpha_{\text{mínimo}} = 1,588 - 0,00311 X - 2,635 \times 10^{-5} X^2$	0,98596
	$\alpha_{\text{medido}} = 1,678 - 0,00311 X - 2,635 \times 10^{-5} X^2$	0,98596
	$\alpha_{\text{máximo}} = 1,768 - 0,00311 X - 2,635 \times 10^{-5} X^2$	0,98596

Na Tabela V.4 são apresentados os percentuais dos números de valores calculados das propriedades termofísicas das sementes de graviola que estão no intervalo de confiança, como também é apresentado o percentual do número total de valores calculados das propriedades termofísicas que estão no intervalo de confiança.

Tabela V.4 - Percentual do número de valores calculados das propriedades termofísicas das sementes de graviola que estão no intervalo de confiança.

Propriedade termofísica	Percentual de valores válidos (%)
Massa específica aparente	13,22
Calor específico aparente	50,26
Condutividade térmica aparente	76,19
Difusividade térmica aparente	31,21
Total de valores válidos	42,72

Portanto, 42,72% do número total dos valores calculados das propriedades termofísicas das sementes de graviola, na temperatura ambiente, no intervalo de teor de água (b.u.) de 7,82 a 60,27%, são confiáveis.

V.4.1.3. Semente de tamarindo

As propriedades termofísicas das sementes de tamarindo foram obtidas experimentalmente, nos teores de água (b.u.) (7,85; 10,38; 16,28; 22,86; 30,58 e 40,58%).

As combinações possíveis para o cálculo dos valores confiáveis das propriedades termofísicas nos teores de água (b.u.) estudados, são 162 (cento e sessenta e dois) valores de cada uma das propriedades termofísicas, (massa específica aparente, calor específico aparente, condutividade térmica aparente e difusividade térmica aparente) calculadas com os dados das outras três propriedades, no intervalo de confiança.

Nas Figuras de V.9 a V.12 são apresentados os intervalos de confiança com os valores calculados, para as propriedades termofísicas (massa específica aparente, calor específico aparente, condutividade térmica aparente e difusividade térmica aparente) das sementes de graviola.

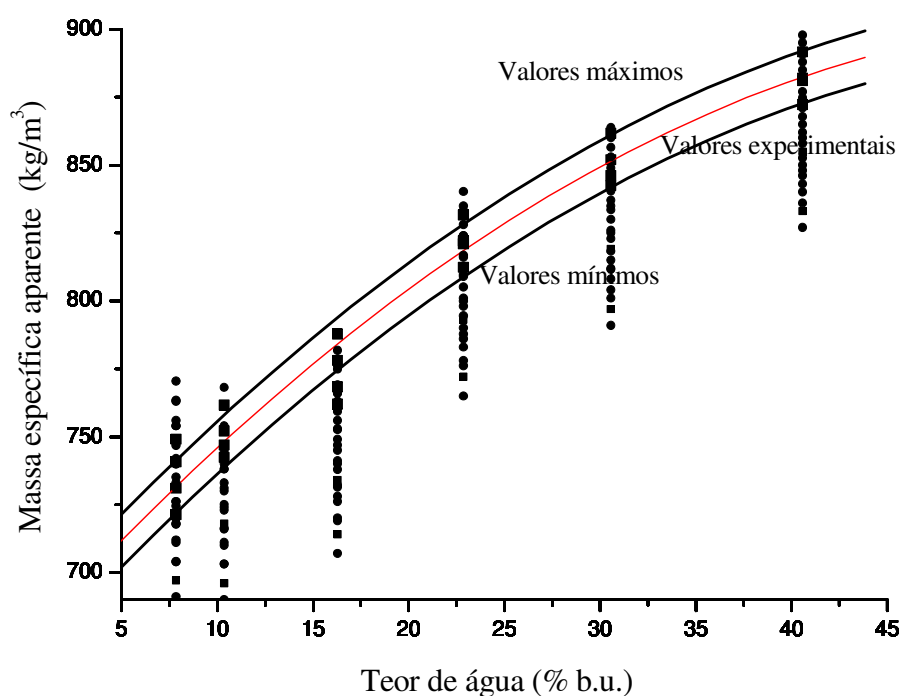


Figura V.9 - Valores calculados e o intervalo de confiança da massa específica aparente de sementes de tamarindo em função do teor de água, na temperatura ambiente.

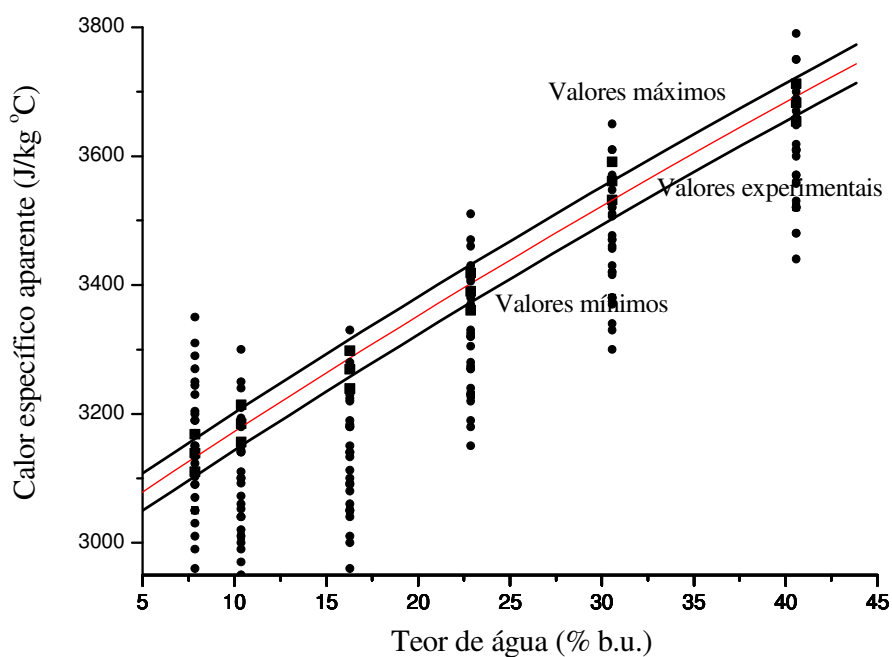


Figura V.10 - Valores calculados e o intervalo de confiança do calor específico aparente de sementes de tamarindo em função do teor de água, na temperatura ambiente.

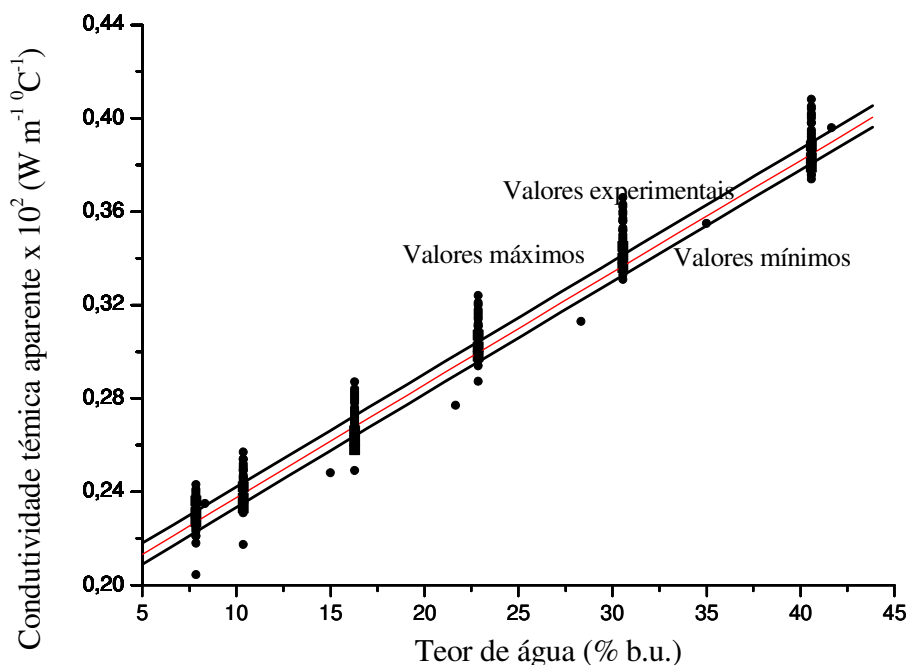


Figura V.11 - Valores calculados e o intervalo de confiança da condutividade térmica aparente de sementes de tamarindo em função do teor de água, na temperatura ambiente.

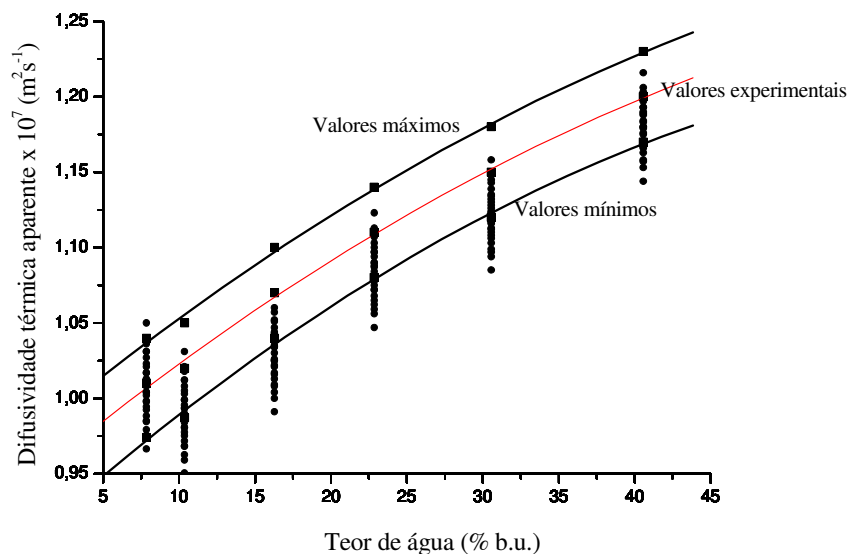


Figura V.12 - Valores calculados e o intervalo de confiança da difusividade térmica aparente de sementes de tamarindo em função do teor de água, na temperatura ambiente.

O intervalo com os valores confiáveis é a área entre as curvas dos valores máximos e valores mínimos, assim os valores confiáveis estão dentro desta área.

Na Tabela V.5 são apresentadas as equações, obtidas por regressão, que definem os intervalos de confiança dos valores calculados.

Tabela V.5 - Modelos que limitam os intervalos de confiança das propriedades termofísicas das sementes de tamarindo em função do teor de água (b.u.), na temperatura ambiente.

	Equações	R ²
Massa específica aparente	$\rho_{\text{mínimo}} = 664,551 + 7,842 X - 0,06675 X^2$	0,99635
	$\rho_{\text{medido}} = 674,221 + 7,842 X - 0,06675 X^2$	0,99635
	$\rho_{\text{máximo}} = 683,791 + 7,842 X - 0,06675 X^2$	0,99635
Calor específico aparente	$c_{\text{mínimo}} = 2.954,171 + 19,414 X - 0,0478 X^2$	0,99355
	$c_{\text{medido}} = 2.983,514 + 19,388 X - 0,0469 X^2$	0,99381
	$c_{\text{máximo}} = 3.011,171 + 19,463 X - 0,0483 X^2$	0,99357
Condutividade térmica aparente	$K_{\text{mínimo}} = 0,1846 + 0,00489 X - 1,434 \times 10^{-6} X^2$	0,99595
	$K_{\text{medido}} = 0,1889 + 0,00487 X - 1,007 \times 10^{-6} X^2$	0,99578
	$K_{\text{máximo}} = 0,1988 + 0,00484 X - 2,961 \times 10^{-7} X^2$	0,99529
Difusividade térmica aparente	$\alpha_{\text{mínimo}} = 0,905 + 0,00908 X - 6,336 \times 10^{-5} X^2$	0,99795
	$\alpha_{\text{medido}} = 0,945 + 0,00836 X - 6,336 \times 10^{-5} X^2$	0,99791
	$\alpha_{\text{máximo}} = 0,975 + 0,00836 X - 6,336 \times 10^{-5} X^2$	0,99791

em que,

c_p - calor específico aparente, a pressão constante, $\text{J kg}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

ρ_{ap} - massa específica aparente, kg m^{-3}

K - condutividade térmica aparente, $\text{W m}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

α - difusividade térmica aparente, $\text{m}^2 \text{ s}^{-1}$

X - teor de água, % b.u.

Na Tabela V.6 são apresentados os percentuais dos números de valores calculados das propriedades termofísicas das sementes de tamarindo que estão no intervalo de confiança, como também é apresentado o percentual do número total de valores calculados das propriedades termofísicas que estão no intervalo de confiança.

Tabela V.6 - Percentual do número de valores calculados das propriedades termofísicas das sementes de tamarindo que estão no intervalo de confiança.

Propriedade termofísica	Percentual de valores válidos (%)
Massa específica aparente	27,78
Calor específico aparente	25,30
Condutividade térmica aparente	35,18
Difusividade térmica aparente	59,25
Total de valores válidos	36,88

Portanto, 36,88% do número total dos valores calculados das propriedades termofísicas das sementes de tamarindo, na temperatura ambiente, no intervalo de teor de água (b.u.) de 7,85 a 40,58%, são confiáveis.

V.4.1.4. Semente de umbu

As propriedades termofísicas das sementes de umbu foram obtidas experimentalmente, nos teores de água (b.u.) (7,94; 16,75; 26,64; 35,86 e 40,58%).

As combinações possíveis para o cálculo dos valores confiáveis das propriedades termofísicas nos teores de água (b.u.) estudados, são 108 (cento e oito) valores de cada uma das propriedades termofísicas, (massa específica aparente, calor específico aparente, condutividade térmica aparente e difusividade térmica aparente) calculadas com os dados das outras três propriedades, no intervalo de confiança.

Nas Figuras de V.13 a V.16 são apresentados os intervalos de confiança com os valores calculados, para as propriedades termofísicas (massa específica aparente, calor específico aparente, condutividade térmica aparente e difusividade térmica aparente) das sementes de umbu.

O intervalo com os valores confiáveis é a área entre as curvas dos valores máximos e valores mínimos, assim os valores confiáveis estão dentro desta área.

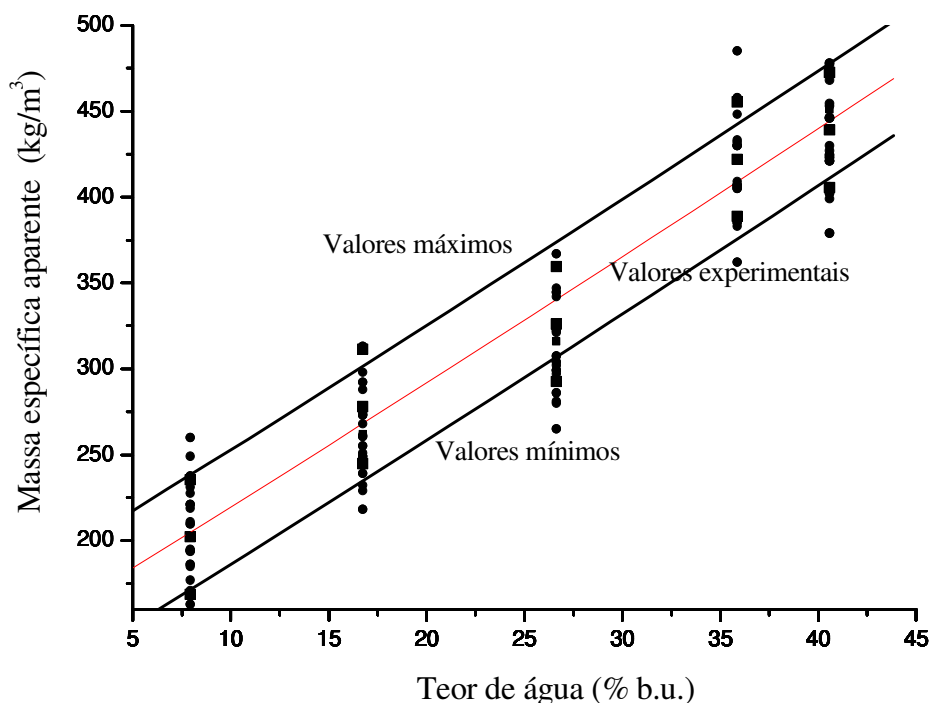


Figura V.13 - Valores calculados e o intervalo de confiança da massa específica aparente de sementes de umbu em função do teor de água, na temperatura ambiente.

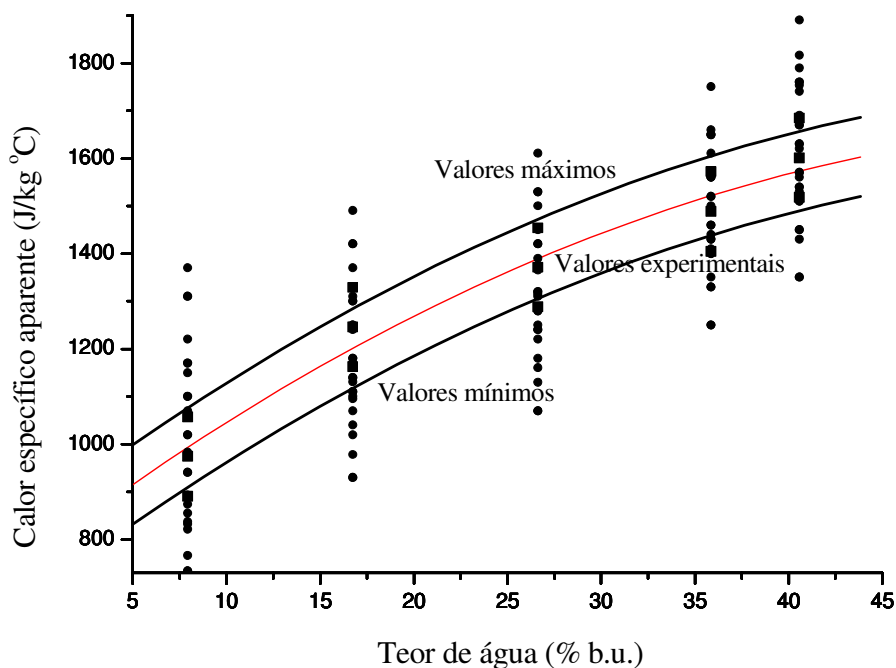


Figura V.14 - Valores calculados e o intervalo de confiança do calor específico aparente de sementes de umbu em função do teor de água, na temperatura ambiente.

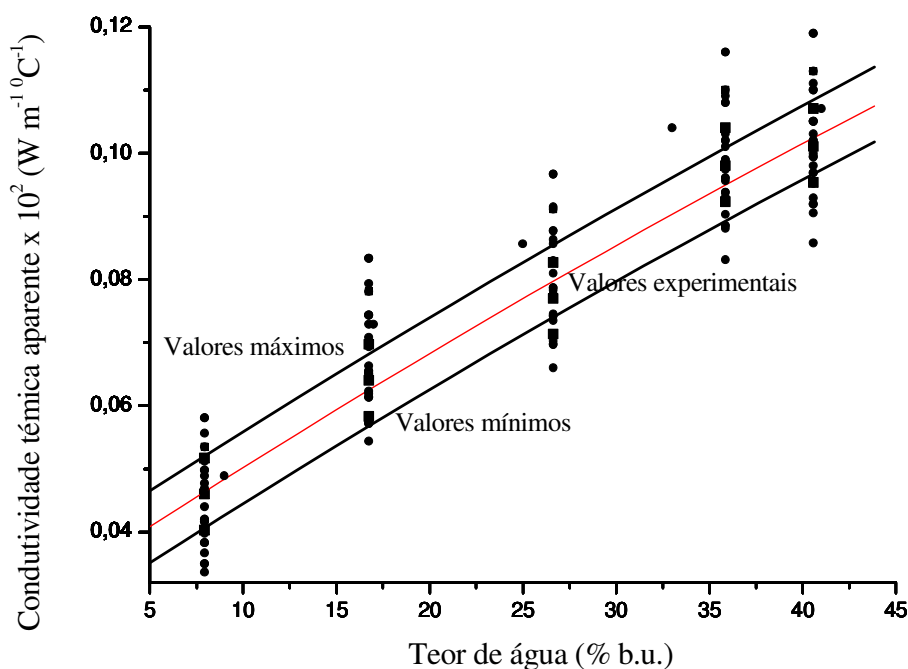


Figura V.15 - Valores calculados e o intervalo de confiança da condutividade térmica aparente de sementes de umbu em função do teor de água, na temperatura ambiente.

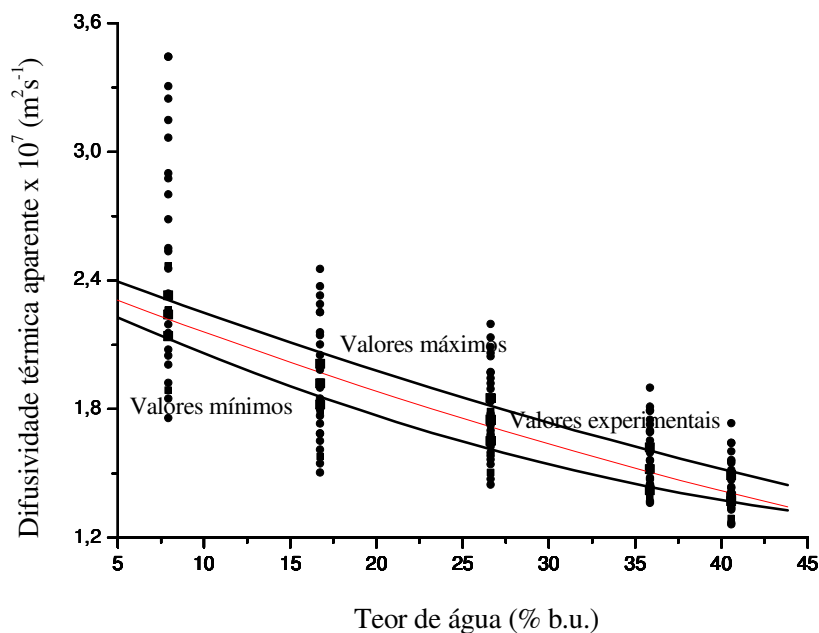


Figura V.16 - Valores calculados e o intervalo de confiança da difusividade térmica aparente de sementes de umbu em função do teor de água, na temperatura ambiente.

Na Tabela V.7 são apresentadas as equações, obtidas por regressão, que definem os intervalos de confiança dos valores calculados.

Tabela V.7 - Modelos que limitam os intervalos de confiança das propriedades termofísicas das sementes de umbu em função do teor de água (b.u.), na temperatura ambiente.

	Equações	R ²
Massa específica aparente	$\rho_{\text{mínimo}} = 115,229 + 7,031 X + 0,0064 X^2$	0,98697
	$\rho_{\text{medido}} = 148,629 + 7,031 X + 0,0064 X^2$	0,98697
	$\rho_{\text{máximo}} = 182,029 + 7,031 X + 0,0064 X^2$	0,98697
Calor específico aparente	$C_{\text{mínimo}} = 689,769 + 29,669 X - 0,2449 X^2$	0,98059
	$C_{\text{medido}} = 773,311 + 29,679 X - 0,2446 X^2$	0,98024
	$C_{\text{máximo}} = 856,214 + 29,692 X - 0,2446 X^2$	0,98056
Condutividade térmica aparente	$K_{\text{mínimo}} = 0,0255 + 0,00195 X - 4,813 \times 10^{-6} X^2$	0,99014
	$K_{\text{medido}} = 0,0312 + 0,00195 X - 4,813 \times 10^{-6} X^2$	0,99014
	$K_{\text{máximo}} = 0,0369 + 0,00194 X - 4,274 \times 10^{-6} X^2$	0,98981
Difusividade térmica aparente	$\alpha_{\text{mínimo}} = 2,411 - 0,03821 X + 3,082 \times 10^{-5} X^2$	0,99160
	$\alpha_{\text{medido}} = 2,464 - 0,03821 X + 3,082 \times 10^{-5} X^2$	0,98992
	$\alpha_{\text{máximo}} = 2,547 - 0,03821 X + 3,082 \times 10^{-5} X^2$	0,98823

em que,

c_p - calor específico aparente, a pressão constante, $\text{J kg}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

ρ_{ap} - massa específica aparente, kg m^{-3}

K - condutividade térmica aparente, $\text{W m}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

α - difusividade térmica aparente, $\text{m}^2 \text{ s}^{-1}$

X - teor de água, % b.u.

Na Tabela V.8 são apresentados os percentuais dos números de valores calculados das propriedades termofísicas das sementes de umbu que estão no intervalo de confiança, como também é apresentado o percentual do número total de valores calculados das propriedades termofísicas que estão no intervalo de confiança.

Tabela V.8 - Percentual do número de valores calculados das propriedades termofísicas das sementes de umbu que estão no intervalo de confiança.

Propriedade termofísica	Percentual de valores válidos (%)
Massa específica aparente	82,40
Calor específico aparente	52,78
Condutividade térmica aparente	62,04
Difusividade térmica aparente	44,45
Total de valores válidos	60,42

Portanto, 60,42% do número total dos valores calculados das propriedades termofísicas das sementes de umbu, na temperatura ambiente, no intervalo de teor de água (b.u.) de 7,94 a 40,58%, são confiáveis.

V.4.2 Propriedades termofísicas em ultra-baixas temperaturas

O estudo da correlação entre as propriedades termofísicas, em função do teor de água, foi realizado nas ultra-baixas temperaturas (-50; -100 e -150 °C).

V.4.2.1. Semente de cajá

As propriedades termofísicas das sementes de cajá foram obtidas experimentalmente, nos teores de água (b.u.) (6,5; 10,5; 20,3; 39,5 e 61,84%).

As combinações possíveis para o cálculo dos valores confiáveis das propriedades termofísicas nos teores de água (b.u.) estudados, são 135 (cento e trinta e cinco) valores de cada uma das propriedades termofísicas, (massa específica aparente, calor específico aparente, condutividade térmica aparente e difusividade térmica aparente) calculadas com os dados das outras três propriedades, no intervalo de confiança.

V.4.2.1.1 Sementes de cajá a -50 °C

Nas Figuras de V.17 a V.20 são apresentados os intervalos de confiança com os valores calculados, para as propriedades termofísicas (massa específica aparente, calor específico aparente, condutividade térmica aparente e difusividade térmica aparente) das sementes de cajá.

Na Tabela V.9 são apresentados as equação, obtidas por regressão, que definem os intervalos de confiança dos valores calculados.

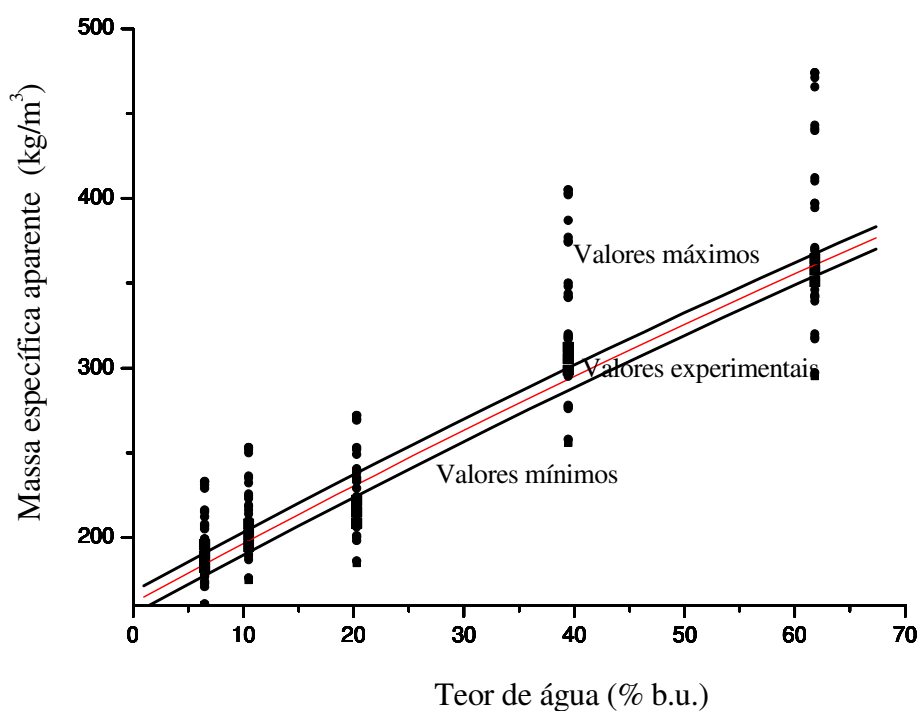


Figura V.17 - Valores calculados e o intervalo de confiança da massa específica aparente de sementes de cajá em função do teor de água, na temperatura de $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$.

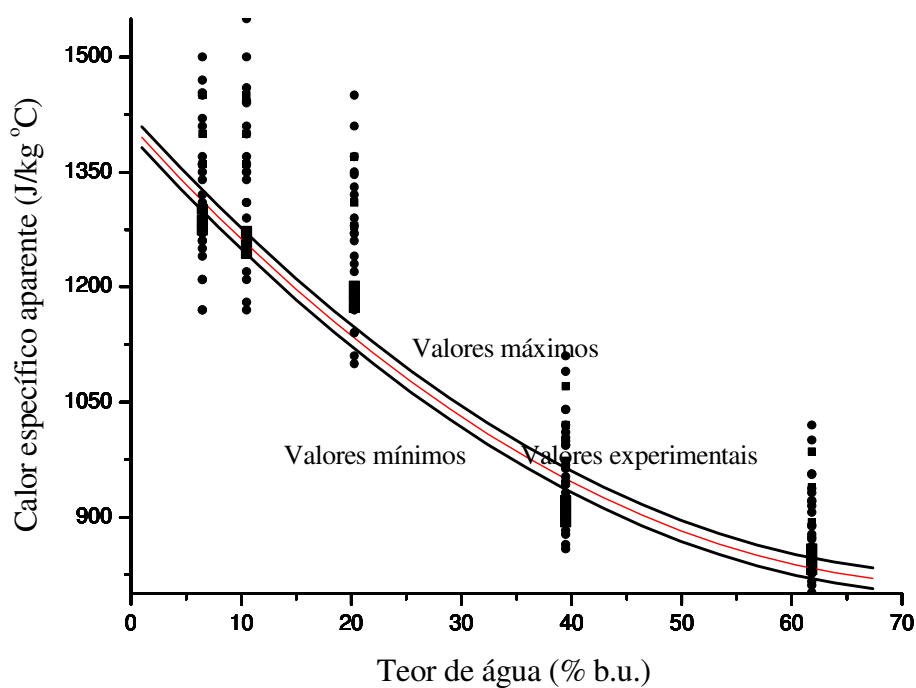


Figura V.18 - Valores calculados e o intervalo de confiança do calor específico aparente de sementes de cajá em função do teor de água, na temperatura de $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$.

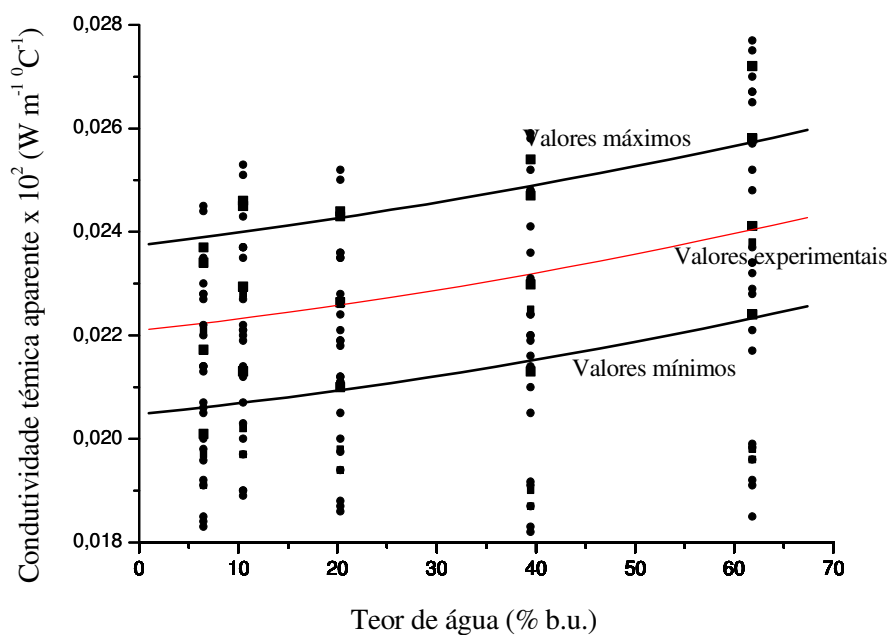


Figura V.19 - Valores calculados e o intervalo de confiança da condutividade térmica aparente de sementes de cajá em função do teor de água, na temperatura de $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$.

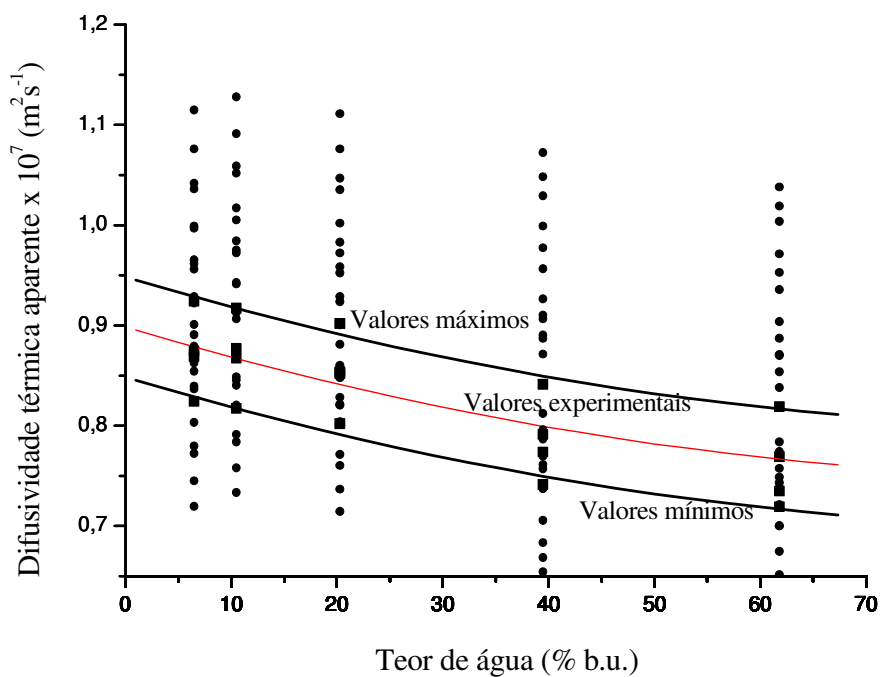


Figura V.20 - Valores calculados e o intervalo de confiança da difusividade térmica aparente de sementes de cajá em função do teor de água, na temperatura de $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Tabela V.9 - Modelos que limitam os intervalos de confiança das propriedades termofísicas das sementes de umbu em função do teor de água (b.u.), na temperatura de - 50 °C.

	Equações	R ²
Massa específica aparente	$\rho_{\text{mínimo}} = 115,229 + 7,031 X + 0,0064 X^2$	0,97958
	$\rho_{\text{medido}} = 148,629 + 7,031 X + 0,0064 X^2$	0,97958
	$\rho_{\text{máximo}} = 182,029 + 7,031 X + 0,0064 X^2$	0,97958
Calor específico aparente	$c_{\text{mínimo}} = 689,769 + 29,669 X - 0,2449 X^2$	0,96809
	$c_{\text{medido}} = 773,311 + 29,679 X - 0,2446 X^2$	0,96767
	$c_{\text{máximo}} = 856,214 + 29,692 X - 0,2446 X^2$	0,96761
Condutividade térmica aparente	$K_{\text{mínimo}} = 0,0255 + 0,00195 X - 4,813 \times 10^{-6} X^2$	0,75135
	$K_{\text{medido}} = 0,0312 + 0,00195 X - 4,813 \times 10^{-6} X^2$	0,76561
	$K_{\text{máximo}} = 0,0369 + 0,00194 X - 4,274 \times 10^{-6} X^2$	0,78246
Difusividade térmica aparente	$\alpha_{\text{mínimo}} = 0,848 - 0,0318 X + 1,686 \times 10^{-5} X^2$	0,97585
	$\alpha_{\text{medido}} = 0,898 - 0,0318 X + 1,686 \times 10^{-5} X^2$	0,97585
	$\alpha_{\text{máximo}} = 0,949 - 0,0318 X + 1,686 \times 10^{-5} X^2$	0,97585

em que,

c_p - calor específico aparente, a pressão constante, J kg⁻¹ °C⁻¹

ρ_{ap} - massa específica aparente, kg m⁻³

K - condutividade térmica aparente, W m⁻¹ °C⁻¹

α - difusividade térmica aparente, m² s⁻¹

X - teor de água, % b.u.

Na Tabela V.10 são apresentados os percentuais dos números de valores calculados das propriedades termofísicas das sementes de cajá que estão no intervalo de confiança, como também é apresentado o percentual do número total de valores calculados das propriedades termofísicas que estão no intervalo de confiança.

Tabela V.10 - Percentual do número de valores calculados das propriedades termofísicas das sementes de cajá que estão no intervalo de confiança.

Propriedade termofísica	Percentual de valores válidos (%)
Massa específica aparente	20,00
Calor específico aparente	17,78
Condutividade térmica aparente	49,63
Difusividade térmica aparente	19,26
Total de valores válidos	26,67

Portanto, 26,60% dos valores calculados das propriedades termofísicas das sementes de cajá, na ultra-baixa temperatura de -50°C , no intervalo de teor de água (b.u.), são confiáveis.

V.4.2.1.2 Sementes de cajá a -100 °C

Nas Figuras de V.21 a V.24 são apresentados os intervalos de confiança, com os valores calculados para as propriedades termofísicas (massa específica aparente, calor específico aparente, condutividade térmica aparente e difusividade térmica aparente), das sementes de cajá.

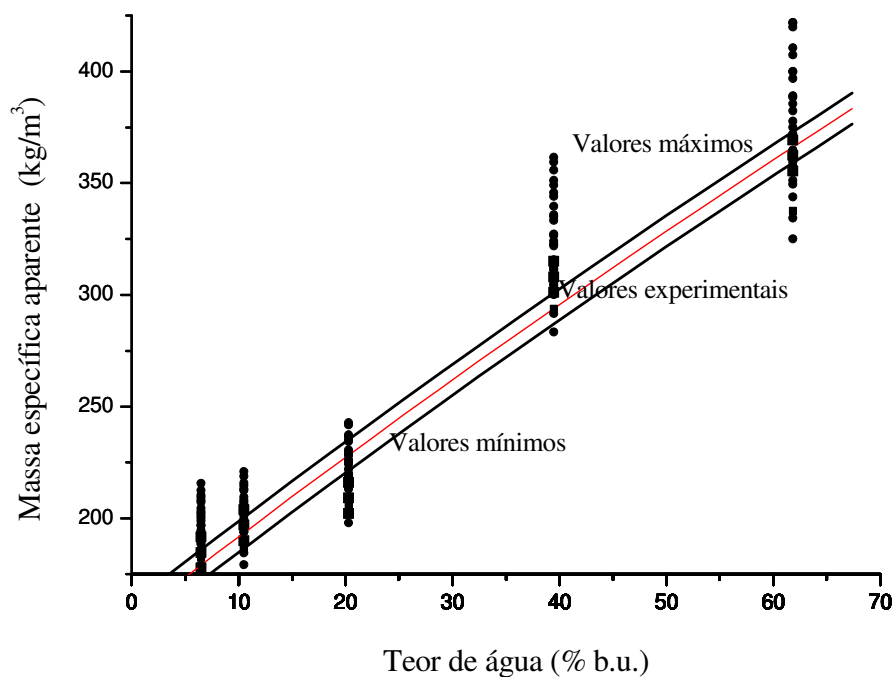


Figura V.21 - Valores calculados e o intervalo de confiança da massa específica aparente de sementes de cajá em função do teor de água, na temperatura de $-100\text{ }^\circ\text{C}$.

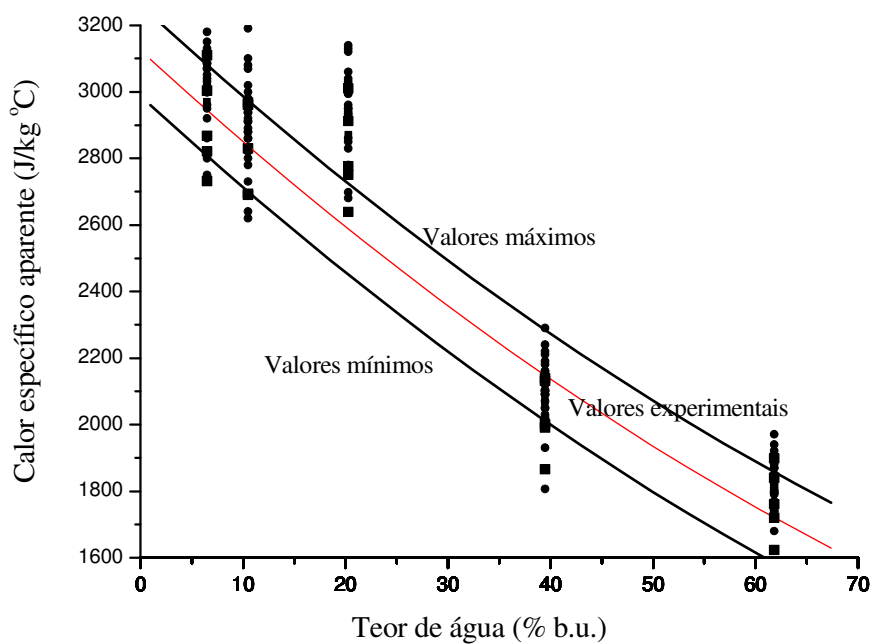


Figura V.22 - Valores calculados e o intervalo de confiança do calor específico aparente de sementes de cajá em função do teor de água, na temperatura de -100 °C.

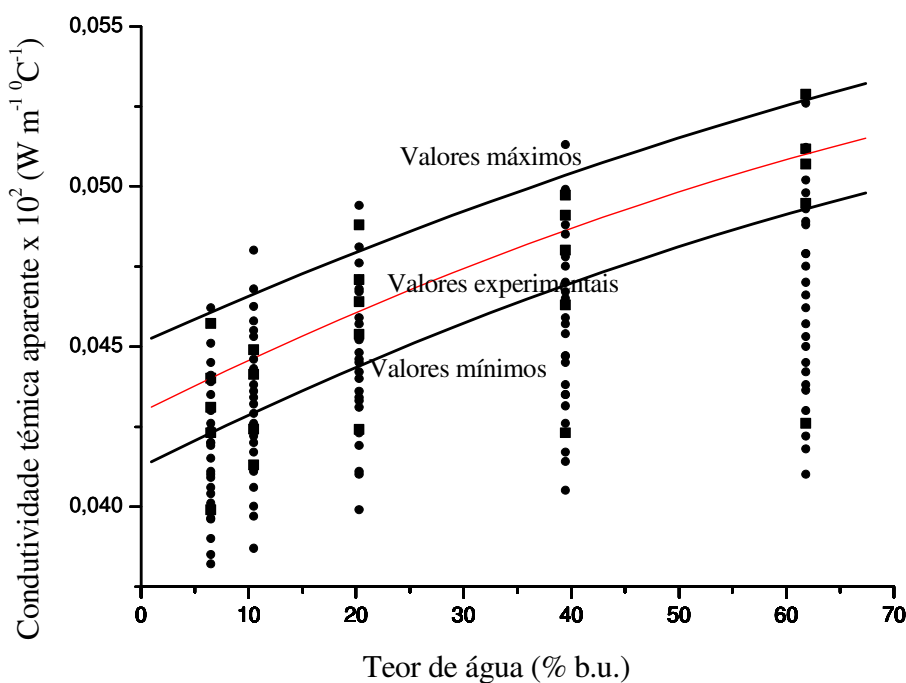


Figura V.23 - Valores calculados e o intervalo de confiança da condutividade térmica aparente de sementes de cajá em função do teor de água, na temperatura de -100 °C.

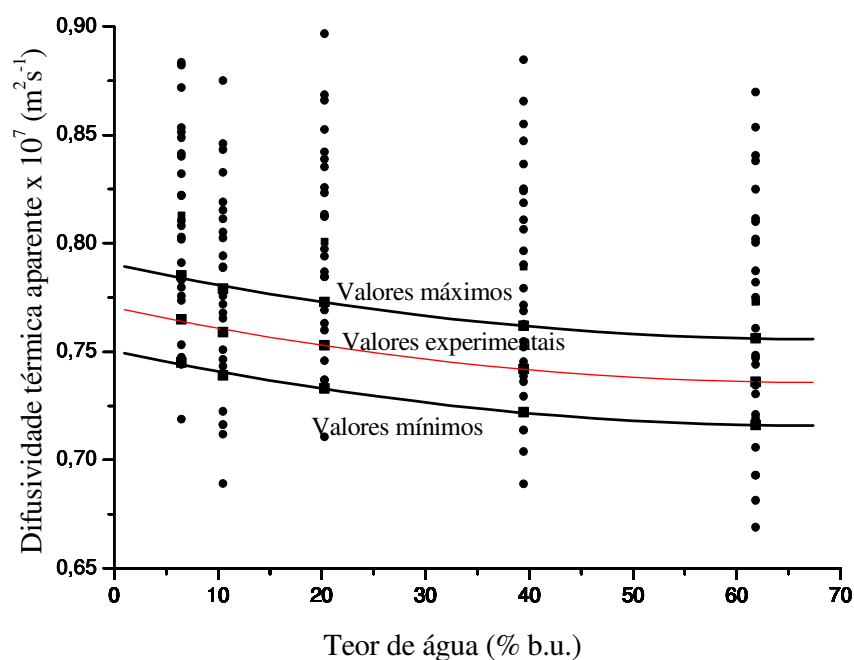


Figura V.24 - Valores calculados e o intervalo de confiança da difusividade térmica aparente de sementes de cajá em função do teor de água, na temperatura de -100 °C.

Na Tabela V.11 são apresentados as equações, obtidas por regressão, que definem os intervalos de confiança dos valores calculados.

Tabela V.11 - Modelos que limitam os intervalos de confiança das propriedades termofísicas das sementes de cajá em função do teor de água (b.u.), na temperatura de - 100 °C.

	Equações	R ²
Massa específica aparente	$\rho_{\text{mínimo}} = 154,397 + 3,547 X - 0,00444 X^2$	0,97469
	$\rho_{\text{medido}} = 161,057 + 3,547 X - 0,00444 X^2$	0,98706
	$\rho_{\text{máximo}} = 167,717 + 3,547 X - 0,00444 X^2$	0,97469
Calor específico aparente	$C_{\text{mínimo}} = 2.988,753 + 28,373 X + 0,09145 X^2$	0,94164
	$C_{\text{medido}} = 3.124,361 + 28,322 X + 0,09089 X^2$	0,94145
	$C_{\text{máximo}} = 3.261,572 + 28,359 X + 0,09141 X^2$	0,94176
Condutividade térmica aparente	$K_{\text{mínimo}} = 0,0412 + 1,68 \times 10^{-4} X - 6,03 \times 10^{-7} X^2$	0,95367
	$K_{\text{medido}} = 0,0429 + 1,68 \times 10^{-4} X - 6,03 \times 10^{-7} X^2$	0,95367
	$K_{\text{máximo}} = 0,0451 + 1,68 \times 10^{-4} X - 6,03 \times 10^{-7} X^2$	0,95284
Difusividade térmica aparente	$\alpha_{\text{mínimo}} = 0,751 - 0,00102 X + 7,478 \times 10^{-6} X^2$	0,99442
	$\alpha_{\text{medido}} = 0,771 - 0,00102 X + 7,478 \times 10^{-6} X^2$	0,99442
	$\alpha_{\text{máximo}} = 0,791 - 0,00102 X + 7,478 \times 10^{-6} X^2$	0,99442

em que,

c_p - calor específico aparente, a pressão constante, $\text{J kg}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

ρ_{ap} - massa específica aparente, kg m^{-3}

K - condutividade térmica aparente, $\text{W m}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

α - difusividade térmica aparente, $\text{m}^2 \text{ s}^{-1}$

X - teor de água, % b.u.

Na Tabela V.12 são apresentados os percentuais dos números de valores calculados das propriedades termofísicas das sementes de cajá que estão no intervalo de confiança, como também é apresentado o percentual do número total de valores calculados das propriedades termofísicas que estão no intervalo de confiança.

Tabela V.12 - Percentual do número de valores calculados das propriedades termofísicas das sementes de cajá que estão no intervalo de confiança.

Propriedade termofísica	Percentual de valores válidos (%)
Massa específica aparente	20,74
Calor específico aparente	57,78
Condutividade térmica aparente	37,78
Difusividade térmica aparente	31,11
Total de valores válidos	36,85

Portanto, 36,85% do número total dos valores calculados das propriedades termofísicas das sementes de cajá, na ultra-baixa temperatura de $-100 \text{ } ^\circ\text{C}$, no intervalo de teor de água (b.u.) de 6,5 a 61,84%, são confiáveis.

V.4.2.1.3 Sementes de cajá -150 °C

Nas Figuras de V.25 a V.28 são apresentados os intervalos de confiança, com os valores calculados para as propriedades termofísicas (massa específica aparente, calor específico aparente, condutividade térmica aparente e difusividade térmica aparente), das sementes de cajá.

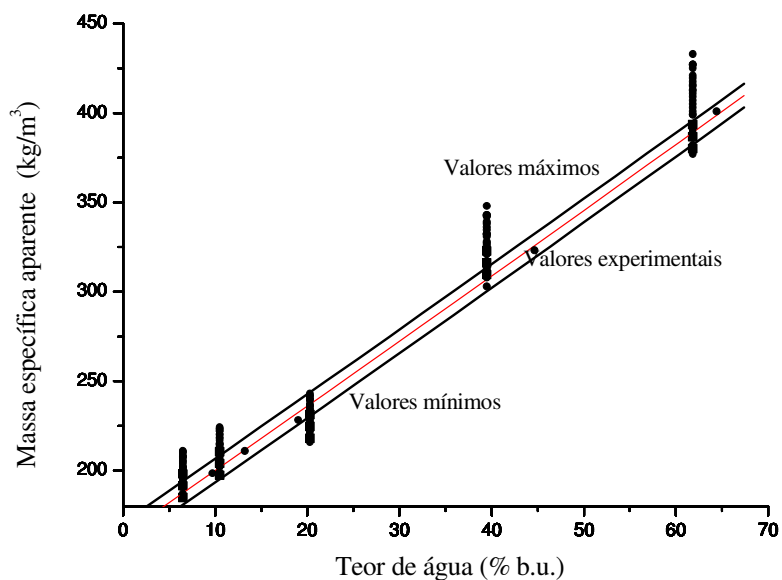


Figura V.25 - Valores calculados e o intervalo de confiança da massa específica aparente de sementes de cajá em função do teor de água, na temperatura de -150 °C.

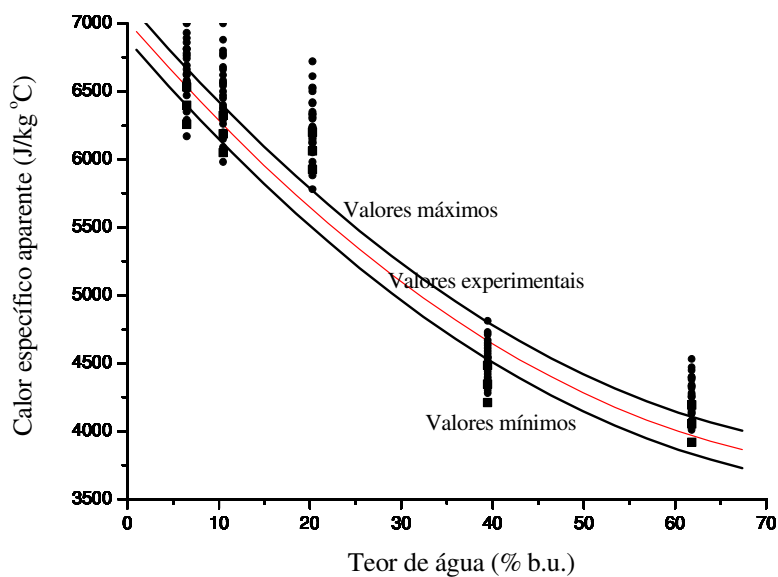


Figura V.26 - Valores calculados e o intervalo de confiança do calor específico aparente de sementes de cajá em função do teor de água, na temperatura de -150 °C.

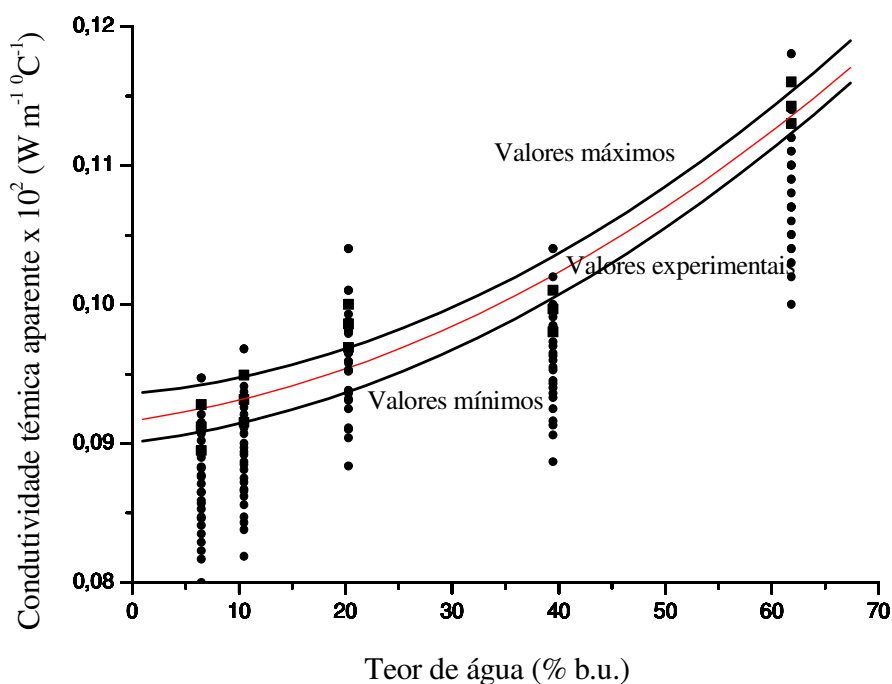


Figura V.27 - Valores calculados e o intervalo de confiança da condutividade térmica aparente de sementes de cajá em função do teor de água, na temperatura de -150°C .

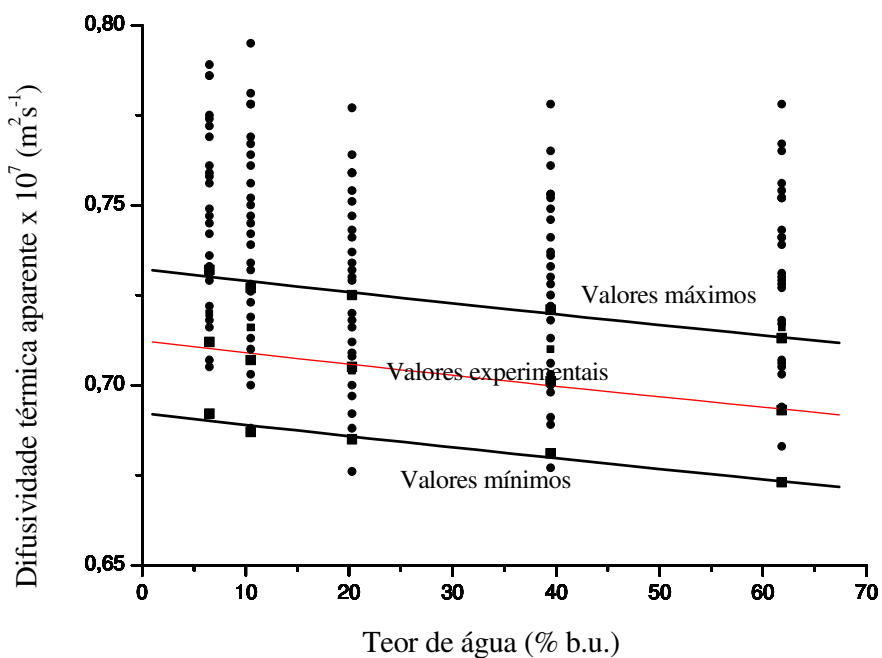


Figura V.28 - Valores calculados e o intervalo de confiança da difusividade térmica aparente de sementes de cajá em função do teor de água, na temperatura de -150°C .

Na Tabela V.13 são apresentadas as equações, obtidas por regressão, que definem os intervalos de confiança dos valores calculados.

Tabela V.13 - Modelos que limitam os intervalos de confiança das propriedades termofísicas das sementes de cajá em função do teor de água (b.u.), na temperatura de - 150 °C.

	Equações	R ²
Massa específica aparente	$\rho_{\text{mínimo}} = 157,606 + 3,5649 X + 0,00174 X^2$	0,93595
	$\rho_{\text{medido}} = 164,266 + 3,5649 X + 0,00174 X^2$	0,93595
	$\rho_{\text{máximo}} = 170,926 + 3,5649 X + 0,00174 X^2$	0,93595
Calor específico aparente	$c_{\text{mínimo}} = 6.878,720 - 77,622 X + 0,4583 X^2$	0,99044
	$c_{\text{medido}} = 7.015,612 - 77,622 X + 0,4583 X^2$	0,99044
	$c_{\text{máximo}} = 7.152,274 - 77,622 X + 0,4583 X^2$	0,99044
Condutividade térmica aparente	$K_{\text{mínimo}} = 0,091 + 9,11 \times 10^{-5} X + 4,341 \times 10^{-6} X^2$	0,94584
	$K_{\text{medido}} = 0,092 + 1,05 \times 10^{-4} X + 4,024 \times 10^{-6} X^2$	0,94505
	$K_{\text{máximo}} = 0,093 + 6,98 \times 10^{-5} X + 4,555 \times 10^{-6} X^2$	0,94476
Difusividade térmica aparente	$\alpha_{\text{mínimo}} = 0,692 - 3,26 X \times 10^{-4} + 3,254 \times 10^{-7} X^2$	0,95638
	$\alpha_{\text{medido}} = 0,712 - 3,26 X \times 10^{-4} + 3,254 \times 10^{-7} X^2$	0,95638
	$\alpha_{\text{máximo}} = 0,692 - 3,26 X \times 10^{-4} + 3,254 \times 10^{-7} X^2$	0,95638

em que,

c_p - calor específico aparente, a pressão constante, J kg⁻¹ °C⁻¹

ρ_{ap} - massa específica aparente, kg m⁻³

K - condutividade térmica aparente, W m⁻¹ °C⁻¹

α - difusividade térmica aparente, m² s⁻¹

X - teor de água, % b.u.

Na Tabela V.14 são apresentados os percentuais dos números de valores calculados das propriedades termofísicas das sementes de cajá que estão no intervalo de confiança, como também é apresentado o percentual do número total de valores calculados das propriedades termofísicas que estão no intervalo de confiança.

Tabela V.14 - Percentual do número de valores calculados das propriedades termofísicas das sementes de cajá que estão no intervalo de confiança.

Propriedade termofísica	Percentual de valores válidos (%)
Massa específica aparente	39,23
Calor específico aparente	32,59
Condutividade térmica aparente	23,70
Difusividade térmica aparente	35,56
Total de valores válidos	32,78

Portanto, 32,78% do número total dos valores calculados das propriedades termofísicas das sementes de cajá, na ultra-baixa temperatura de -150°C , no intervalo de teor de água (b.u.) de 6,5 a 61,84%, são confiáveis.

V.4.2.2. Semente de graviola

As propriedades termofísicas das sementes de graviola foram obtidas experimentalmente, nos teores de água (b.u.) (7,32; 11,46; 14,62; 17,6 e 19,52%).

As combinações possíveis para o cálculo dos valores confiáveis das propriedades termofísicas nos teores de água (b.u.) estudados, são 135 (cento e trinta e cinco) valores de cada uma das propriedades termofísicas, (massa específica aparente, calor específico aparente, condutividade térmica aparente e difusividade térmica aparente) calculadas com os dados das outras três propriedades, no intervalo de confiança.

V.4.2.2.1 Sementes de graviola a -50 °C

Nas Figuras de V.29 a V.32 são apresentados os intervalos de confiança, com os valores calculados para as propriedades termofísicas (massa específica aparente, calor específico aparente, condutividade térmica aparente e difusividade térmica aparente), das sementes de cajá.

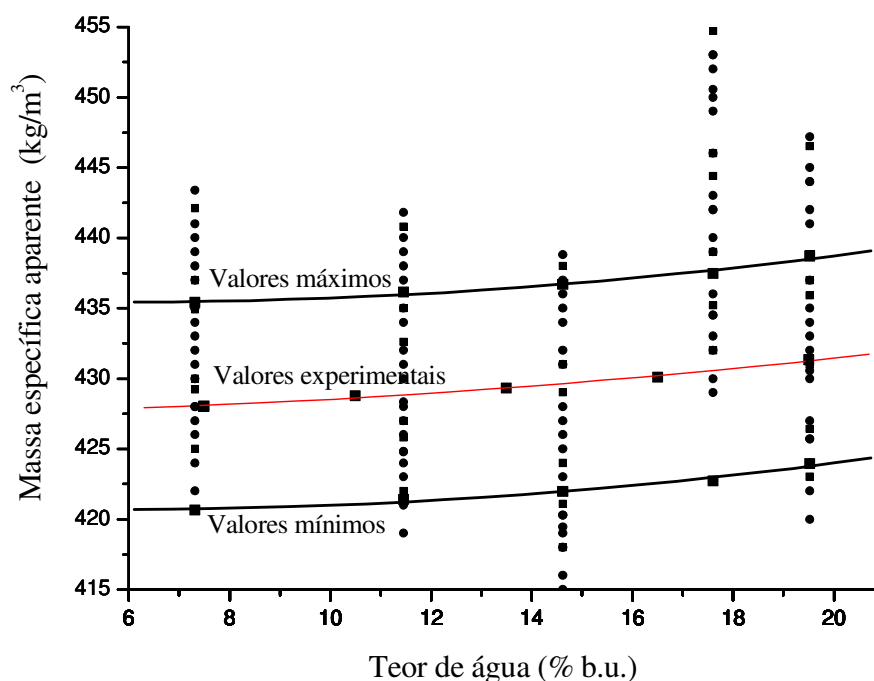


Figura V.29 - Valores calculados e o intervalo de confiança da massa específica aparente de sementes de graviola em função do teor de água, na temperatura de -50 °C.

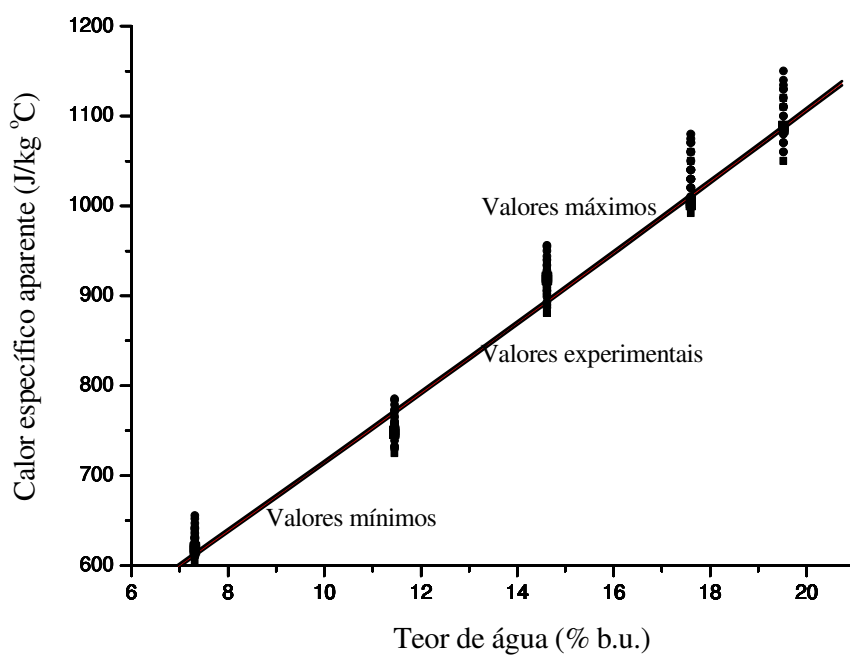


Figura V.30 - Valores calculados e o intervalo de confiança do calor específico aparente de sementes de graviola em função do teor de água, na temperatura de -50°C.

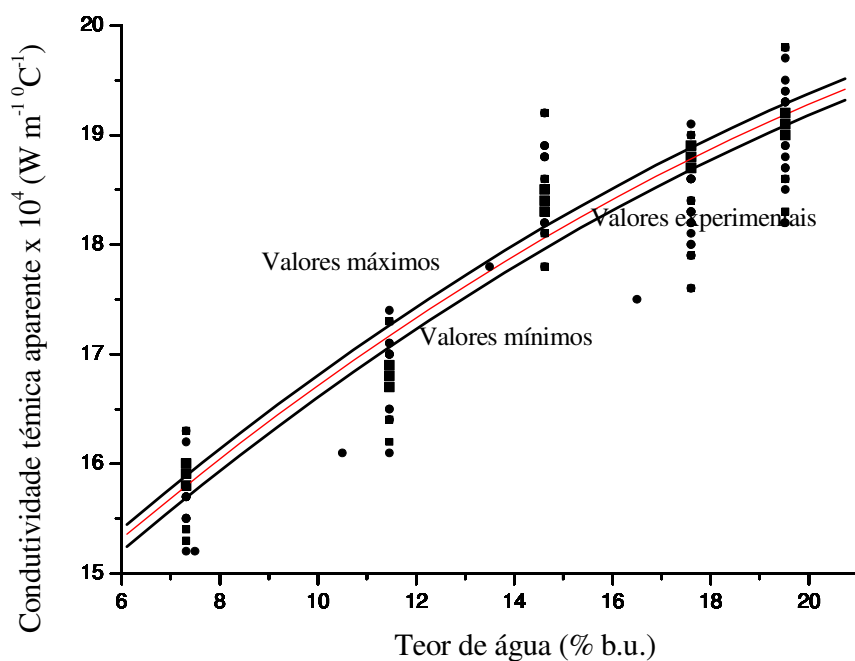


Figura V.31 - Valores calculados e o intervalo de confiança da condutividade térmica aparente de sementes de graviola em função do teor de água, na temperatura de -50°C.

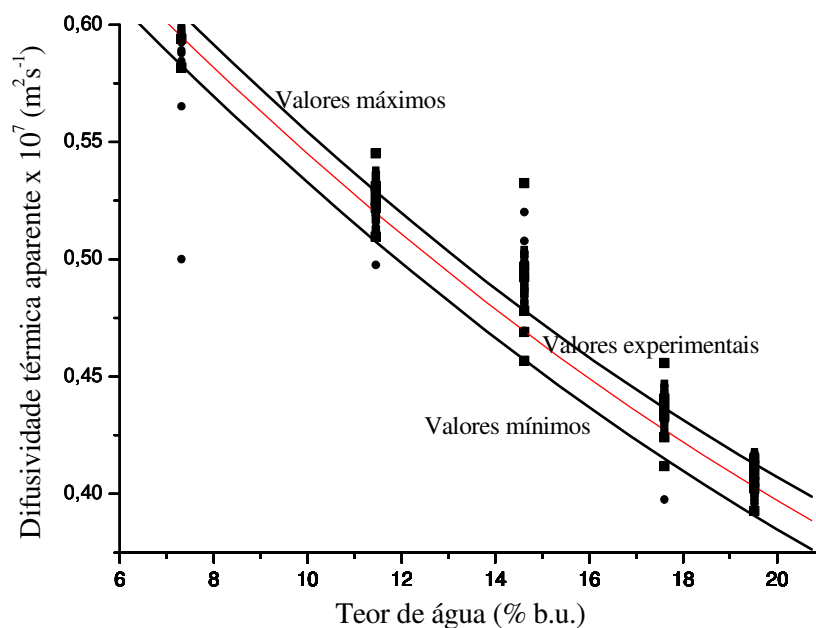


Figura V.32 - Valores calculados e o intervalo de confiança da difusividade térmica aparente de sementes de graviola em função do teor de água, na temperatura de -50 °C.

Na Tabela V.15 são apresentados as equações, obtidas por regressão, que definem os intervalos de confiança dos valores calculados.

Tabela V.15 - Modelos que limitam os intervalos de confiança das propriedades termofísicas das sementes de graviola em função do teor de água (b.u.), na temperatura de - 50 °C.

	Equações	R ²
Massa específica aparente	$\rho_{\text{mínimo}} = 421,219 - 0,1848 X + 0,01617 X^2$	0,99112
	$\rho_{\text{medido}} = 427,745 - 0,27041X + 0,06214 X^2$	0,99113
	$\rho_{\text{máximo}} = 435,959 - 0,1848 X + 0,01617 X^2$	0,99116
Calor específico aparente	$c_{\text{mínimo}} = 338,126 + 36,651 X + 0,08438 X^2$	0,97803
	$c_{\text{medido}} = 339,952 + 36,615 X + 0,08681 X^2$	0,99279
	$c_{\text{máximo}} = 341,987 + 36,563 X + 0,08943 X^2$	0,97803
Condutividade térmica aparente	$K_{\text{mínimo}} = 12,701 + 0,4453 X - 0,00654 X^2$	0,96500
	$K_{\text{medido}} = 12,837 + 0,4413 X - 0,00674 X^2$	0,96454
	$K_{\text{máximo}} = 12,901 + 0,4577 X - 0,00669 X^2$	0,96500
Difusividade térmica aparente	$\alpha_{\text{mínimo}} = 0,741 - 0,02373 X + 2,978 \times 10^{-4} X^2$	0,99913
	$\alpha_{\text{medido}} = 0,753 - 0,02373 X + 2,978 \times 10^{-4} X^2$	0,99913
	$\alpha_{\text{máximo}} = 0,767 - 0,02454 X + 3,274 \times 10^{-4} X^2$	0,99901

em que,

c_p - calor específico aparente, a pressão constante, $\text{J kg}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

ρ_{ap} - massa específica aparente, kg m^{-3}

K - condutividade térmica aparente, $\text{W m}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

α - difusividade térmica aparente, $\text{m}^2 \text{ s}^{-1}$

X - teor de água, % b.u.

Na Tabela V.16 são apresentados os percentuais dos números de valores calculados das propriedades termofísicas das sementes de graviola que estão no intervalo de confiança, como também é apresentado o percentual do número total de valores calculados das propriedades termofísicas que estão no intervalo de confiança.

Tabela V.16 - Percentual do número de valores calculados das propriedades termofísicas das sementes de graviola que estão no intervalo de confiança.

Propriedade termofísica	Percentual de valores válidos (%)
Massa específica aparente	57,04
Calor específico aparente	20,74
Condutividade térmica aparente	22,22
Difusividade térmica aparente	33,33
Total de valores válidos	34,44

Portanto, 34,44% do número total dos valores calculados das propriedades termofísicas das sementes de graviola, na ultra-baixa temperatura de $-50\text{ } ^\circ\text{C}$, no intervalo de teor de água (b.u.) de 7,32 a 19,52%, são confiáveis.

V.4.2.2.2 Sementes de graviola a -100 °C

Nas Figuras de V.33 a V.36 são apresentados os intervalos de confiança, com os valores calculados para as propriedades termofísicas (massa específica aparente, calor específico aparente, condutividade térmica aparente e difusividade térmica aparente), das sementes de cajá.

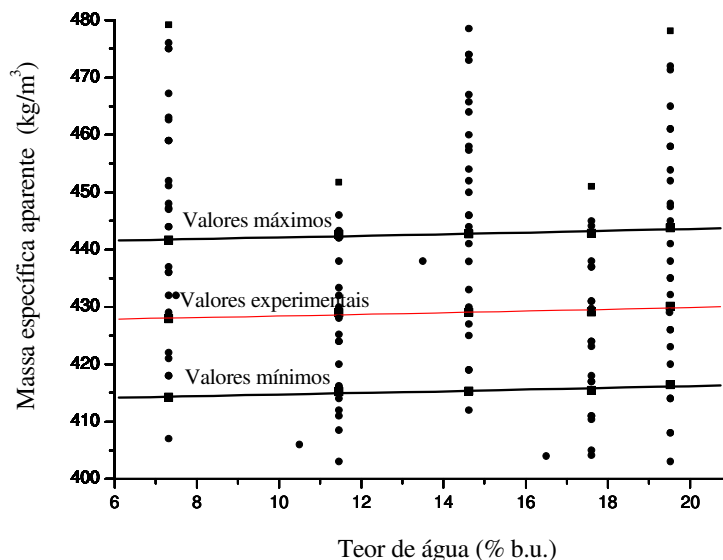


Figura V.33 - Valores calculados e o intervalo de confiança do massa específica aparente de sementes de graviola em função do teor de água, na temperatura de -100 °C.

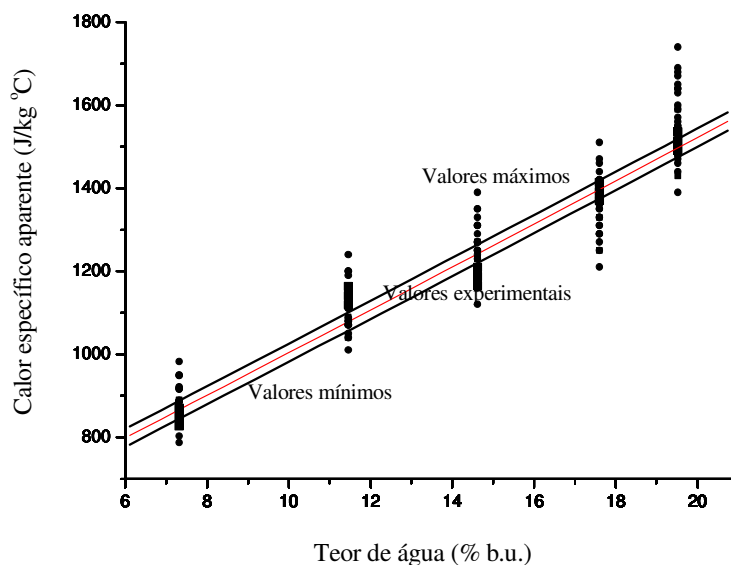


Figura V.34 - Valores calculados e o intervalo de confiança do calor específico aparente de sementes de graviola em função do teor de água, na temperatura de -100 °C.

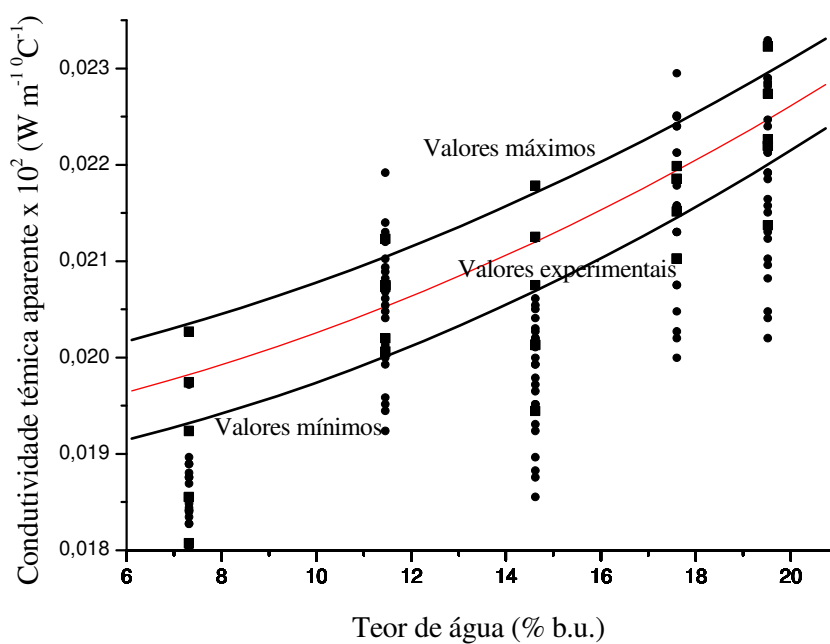


Figura V.35 - Valores calculados e o intervalo de confiança da condutividade térmica aparente de sementes de graviola em função do teor de água, na temperatura de -100°C.

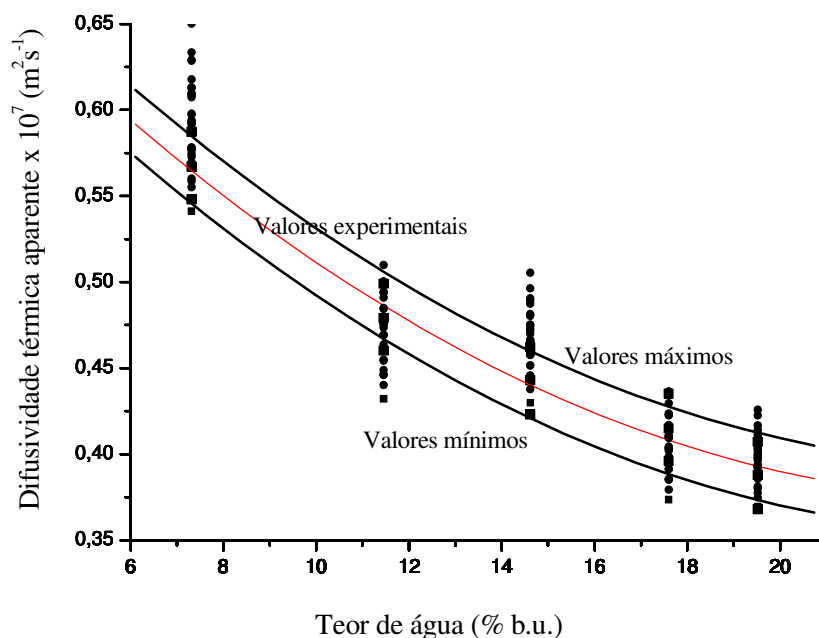


Figura V.36 - Valores calculados e o intervalo de confiança da difusividade térmica aparente de sementes de graviola em função do teor de água, na temperatura de -100°C.

Na Tabela V.17 são apresentadas as equações, obtidas por regressão, que definem os intervalos de confiança dos valores calculados.

Tabela V.17 - Modelos que limitam os intervalos de confiança das propriedades termofísicas das sementes de graviola em função do teor de água (b.u.), na temperatura de - 100 °C.

	Equações	R ²
Massa específica aparente	$\rho_{\text{mínimo}} = 421,219 - 0,1848 X + 0,01617 X^2$	0,84063
	$\rho_{\text{medido}} = 427,745 - 0,27041X + 0,06214 X^2$	0,84063
	$\rho_{\text{máximo}} = 435,959 - 0,1848 X + 0,01617 X^2$	0,84063
Calor específico aparente	$c_{\text{mínimo}} = 338,126 + 36,651 X + 0,08438 X^2$	0,97127
	$c_{\text{medido}} = 339,952 + 36,615 X + 0,08681 X^2$	0,97125
	$c_{\text{máximo}} = 341,987 + 36,563 X + 0,08943 X^2$	0,97123
Condutividade térmica aparente	$K_{\text{mínimo}} = 12,701 + 0,4453 X - 0,00654 X^2$	0,94029
	$K_{\text{medido}} = 12,837 + 0,4413 X - 0,00674 X^2$	0,93712
	$K_{\text{máximo}} = 12,901 + 0,4577 X - 0,00669 X^2$	0,93199
Difusividade térmica aparente	$\alpha_{\text{mínimo}} = 0,741 - 0,02373 X + 2,978 \times 10^{-4} X^2$	0,99264
	$\alpha_{\text{medido}} = 0,753 - 0,02373 X + 2,978 \times 10^{-4} X^2$	0,99286
	$\alpha_{\text{máximo}} = 0,767 - 0,02454 X + 3,274 \times 10^{-4} X^2$	0,99264

em que,

c_p - calor específico aparente, a pressão constante, J kg⁻¹ °C⁻¹

ρ_{ap} - massa específica aparente, kg m⁻³

K - condutividade térmica aparente, W m⁻¹ °C⁻¹

α - difusividade térmica aparente, m² s⁻¹

X - teor de água, % b.u.

Tabela V.18 são apresentados os percentuais dos números de valores calculados das propriedades termofísicas das sementes de graviola que estão no intervalo de confiança, como também é apresentado o percentual do número total de valores calculados das propriedades termofísicas que estão no intervalo de confiança.

Tabela V.18 - Percentual do número de valores calculados das propriedades termofísicas das sementes de graviola que estão no intervalo de confiança.

Propriedade termofísica	Percentual de valores válidos (%)
Massa específica aparente	38,52
Calor específico aparente	25,93
Condutividade térmica aparente	27,41
Difusividade térmica aparente	58,72
Total de valores válidos	37,59

Portanto, 37,59% do número total dos valores calculados das propriedades termofísicas das sementes de graviola, na ultra-baixa temperatura de -100°C , no intervalo de teor de água (b.u.) de 7,32 a 19,52%, são confiáveis.

V.4.2.2.3 Sementes de graviola a -150 °C

Nas Figuras de V.37 a V.40 são apresentados os intervalos de confiança, com os valores calculados para as propriedades termofísicas (massa específica aparente, calor específico aparente, condutividade térmica aparente e difusividade térmica aparente), das sementes de cajá.

Na Tabela V.19 são apresentados as equação, obtidas por regressão, que definem os intervalos de confiança dos valores calculados.

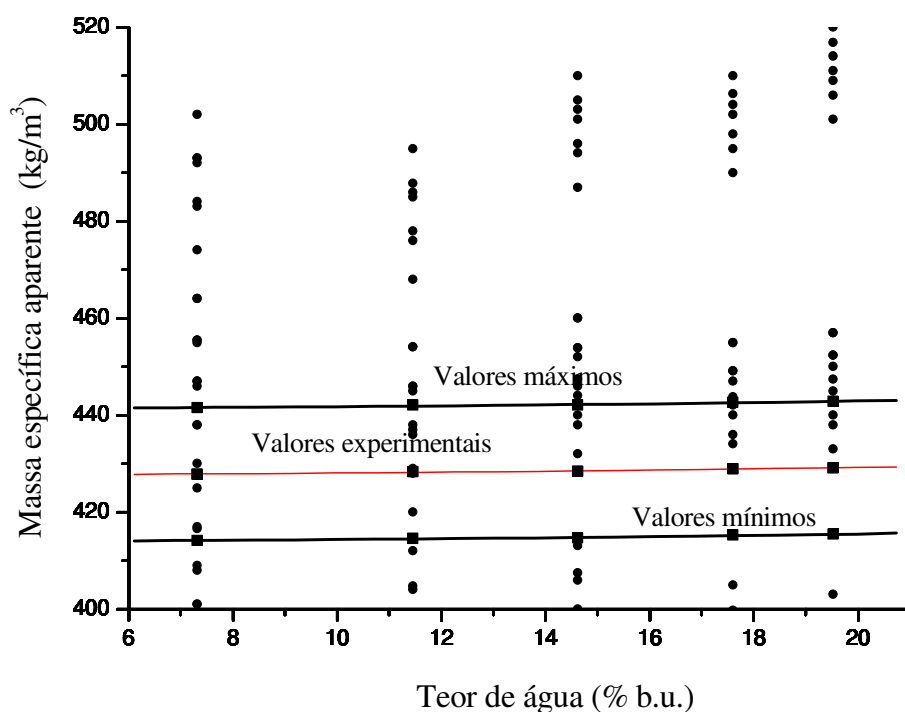


Figura V.37 - Valores calculados e o intervalo de confiança do massa específica aparente de sementes de graviola em função do teor de água, na temperatura de -150 °C.

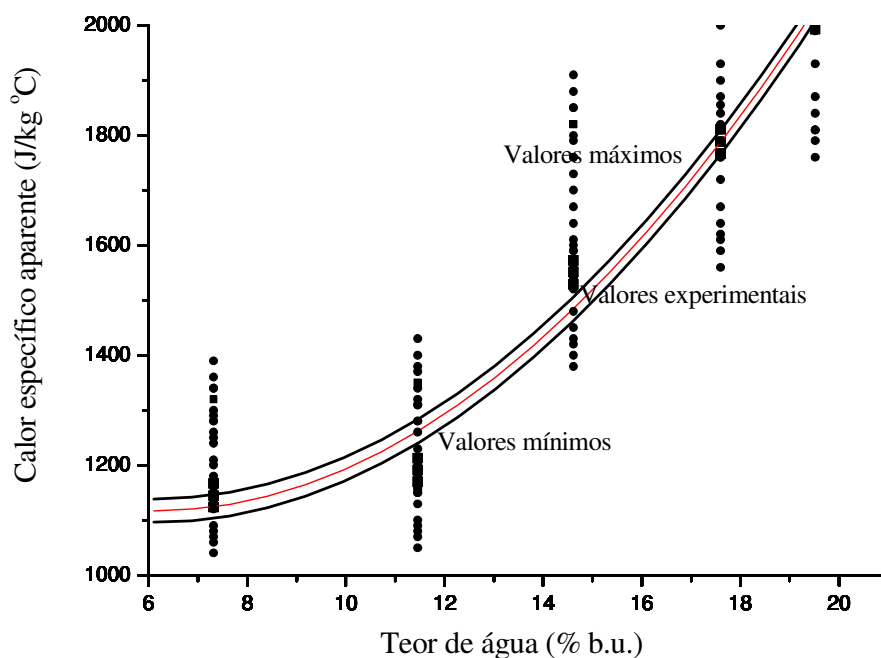


Figura V.38 - Valores calculados e o intervalo de confiança do calor específico aparente de sementes de graviola em função do teor de água, na temperatura de -150 °C.

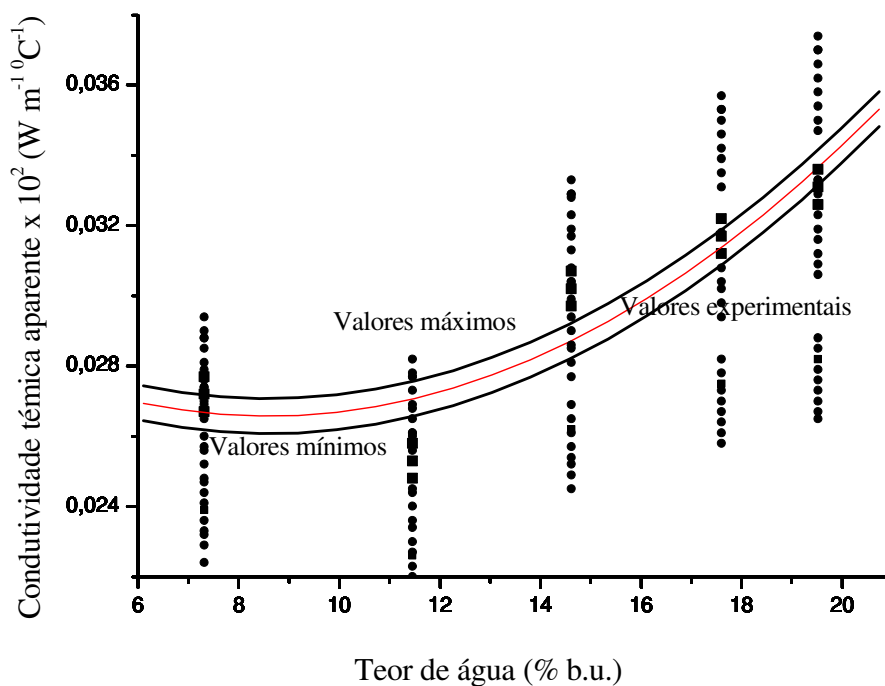


Figura V.39 - Valores calculados e o intervalo de confiança da condutividade térmica aparente de sementes de graviola em função do teor de água, na temperatura de -150 °C.

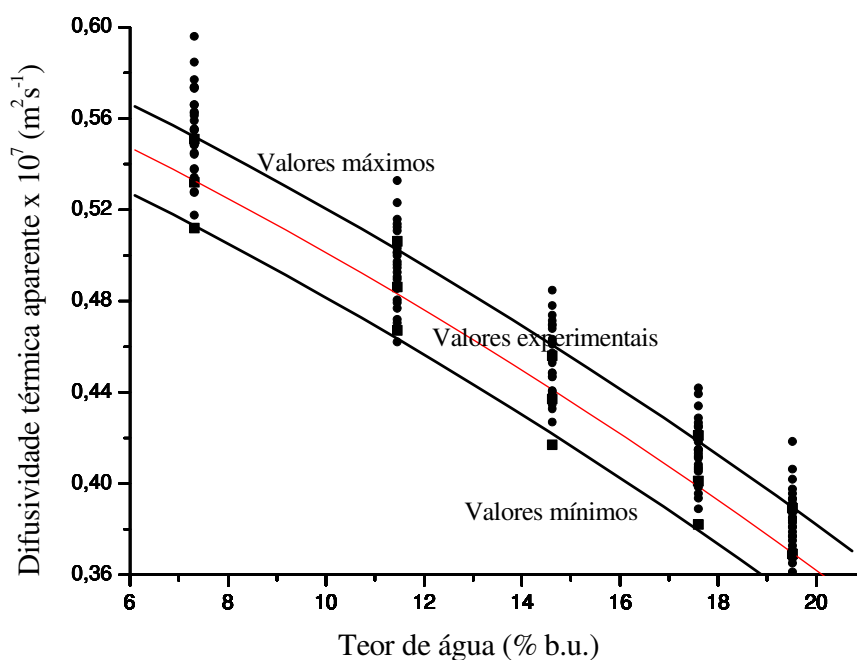


Figura V.40 - Valores calculados e o intervalo de confiança da difusividade térmica aparente de sementes de graviola em função do teor de água, na temperatura de -150 °C.

Tabela V.19 - Modelos que limitam os intervalos de confiança das propriedades termofísicas das sementes de graviola em função do teor de água (b.u.), na temperatura de -150 °C.

	Equações	R ²
Massa específica aparente	$\rho_{\text{mínimo}} = 413,926 + 0,00424 X + 0,00371 X^2$	0,96307
	$\rho_{\text{medido}} = 427,626 + 0,00424 X + 0,00371 X^2$	0,96307
	$\rho_{\text{máximo}} = 441,326 + 0,00424 X + 0,00371 X^2$	0,96307
Calor específico aparente	$c_{\text{mínimo}} = 1.287,801 - 62,423 X + 5,0907 X^2$	0,98222
	$c_{\text{medido}} = 1.307,697 - 62,274 X + 5,0883 X^2$	0,98208
	$c_{\text{máximo}} = 1.330,215 - 62,342 X + 5,0891 X^2$	0,98223
Condutividade térmica aparente	$K_{\text{mínimo}} = 0,03045 - 0,00102 X + 5,924 \times 10^{-5} X^2$	0,85549
	$K_{\text{medido}} = 0,03095 - 0,00102 X + 5,924 \times 10^{-5} X^2$	0,85549
	$K_{\text{máximo}} = 0,03146 - 0,00102 X + 5,924 \times 10^{-5} X^2$	0,85549
Difusividade térmica aparente	$\alpha_{\text{mínimo}} = 0,586 - 0,00877 X - 1,688 X^2$	0,99743
	$\alpha_{\text{medido}} = 0,6064 - 0,00884 X - 1,689 X^2$	0,99807
	$\alpha_{\text{máximo}} = 0,625 - 0,00877 X - 1,688 X^2$	0,99743

em que,

c_p - calor específico aparente, a pressão constante, $\text{J kg}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

ρ_{ap} - massa específica aparente, kg m^{-3}

K - condutividade térmica aparente, $\text{W m}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

α - difusividade térmica aparente, $\text{m}^2 \text{ s}^{-1}$

X - teor de água, % b.u.

Na Tabela V.20 são apresentados os percentuais dos números de valores calculados das propriedades termofísicas das sementes de graviola que estão no intervalo de confiança, como também é apresentado o percentual do número total de valores calculados das propriedades termofísicas que estão no intervalo de confiança.

Tabela V.20 - Percentual do número de valores calculados das propriedades termofísicas das sementes de graviola que estão no intervalo de confiança.

Propriedade termofísica	Percentual de valores válidos (%)
Massa específica aparente	17,04
Calor específico aparente	13,33
Condutividade térmica aparente	11,85
Difusividade térmica aparente	61,48
Total de valores válidos	25,96

Portanto, 25,96% do número total dos valores calculados das propriedades termofísicas das sementes de graviola, na ultra-baixa temperatura de $-150 \text{ } ^\circ\text{C}$, no intervalo de teor de água (b.u.) de 7,32 a 19,52%, são confiáveis.

V.4.2.3 Semente de tamarindo

As propriedades termofísicas das sementes de tamarindo foram obtidas experimentalmente, nos teores de água (b.u.) (5,89; 12,34; 14,67; 19,5 e 33,5%).

As combinações possíveis para o cálculo dos valores confiáveis das propriedades termofísicas nos teores de água (b.u.) estudados, são 135 (cento e trinta e cinco) valores de cada uma das propriedades termofísicas, (massa específica aparente, calor específico aparente, condutividade térmica aparente e difusividade térmica aparente) calculadas com os dados das outras três propriedades, no intervalo de confiança.

V.4.2.3.1 Sementes de tamarindo a -50°C

Nas Figuras de V.41 a V.44 são apresentados os intervalos de confiança, com os valores calculados para as propriedades termofísicas (massa específica aparente, calor específico aparente, condutividade térmica aparente e difusividade térmica aparente), das sementes de tamarindo.

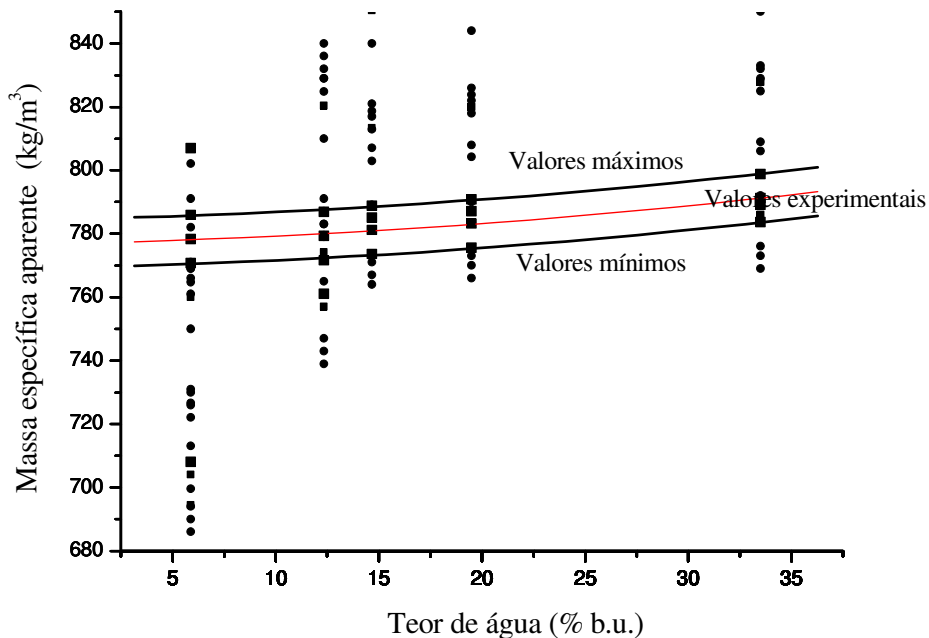


Figura V.41 - Valores calculados e o intervalo de confiança do massa específica aparente de sementes de tamarindo em função do teor de água, na temperatura de -50°C .

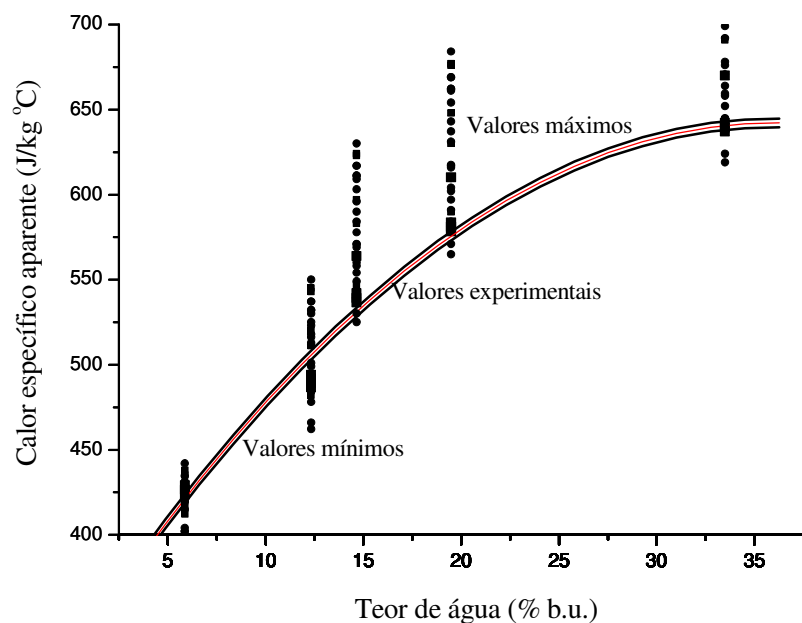


Figura V.42 - Valores calculados e o intervalo de confiança do calor específico aparente de sementes de tamarindo em função do teor de água, na temperatura de -50 °C.

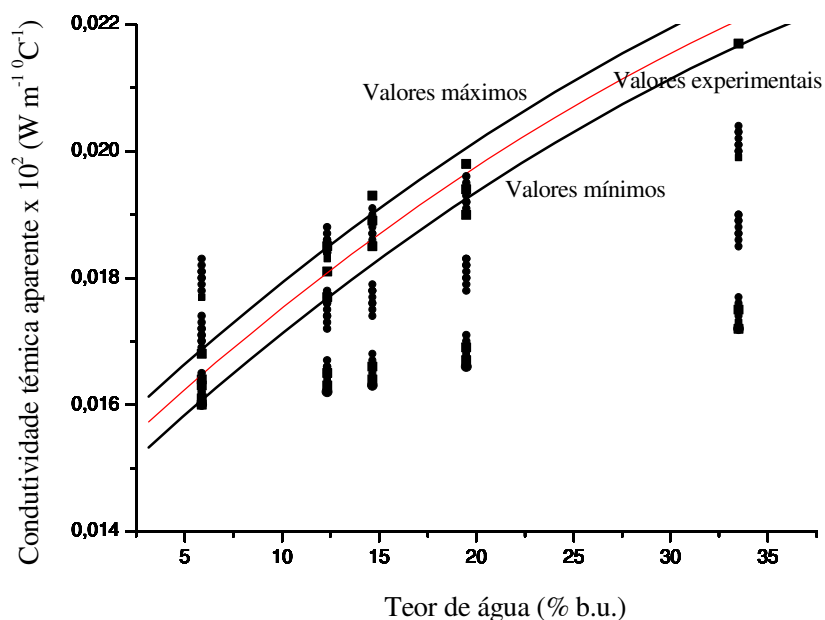


Figura V.43 - Valores calculados e o intervalo de confiança da condutividade térmica aparente de sementes de tamarindo em função do teor de água, na temperatura de -50 °C.

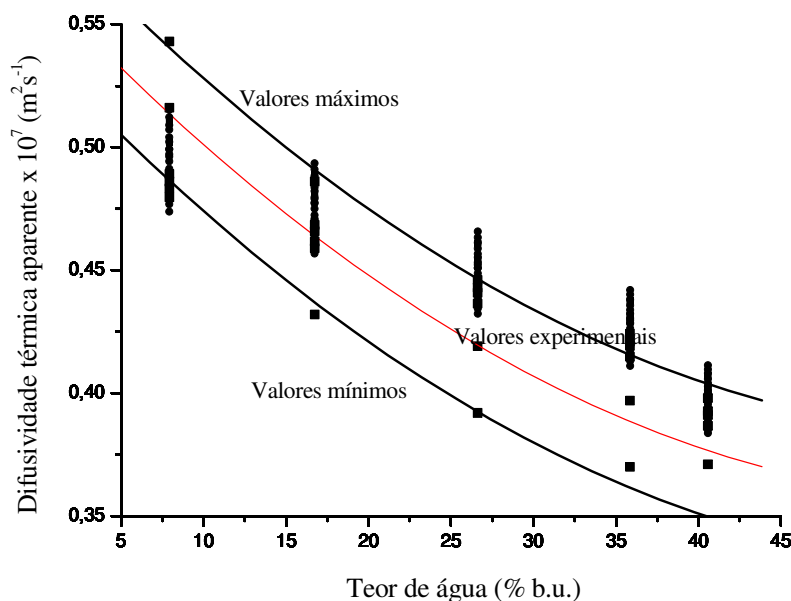


Figura V.44 - Valores calculados e o intervalo de confiança do difusividade térmica aparente de sementes de tamarindo em função do teor de água, na temperatura de -50 °C.

Na Tabela V.21 são apresentados as equação, obtidas por regressão, que definem os intervalos de confiança dos valores calculados.

Tabela V.21 - Modelos que limitam os intervalos de confiança das propriedades termofísicas das sementes de tamarindo em função do teor de água (b.u.), na temperatura de -50 °C.

	Equações	R ²
Massa específica aparente	$\rho_{\text{mínimo}} = 769,362 + 0,1384 X + 0,00856 X^2$	0,99305
	$\rho_{\text{medido}} = 776,993 + 0,1384 X + 0,00856 X^2$	0,99305
	$\rho_{\text{máximo}} = 784,622 + 0,1384 X + 0,00856 X^2$	0,99305
Calor específico aparente	$c_{\text{mínimo}} = 324,325 - 17,493 X + 0,24255 X^2$	0,98539
	$c_{\text{medido}} = 326,897 - 17,498 X + 0,24278 X^2$	0,98537
	$c_{\text{máximo}} = 329,497 - 17,498 X + 0,24278 X^2$	0,98537
Condutividade térmica aparente	$K_{\text{mínimo}} = 0,0139 - 3,99 \times 10^{-5} X - 6,478 \times 10^{-5} X^2$	0,99127
	$K_{\text{medido}} = 0,0143 - 3,99 \times 10^{-5} X - 6,478 \times 10^{-5} X^2$	0,99230
	$K_{\text{máximo}} = 0,0147 - 3,99 \times 10^{-5} X - 6,478 \times 10^{-5} X^2$	0,99136
Difusividade térmica aparente	$\alpha_{\text{mínimo}} = 0,5393 - 0,00713 X + 6,052 \times 10^{-5} X^2$	0,98956
	$\alpha_{\text{medido}} = 0,5663 - 0,00713 X + 6,052 \times 10^{-5} X^2$	0,98956
	$\alpha_{\text{máximo}} = 0,5933 - 0,00713 X + 6,052 \times 10^{-5} X^2$	0,98956

em que,

c_p - calor específico aparente, a pressão constante, $\text{J kg}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

ρ_{ap} - massa específica aparente, kg m^{-3}

K - condutividade térmica aparente, $\text{W m}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

α - difusividade térmica aparente, $\text{m}^2 \text{ s}^{-1}$

X - teor de água, % b.u.

Na Tabela V.22 são apresentados os percentuais dos números de valores calculados das propriedades termofísicas das sementes de tamarindo que estão no intervalo de confiança, como também é apresentado o percentual do número total de valores calculados das propriedades termofísicas que estão no intervalo de confiança.

Tabela V.22 - Percentual do número de valores calculados das propriedades termofísicas das sementes de tamarindo que estão no intervalo de validade.

Propriedade termofísica	Percentual de valores válidos (%)
Massa específica aparente	11,11
Calor específico aparente	8,89
Condutividade térmica aparente	32,59
Difusividade térmica aparente	61,48
Total de valores válidos	28,52

Portanto, 28,52% do número total dos valores calculados das propriedades termofísicas das sementes de tamarindo, na ultra-baixa temperatura de $-50 \text{ } ^\circ\text{C}$, no intervalo de teor de água (b.u.) de 5,89 a 33,5%, são confiáveis.

V.4.2.3.2 Sementes de tamarindo a -100 °C

Nas Figuras de V.45 a V.48 são apresentados os intervalos de confiança, com os valores calculados para as propriedades termofísicas (massa específica aparente, calor específico aparente, condutividade térmica aparente e difusividade térmica aparente), das sementes de tamarindo.

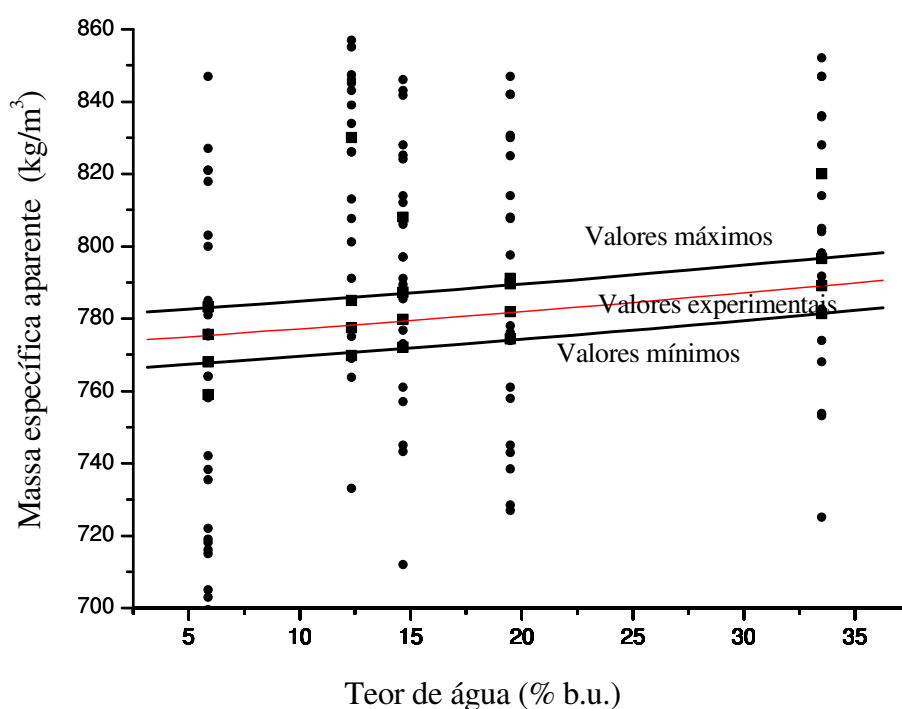


Figura V.45 - Valores calculados e o intervalo de confiança do massa específica aparente de sementes de tamarindo em função do teor de água, na temperatura de -100 °C.

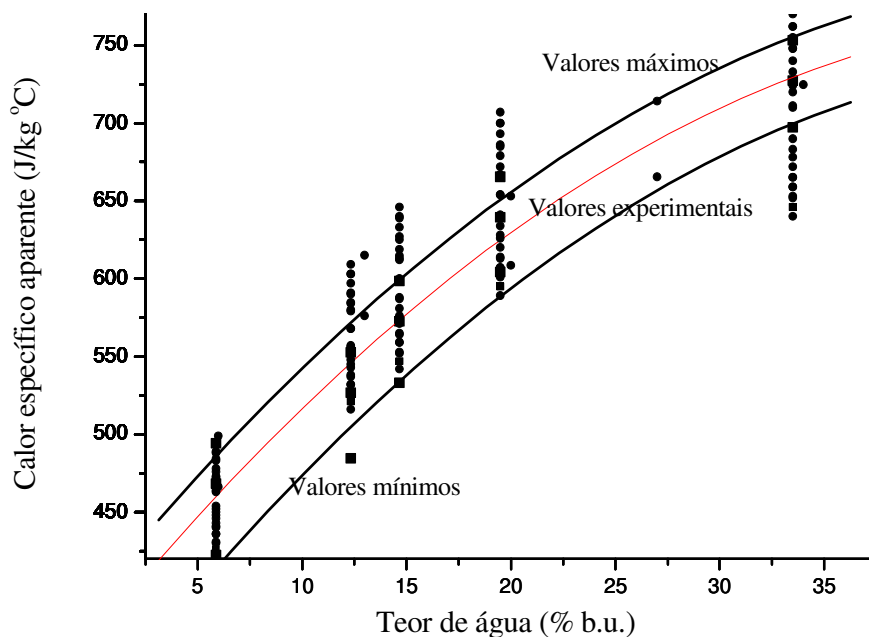


Figura V.46 - Valores calculados e o intervalo de confiança do calor específico aparente de sementes de tamarindo em função do teor de água, na temperatura de -100 °C.

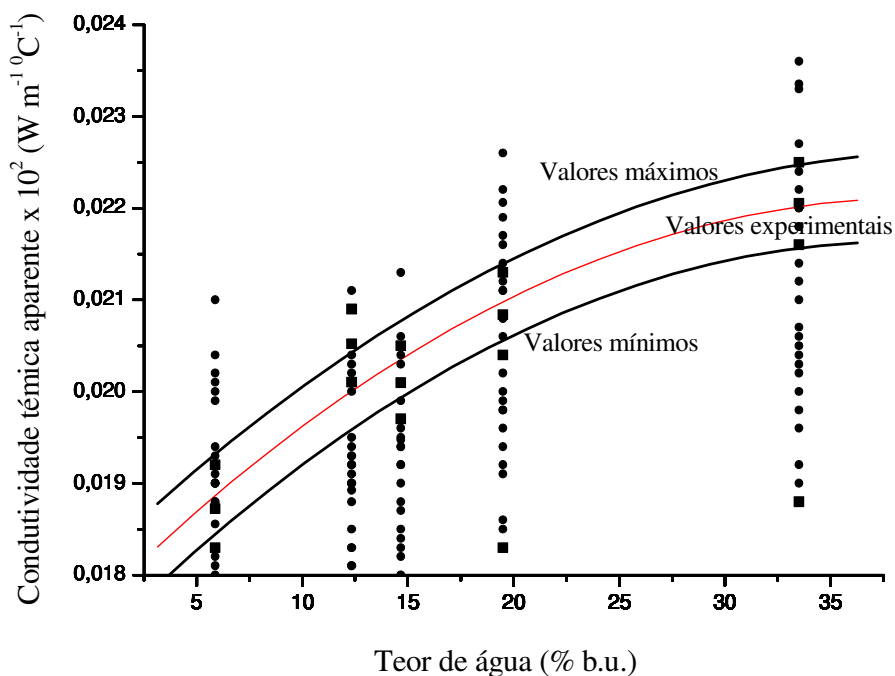


Figura V.47 - Valores calculados e o intervalo de confiança da condutividade térmica aparente de sementes de tamarindo em função do teor de água, na temperatura de -100 °C.

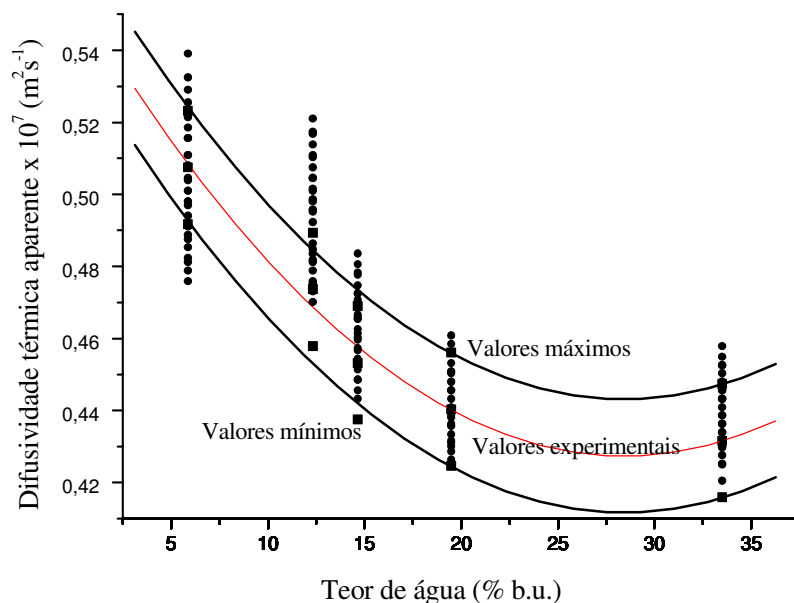


Figura V.48 - Valores calculados e o intervalo de confiança do difusividade térmica aparente de sementes de tamarindo em função do teor de água, na temperatura de -100 °C.

Na Tabela V.23 são apresentados as equação, obtidas por regressão, que definem os intervalos de confiança dos valores calculados.

Tabela V.23 - Modelos que limitam os intervalos de confiança das propriedades termofísicas das sementes de tamarindo em função do teor de água (b.u.), na temperatura de - 100 °C.

	Equações	R ²
Massa específica aparente	$\rho_{\text{mínimo}} = 765,289 + 0,4026 X + 0,000235 X^2$	0,99118
	$\rho_{\text{medido}} = 772,919 + 0,4026 X + 0,000235 X^2$	0,99118
	$\rho_{\text{máximo}} = 780,549 + 0,4026 X + 0,000235 X^2$	0,99118
Calor específico aparente	$c_{\text{mínimo}} = 343,785 + 16,355 X - 0,1675 X^2$	0,98376
	$c_{\text{medido}} = 369,685 + 16,355 X - 0,1675 X^2$	0,98376
	$c_{\text{máximo}} = 395,584 + 16,355 X - 0,1675 X^2$	0,98376
Condutividade térmica aparente	$K_{\text{mínimo}} = 0,0172 + 2,32 \times 10^{-4} X - 3,017 \times 10^{-5} X^2$	0,93564
	$K_{\text{medido}} = 0,0176 + 2,29 \times 10^{-4} X - 2,935 \times 10^{-5} X^2$	0,93532
	$K_{\text{máximo}} = 0,0181 + 2,22 \times 10^{-4} X - 2,731 \times 10^{-5} X^2$	0,94439
Difusividade térmica aparente	$\alpha_{\text{mínimo}} = 0,5836 - 0,01554 X + 2,733 \times 10^{-5} X^2$	0,98782
	$\alpha_{\text{medido}} = 0,6106 - 0,01554 X + 2,733 \times 10^{-5} X^2$	0,98782
	$\alpha_{\text{máximo}} = 0,63765 - 0,01554 X + 2,733 \times 10^{-5} X^2$	0,98782

em que,

c_p - calor específico aparente, a pressão constante, $\text{J kg}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

ρ_{ap} - massa específica aparente, kg m^{-3}

K - condutividade térmica aparente, $\text{W m}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

α - difusividade térmica aparente, $\text{m}^2 \text{ s}^{-1}$

X - teor de água, % b.u.

Na Tabela V.24 são apresentados os percentuais dos números de valores calculados das propriedades termofísicas das sementes de tamarindo que estão no intervalo de confiança, como também é apresentado o percentual do número total de valores calculados das propriedades termofísicas que estão no intervalo de confiança.

Tabela V.24 - Percentual do número de valores calculados das propriedades termofísicas das sementes de tamarindo que estão no intervalo de confiança.

Propriedade termofísica	Percentual de valores válidos (%)
Massa específica aparente	11,11,
Calor específico aparente	47,40
Condutividade térmica aparente	26,67
Difusividade térmica aparente	68,15
Total de valores válidos	38,34

Portanto, 38,34% do número total dos valores calculados das propriedades termofísicas das sementes de tamarindo, na ultra-baixa temperatura de $-100 \text{ } ^\circ\text{C}$, no intervalo de teor de água (b.u.) de 5,89 a 33,5%, são confiáveis.

V.4.2.3.3 Sementes de tamarindo a -150 °C

Nas Figuras de V.49 a V.52 são apresentados os intervalos de confiança, com os valores calculados para as propriedades termofísicas (massa específica aparente, calor específico aparente, condutividade térmica aparente e difusividade térmica aparente), das sementes de tamarindo.

Na Tabela V.25 são apresentados as equação, obtidas por regressão, que definem os intervalos de confiança dos valores calculados.

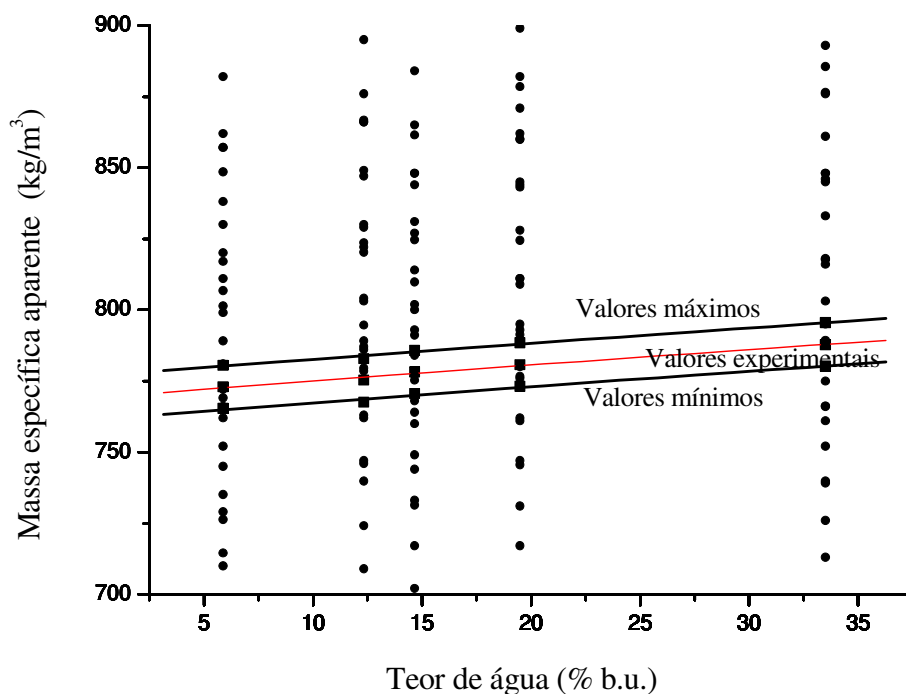


Figura V.49 - Valores calculados e o intervalo de confiança do massa específica aparente de sementes de tamarindo em função do teor de água, na temperatura de -150 °C.

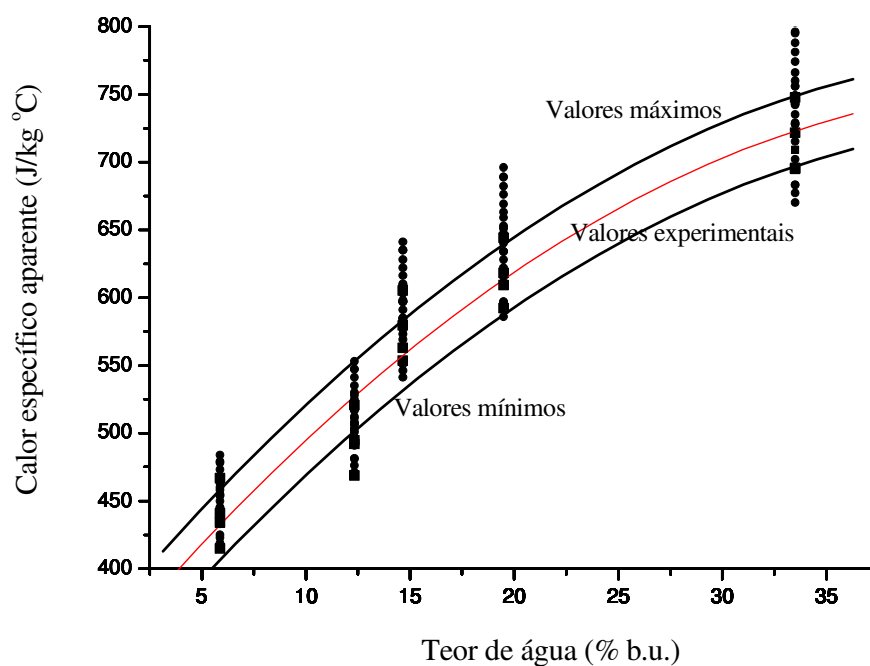


Figura V.50 - Valores calculados e o intervalo de confiança do calor específico aparente de sementes de tamarindo em função do teor de água, na temperatura de -150 °C.

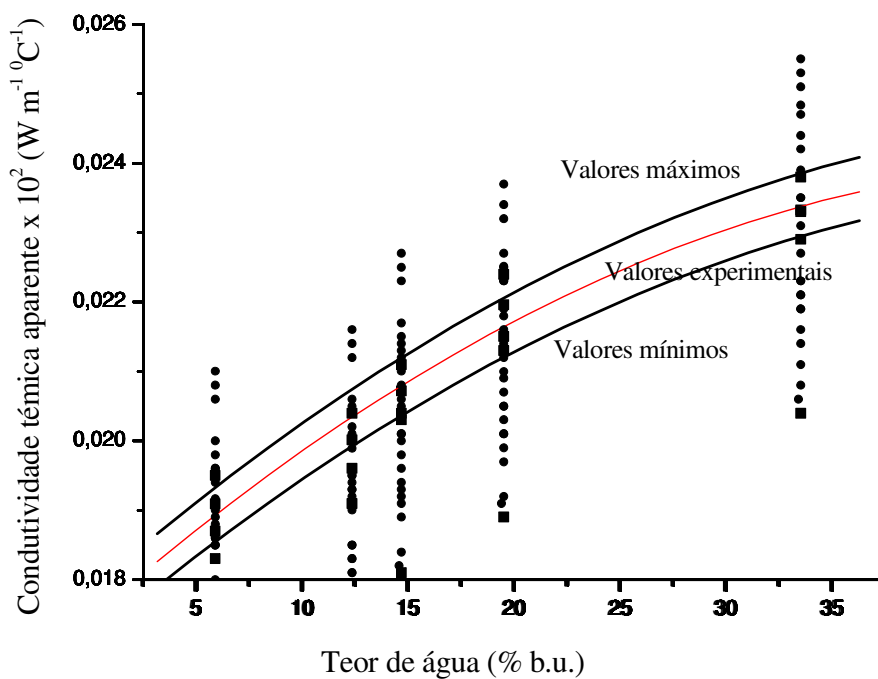


Figura V.51 - Valores calculados e o intervalo de confiança da condutividade térmica aparente de sementes de tamarindo em função do teor de água, na temperatura de -150 °C.

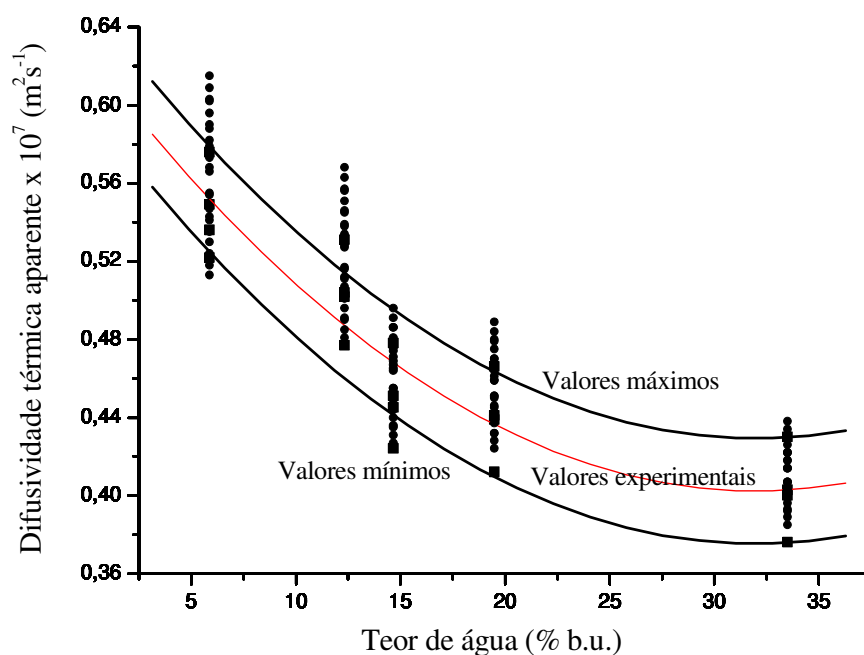


Figura V.52 - Valores calculados e o intervalo de confiança do difusividade térmica aparente de sementes de tamarindo em função do teor de água, na temperatura de -150 °C.

Tabela V.25 - Modelos que limitam os intervalos de confiança das propriedades termofísicas das sementes de tamarindo em função do teor de água (b.u.), na temperatura de -150 °C.

	Equações	R ²
Massa específica aparente	$\rho_{\text{mínimo}} = 765,289 + 0,4026 X + 0,000235 X^2$	0,98714
	$\rho_{\text{medido}} = 772,919 + 0,4026 X + 0,000235 X^2$	0,98714
	$\rho_{\text{máximo}} = 780,549 + 0,4026 X + 0,000235 X^2$	0,98714
Calor específico aparente	$C_{\text{mínimo}} = 343,785 + 16,355 X - 0,1675 X^2$	0,96564
	$C_{\text{medido}} = 369,685 + 16,355 X - 0,1675 X^2$	0,96564
	$C_{\text{máximo}} = 395,584 + 16,355 X - 0,1675 X^2$	0,96564
Condutividade térmica aparente	$K_{\text{mínimo}} = 0,0172 + 2,32 \times 10^{-4} X - 3,017 \times 10^{-5} X^2$	0,97932
	$K_{\text{medido}} = 0,0176 + 2,29 \times 10^{-4} X - 2,935 \times 10^{-5} X^2$	0,97799
	$K_{\text{máximo}} = 0,0181 + 2,22 \times 10^{-4} X - 2,731 \times 10^{-5} X^2$	0,97582
Difusividade térmica aparente	$\alpha_{\text{mínimo}} = 0,5836 - 0,01554 X + 2,733 \times 10^{-5} X^2$	0,95493
	$\alpha_{\text{medido}} = 0,6106 - 0,01554 X + 2,733 \times 10^{-5} X^2$	0,95493
	$\alpha_{\text{máximo}} = 0,63765 - 0,01554 X + 2,733 \times 10^{-5} X^2$	0,95493

em que,

c_p - calor específico aparente, a pressão constante, $\text{J kg}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

ρ_{ap} - massa específica aparente, kg m^{-3}

K - condutividade térmica aparente, $\text{W m}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

α - difusividade térmica aparente, $\text{m}^2 \text{ s}^{-1}$

X - teor de água, % b.u.

Na Tabela V.26 são apresentados os percentuais dos números de valores calculados das propriedades termofísicas das sementes de tamarindo que estão no intervalo de confiança, como também é apresentado o percentual do número total de valores calculados das propriedades termofísicas que estão no intervalo de confiança.

Tabela V.26 - Percentual do número de valores calculados das propriedades termofísicas das sementes de tamarindo que estão no intervalo de confiança.

Propriedade termofísica	Percentual de valores válidos (%)
Massa específica aparente	11,11
Calor específico aparente	54,82
Condutividade térmica aparente	25,18
Difusividade térmica aparente	70,37
Total de valores válidos	40,37

Portanto, 40,37% do número total dos valores calculados das propriedades termofísicas das sementes de tamarindo, na ultra-baixa temperatura de $-150 \text{ } ^\circ\text{C}$, no intervalo de teor de água (b.u.) de 5,89 a 33,5%, são confiáveis.

V.4.2.4 Semente de umbu

As propriedades termofísicas das sementes de umbu foram obtidas experimentalmente, nos teores de água (b.u.) (7,94; 16,75; 26,64; 35,86 e 40,58%).

As combinações possíveis para o cálculo dos valores confiáveis das propriedades termofísicas nos teores de água (b.u.) estudados, são 135 (cento e trinta e cinco) valores de cada uma das propriedades termofísicas, (massa específica aparente, calor específico aparente, condutividade térmica aparente e difusividade térmica aparente) calculadas com os dados das outras três propriedades, no intervalo de confiança.

V.4.2.4.1 Sementes de umbu a -50°C

Nas Figuras de V.53 a V.56 são apresentados os intervalos de confiança, com os valores calculados para as propriedades termofísicas (massa específica aparente, calor específico aparente, condutividade térmica aparente e difusividade térmica aparente), das sementes de umbu.

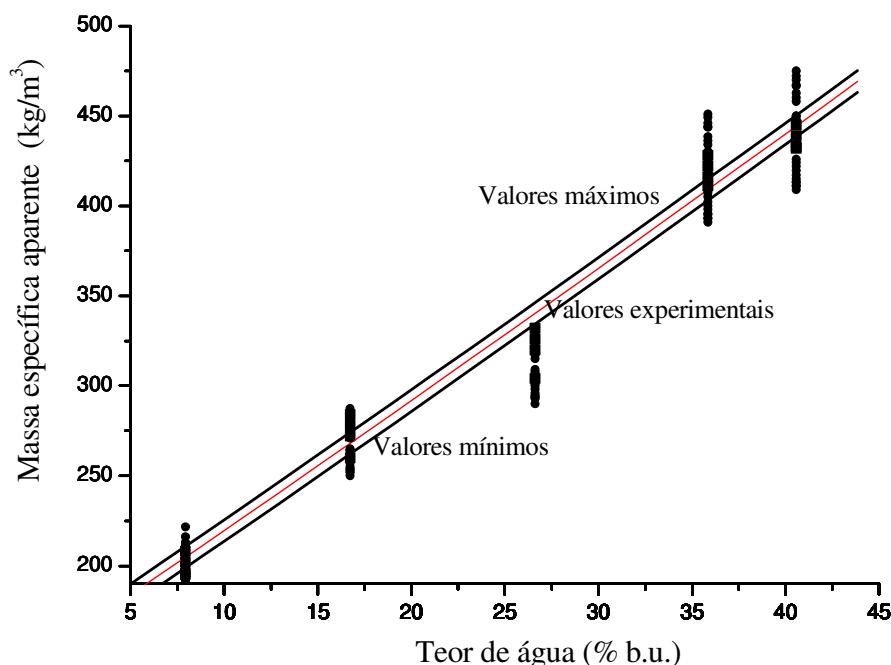


Figura V.53 - Valores calculados e o intervalo de confiança do massa específica aparente de sementes de umbu em função do teor de água, na temperatura de -50°C .

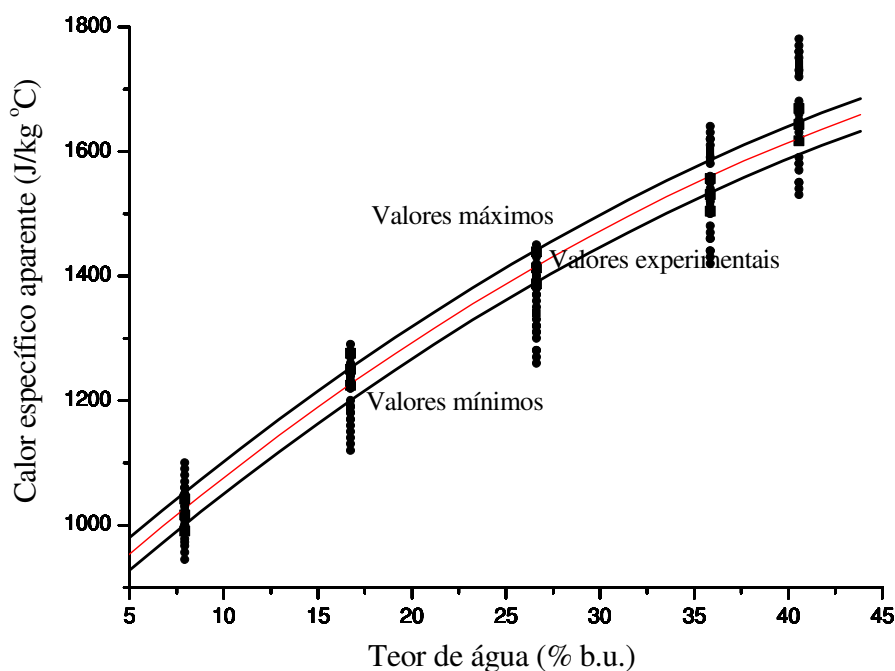


Figura V.54 - Valores calculados e o intervalo de confiança do calor específico aparente de sementes de umbu em função do teor de água, na temperatura de -50 °C.

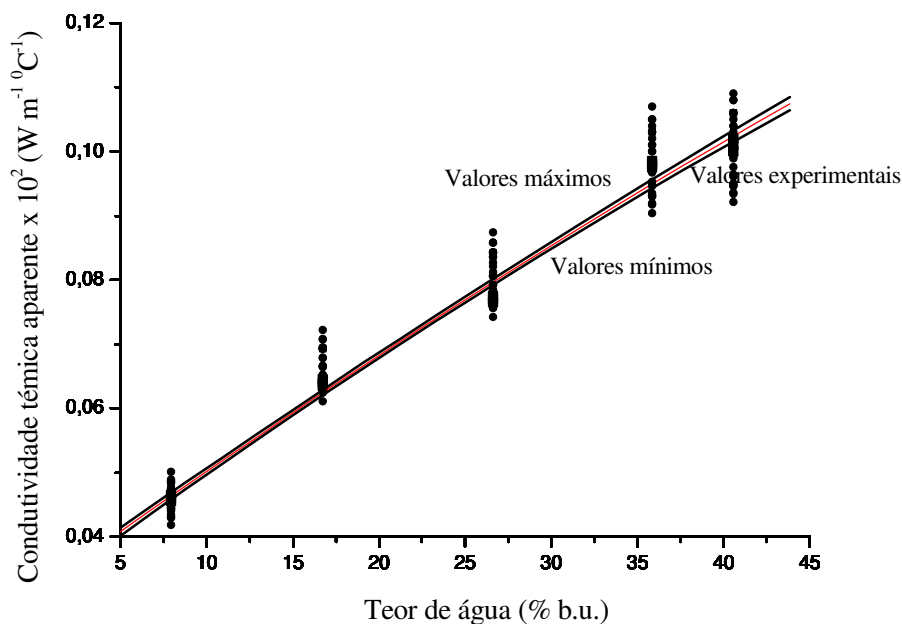


Figura V.55 - Valores calculados e o intervalo de confiança da condutividade térmica aparente de sementes de umbu em função do teor de água, na temperatura de -50 °C.

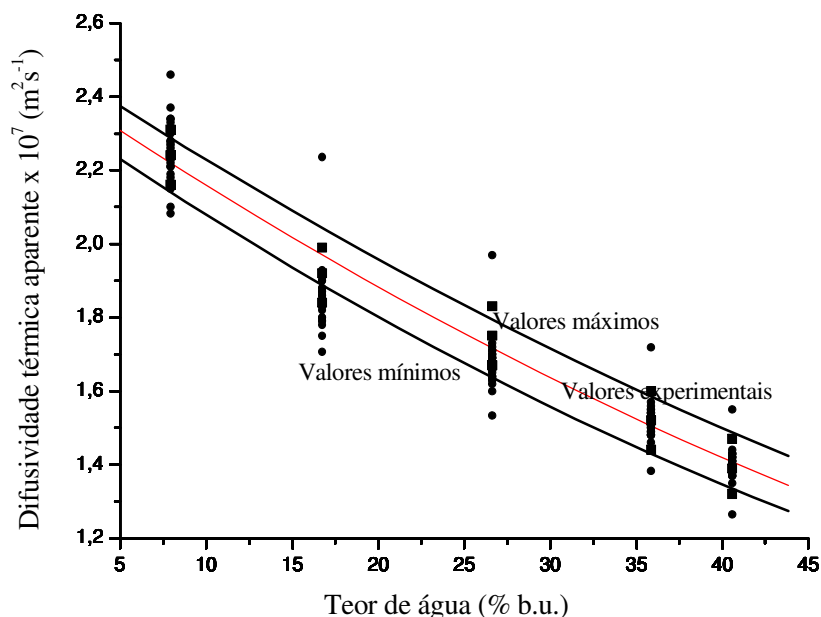


Figura V.56 - Valores calculados e o intervalo de confiança do difusividade térmica aparente de sementes de umbu em função do teor de água, na temperatura de -50 °C.

Na Tabela V.27 são apresentadas as equações, obtidas por regressão, que definem os intervalos de confiança dos valores calculados.

Tabela V.27 - Modelos que limitam os intervalos de confiança das propriedades termofísicas das sementes de umbu em função do teor de água (b.u.), na temperatura de - 50 °C.

	Equações	R ²
Massa específica aparente	$\rho_{\text{mínimo}} = 142,669 + 7,0309 X + 0,0064 X^2$	0,98697
	$\rho_{\text{medido}} = 148,629 + 7,0309 X + 0,0064 X^2$	0,98697
	$\rho_{\text{máximo}} = 154,589 + 7,0309 X + 0,0064 X^2$	0,98697
Calor específico aparente	$c_{\text{mínimo}} = 795,862 + 27,3154 X - 0,1876 X^2$	0,99152
	$c_{\text{medido}} = 822,226 + 27,2889 X - 0,1871 X^2$	0,99153
	$c_{\text{máximo}} = 848,226 + 27,2889 X - 0,1871 X^2$	0,99153
Condutividade térmica aparente	$K_{\text{mínimo}} = 0,0304 + 1,99 \times 10^{-3} X - 5,837 \times 10^{-5} X^2$	0,98932
	$K_{\text{medido}} = 0,0317 + 1,95 \times 10^{-3} X - 4,813 \times 10^{-5} X^2$	0,99014
	$K_{\text{máximo}} = 0,0319 + 1,91 \times 10^{-3} X - 3,789 \times 10^{-5} X^2$	0,99088
Difusividade térmica aparente	$\alpha_{\text{mínimo}} = 2,389 - 0,03268 X + 1,6489 \times 10^{-4} X^2$	0,99049
	$\alpha_{\text{medido}} = 2,464 - 0,03189 X + 1,4442 \times 10^{-4} X^2$	0,98992
	$\alpha_{\text{máximo}} = 2,527 - 0,03119 X + 1,3762 \times 10^{-4} X^2$	0,98823

em que,

c_p - calor específico aparente, a pressão constante, $\text{J kg}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

ρ_{ap} - massa específica aparente, kg m^{-3}

K - condutividade térmica aparente, $\text{W m}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

α - difusividade térmica aparente, $\text{m}^2 \text{ s}^{-1}$

X - teor de água, % b.u.

Na Tabela V.28 são apresentados os percentuais dos números de valores calculados das propriedades termofísicas das sementes de umbu que estão no intervalo de confiança, como também é apresentado o percentual do número total de valores calculados das propriedades termofísicas que estão no intervalo de confiança.

Tabela V.28 - Percentual de valores calculados das propriedades termofísicas das sementes de umbu que estão no intervalo de confiança.

Propriedade termofísica	Percentual de valores válidos (%)
Massa específica aparente	28,15
Calor específico aparente	31,85
Condutividade térmica aparente	14,18
Difusividade térmica aparente	75,56
Total de valores válidos	37,59

Portanto, 37,59% do número total dos valores calculados das propriedades termofísicas das sementes de umbu no intervalo de teor de água (b.u.) de 7,94 a 40,58%, são confiáveis.

V.4.2.4.2 Sementes de umbu a -100 °C

Nas Figuras de V.57 a V.60 são apresentados os intervalos de confiança, com os valores calculados para as propriedades termofísicas (massa específica aparente, calor específico aparente, condutividade térmica aparente e difusividade térmica aparente), das sementes de umbu.

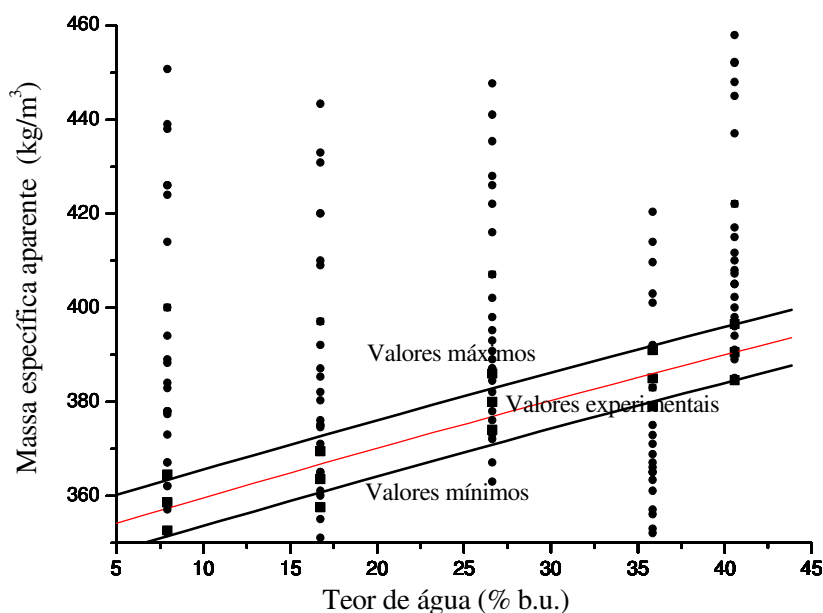


Figura V.57 - Valores calculados e o intervalo de confiança do massa específica aparente de sementes de umbu em função do teor de água, na temperatura de -100 °C.

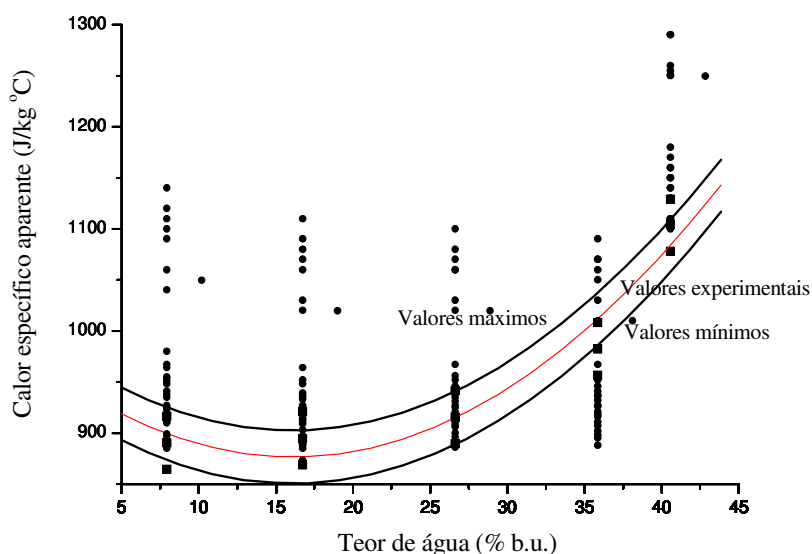


Figura V.58 - Valores calculados e o intervalo de confiança do calor específico aparente de sementes de umbu em função do teor de água, na temperatura de -100 °C.

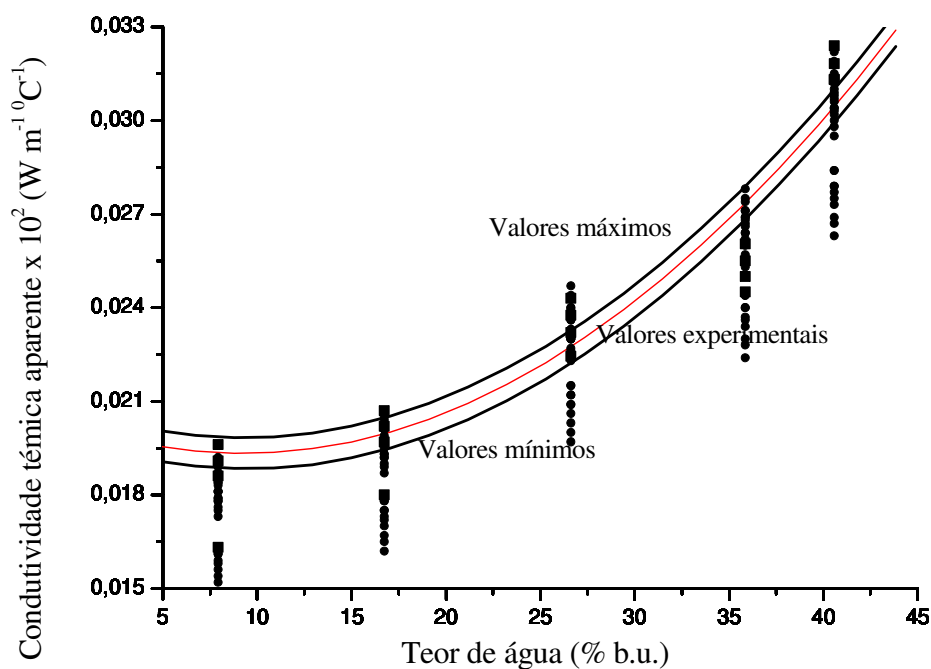


Figura V.59 - Valores calculados e o intervalo de confiança da condutividade térmica aparente de sementes de umbu em função do teor de água, na temperatura de -100°C .

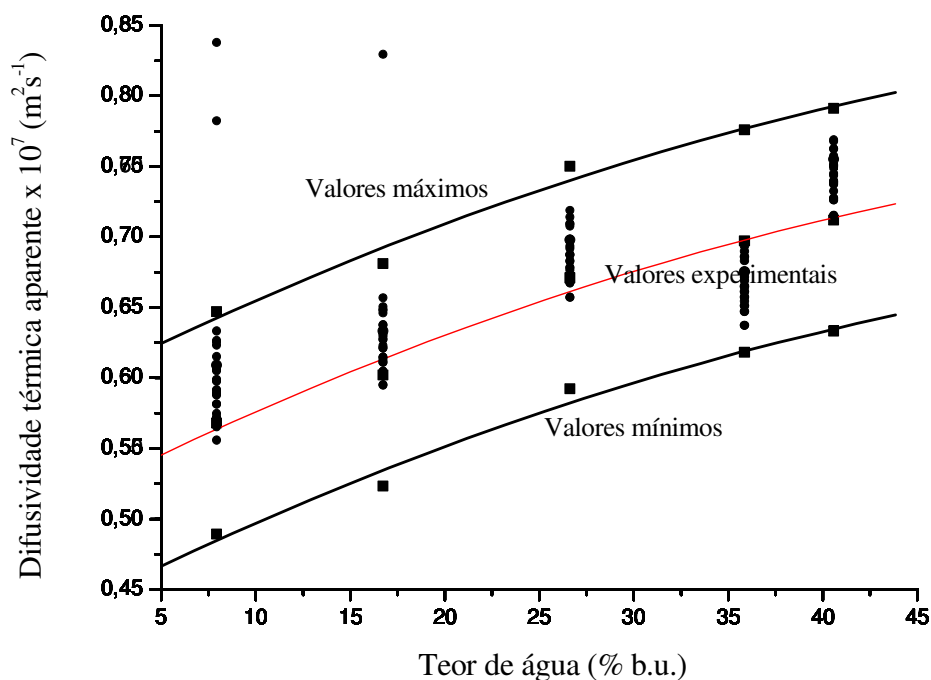


Figura V.60 - Valores calculados e o intervalo de confiança do difusividade térmica aparente de sementes de umbu em função do teor de água, na temperatura de -100°C .

Na Tabela V.29 são apresentados as equações, obtidas por regressão, que definem os intervalos de confiança dos valores calculados.

Tabela V.29 - Modelos que limitam os intervalos de confiança das propriedades termofísicas das sementes de umbu em função do teor de água (b.u.), na temperatura de - 100 °C.

	Equações	R ²
Massa específica aparente	$\rho_{\text{mínimo}} = 342,715 + 1,1071 X - 0,00187 X^2$	0,97092
	$\rho_{\text{medido}} = 348,675 + 1,1071 X - 0,00187 X^2$	0,97092
	$\rho_{\text{máximo}} = 354,635 + 1,1071 X - 0,00187 X^2$	0,97092
Calor específico aparente	$c_{\text{mínimo}} = 939,862 - 11,108 X - 0,34555 X^2$	0,94871
	$c_{\text{medido}} = 965,785 - 11,116 X - 0,34568 X^2$	0,94839
	$c_{\text{máximo}} = 939,862 - 11,108 X - 0,34389 X^2$	0,94847
Condutividade térmica aparente	$K_{\text{mínimo}} = 0,0198 - 2,16 \times 10^{-4} X + 1,144 \times 10^{-5} X^2$	0,91672
	$K_{\text{medido}} = 0,0203 - 2,16 \times 10^{-4} X + 1,144 \times 10^{-5} X^2$	0,91551
	$K_{\text{máximo}} = 0,0208 - 2,16 \times 10^{-4} X + 1,144 \times 10^{-5} X^2$	0,91330
Difusividade térmica aparente	$\alpha_{\text{mínimo}} = 0,434 + 0,00677 X - 4,757 \times 10^{-5} X^2$	0,98387
	$\alpha_{\text{medido}} = 0,513 + 0,00677 X - 4,757 \times 10^{-5} X^2$	0,98387
	$\alpha_{\text{máximo}} = 0,592 + 0,00677 X - 4,757 \times 10^{-5} X^2$	0,98387

em que,

c_p - calor específico aparente, a pressão constante, J kg⁻¹ °C⁻¹

ρ_{ap} - massa específica aparente, kg m⁻³

K - condutividade térmica aparente, W m⁻¹ °C⁻¹

α - difusividade térmica aparente, m² s⁻¹

X - teor de água, % b.u.

Na Tabela V.30 são apresentados os percentuais dos números de valores calculados das propriedades termofísicas das sementes de umbu que estão no intervalo de confiança, como também é apresentado o percentual do número total de valores calculados das propriedades termofísicas que estão no intervalo de confiança.

Tabela V.30 - Percentual do número de valores calculados das propriedades termofísicas das sementes de umbu que estão no intervalo de confiança.

Propriedade termofísica	Percentual de valores válidos (%)
Massa específica aparente	23,70
Calor específico aparente	25,18
Condutividade térmica aparente	23,70
Difusividade térmica aparente	34,07
Total de valores válidos	26,67

Portanto, 26,67% do número total dos valores calculados das propriedades termofísicas das sementes de umbu no intervalo de teor de água (b.u.) de 7,94 a 40,58%, são confiáveis.

V.4.2.4.3 Sementes de umbu a -150 °C

Nas Figuras de V.61 a V.64 são apresentados os intervalos de confiança, com os valores calculados para as propriedades termofísicas (massa específica aparente, calor específico aparente, condutividade térmica aparente e difusividade térmica aparente), das sementes de umbu.

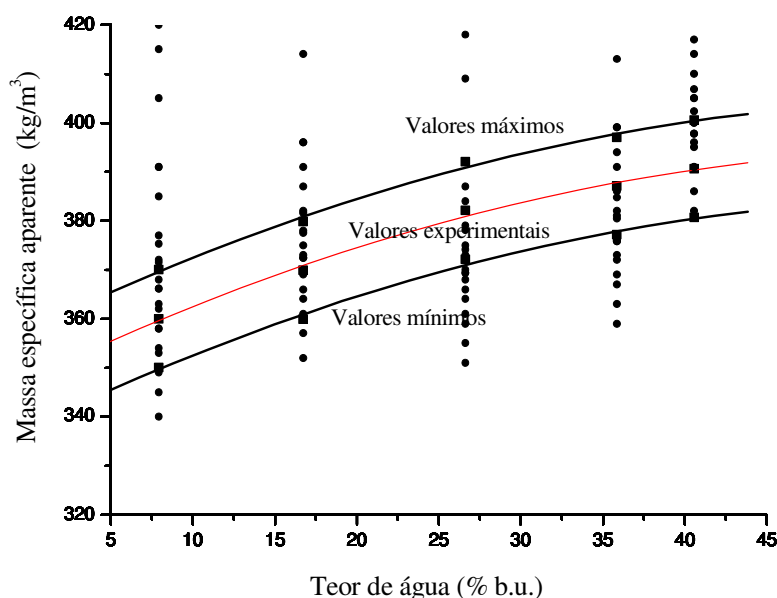


Figura V.61 - Valores calculados e o intervalo de confiança do massa específica aparente de sementes de umbu em função do teor de água, na temperatura de -150 °C.

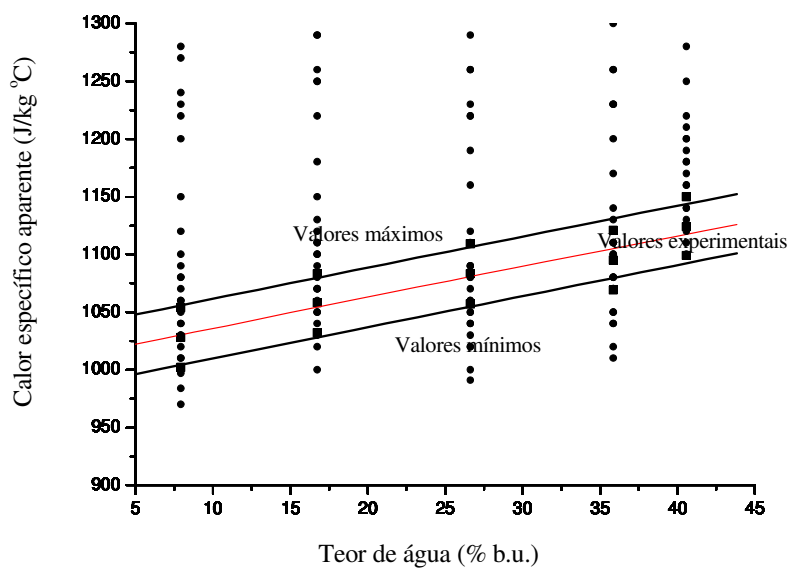


Figura V.62 - Valores calculados e o intervalo de confiança do calor específico aparente de sementes de umbu em função do teor de água, na temperatura de -150 °C.

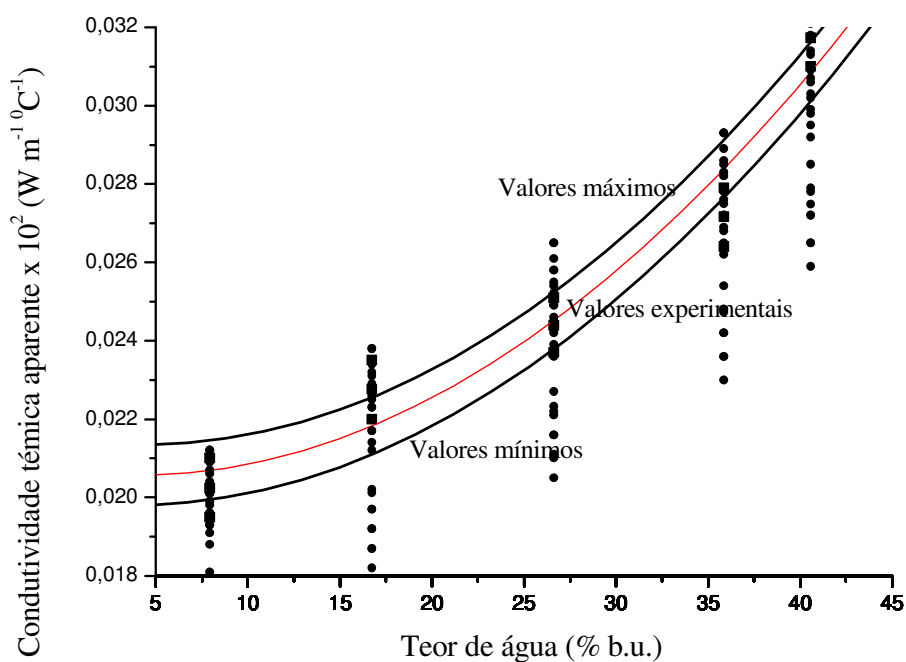


Figura V.63 - Valores calculados e o intervalo de confiança da condutividade térmica aparente de sementes de umbu em função do teor de água, na temperatura de -150°C .

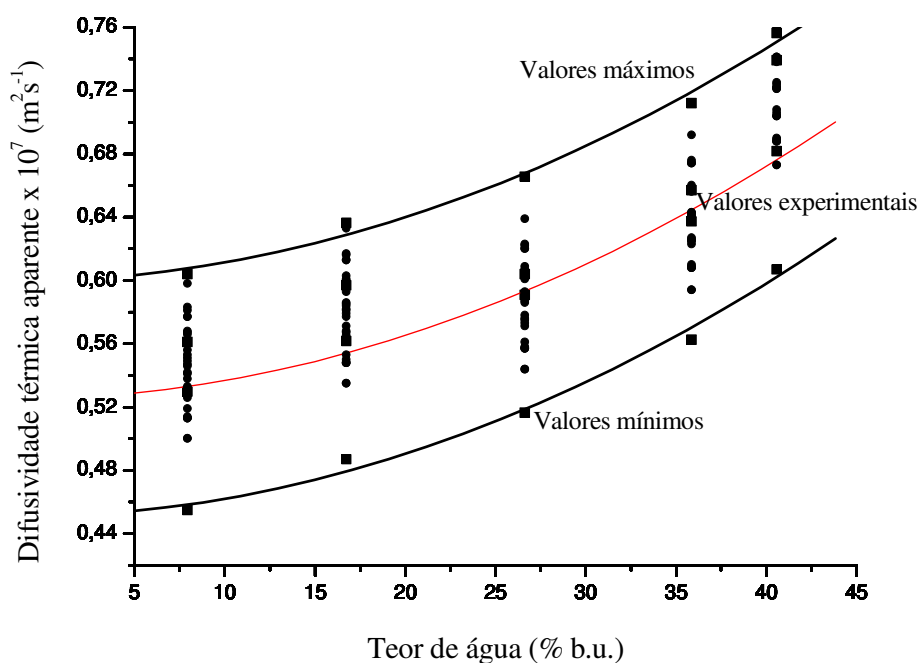


Figura V.64 - Valores calculados e o intervalo de confiança da difusividade térmica aparente de sementes de umbu em função do teor de água, na temperatura de -150°C .

Na Tabela V.31 são apresentados as equação, obtidas por regressão, que definem os intervalos de confiança dos valores calculados.

Tabela V.31- Modelos que limitam os intervalos de confiança das propriedades termofísicas das sementes de umbu em função do teor de água (b.u.), na temperatura de - 150 °C.

	Equações	R ²
Massa específica aparente	$\rho_{\text{mínimo}} = 337,737 + 1,618 X - 0,0139 X^2$	0,99533
	$\rho_{\text{medido}} = 347,697 + 1,618 X - 0,0139 X^2$	0,99533
	$\rho_{\text{máximo}} = 357,657 + 1,618 X - 0,0139 X^2$	0,99533
Calor específico aparente	$c_{\text{mínimo}} = 982,079 + 2,716 X - 4,163 \times 10^{-4} X^2$	0,96629
	$c_{\text{medido}} = 1.008,13 + 2,795 X - 7,361 \times 10^{-4} X^2$	0,96818
	$c_{\text{máximo}} = 1.034,31 + 2,738 X - 4,163 \times 10^{-45} X^2$	0,96971
Condutividade térmica aparente	$K_{\text{mínimo}} = 0,0199 - 5,565 \times 10^{-5} X + 7,56 \times 10^{-6} X^2$	0,95747
	$K_{\text{medido}} = 0,0207 - 5,934 \times 10^{-5} X + 7,65 \times 10^{-6} X^2$	0,95747
	$K_{\text{máximo}} = 0,0215 - 6,788 \times 10^{-5} X + 7,83 \times 10^{-6} X^2$	0,95665
Difusividade térmica aparente	$\alpha_{\text{mínimo}} = 0,453 + 2,998 \times 10^{-4} X - 8,992 \times 10^{-5} X^2$	0,98922
	$\alpha_{\text{medido}} = 0,531 + 3,789 \times 10^{-4} X - 8,787 \times 10^{-5} X^2$	0,98993
	$\alpha_{\text{máximo}} = 0,610 + 3,789 \times 10^{-4} X - 8,787 \times 10^{-5} X^2$	0,98927

em que,

c_p - calor específico aparente, a pressão constante, J kg⁻¹ °C⁻¹

ρ_{ap} - massa específica aparente, kg m⁻³

K - condutividade térmica aparente, W m⁻¹ °C⁻¹

α - difusividade térmica aparente, m² s⁻¹

X - teor de água, % b.u.

Na Tabela V.32 são apresentados os percentuais dos números de valores calculados das propriedades termofísicas das sementes de umbu que estão no intervalo de confiança, como também é apresentado o percentual do número total dos valores calculados das propriedades termofísicas que estão no intervalo de confiança.

Tabela V.32 - Percentual do número de valores calculados das propriedades termofísicas das sementes de umbu que estão no intervalo de confiança.

Propriedade termofísica	Percentual de valores válidos (%)
Massa específica aparente	34,82
Calor específico aparente	33,34
Condutividade térmica aparente	37,78
Difusividade térmica aparente	56,30
Total de valores válidos	40,56

Portanto, 40,56% do número total dos valores calculados das propriedades termofísicas das sementes de umbu no intervalo de teor de água (b.u.) de 7,94 a 40,58%, são confiáveis.

V.5. CONCLUSÕES

1. Não é recomendável a utilização da Equação V-1 na determinação de uma das propriedades termofísicas, a partir dos dados obtidos experimentalmente das três outras propriedades termofísicas.
2. Quando o valor da propriedade termofísica obtida experimentalmente é considerado no intervalo de confiança, a utilização da Equação V-1 para obter a quarta propriedade termofísica, leva a resultados com confiabilidade em torno de 40%.
3. Os erros sistemáticos e acidentais ocorridos durante a realização dos experimentos para obtenção das propriedades termofísicas, são todos acumulados de forma aleatória, quando da utilização da Equação V-1 para o cálculo da quarta propriedade termofísica.

V.6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE E. T.; COUTO S. M.; QUEIROZ D. M.; PEIXOTO A. B. Determinação de propriedades térmicas de grãos de milho. **Ciência Agrotecnologia**, Lavras, v.28, n.3, 2004.

AFONSO JÚNIOR, P. C.; CORRÊA, P. C.; PINTO, F. A. C.; NARDELLI, P. M. Propriedades termofísicas dos frutos e sementes de café: Determinação e modelagem. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v.especial, n.4, p.9-15, 2002

BORÉM, F. M.; RIBEIRO, R. C. M. S.; CORRÊA, P. C.; PEREIRA, R. G. F. A. Propriedades térmicas de cinco variedades de café cereja descascado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.6, n.3, p.475-480, 2002.

DICKERSON, R. W. An apparatus for the measurement of thermal diffusivity of foods. **Food of Technology**, Chicago, p.198-204, 1965.

KOUCHAKZADEH, A.; TAVAKOLI, T. The effect of moisture and temperature on thermophysical properties of iranian pistachios, **American Journal of Food Technology**, n.5, v.3, 195-206, 2010.

LIMA, I. J. E.; QUEIROZ, A., J., M.; FIGUEIRÊDO, R. M. F. Propriedades termofísicas da polpa de umbu. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.especial, n.1, p.31-42, 2003.

RIBEIRO, D. M.; CORREA, P. C.; RESENDE, O.; BOTELHO, F. M. Propriedades térmicas de grãos de trigo: Determinação e modelagem. **Ciência Agrotecnologia**, Lavras, v.31, n.2, p.462-467, 2007.

SILVA, M.; CAVALCANTI MATA, M. E. R. M.; DUARTE, M. E. M.; PEDROZA, J. P. Resfriamento e propriedades termofísicas do cajá. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.4, n.2, p.175-185, 2002.

SOARES, N. F. F. **Análise experimental do método de sonda para medição de condutividade térmica de grãos: Aplicação para milho (*Zea mays* L.)**. 1988. 46 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1988.

PROPRIEDADES TERMOFÍSICAS DE SEMENTES DE FRUTAS TROPICAIS

VI. CONSIDERAÇÕES FINAIS

VI. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na literatura especializada existe poucas informações sobre propriedades termofísicas de produtos agrícolas brasileiros, inexistem informações sobre propriedades termofísicas de sementes de frutas tropicais, sementes da floresta tropical e de inúmeros produtos agrícolas nacionais, o que leva a utilização de dados de produtos similares de outros países, nos estudos com simulações e no planejamento do processo de produtos agrícolas nacionais.

Não constatamos a existência de trabalhos sobre propriedades termofísicas em ultra-baixas temperaturas.

Portanto, a construção de um banco de dados das propriedades termofísicas de produtos agrícolas brasileiros é um trabalho desafiante para os pesquisadores nacionais.

VI.1. NOVIDADES/INOVAÇÕES PRESENTES NESTE TRABALHO

1. Determinação das propriedades termofísicas de sementes das frutas tropicais, cajá, graviola, tamarindo e umbu na temperatura ambiente;
2. Determinação das propriedades termofísicas de sementes das frutas tropicais, cajá, graviola, tamarindo e umbu em ultra-baixas temperaturas;
3. Avaliação da correlação entre as propriedades termofísicas.

VI.2. SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS

1. Obter as propriedades termofísicas para outras variedades/cultivares de sementes de frutas tropicais e variedades da floresta tropical em extinção;
2. Estudar as propriedades termofísicas em outras ultra-baixas temperaturas, conforme a necessidade de crioconservação, seguindo a metodologia descrita neste trabalho;
3. Trabalhar na construção de um banco de dados das propriedades termofísicas de produtos agrícolas brasileiros tanto na temperatura ambiente quanto em ultra-baixas temperaturas.

PROPRIEDADES TERMOFÍSICAS DE SEMENTES DE FRUTAS TROPICAIS

APÊNDICE I

**DETERMINAÇÃO DA CONDUTIVIDADE TÉRMICA APARENTE
EM TEMPERATURA ACIMA DO CONGELAMENTO**

A condutividade térmica aparente das sementes de cajá, graviola, tamarindo e umbu foi estudada para temperatura acima do congelamento, (40, 50, 55, 60, 65 e 70 °C), em função do teor de água (b.u.).

A.2.1. Sementes de cajá

A Tabela A2.1. apresenta os dados experimentais obtidos na experiência realizada para determinação da condutividade térmica aparente de sementes de cajá, com teores de água (b.u.) de 7,81, 14,04, 22,91, 32,06, 40,98, 53,63 e 60,27%.

Tabela A2.1 - Dados experimentais da condutividade térmica aparente de sementes de cajá.

Teor de água (%)	Temperatura (°C)					
	40	50	55	60	65	70
7,81	0,03631	0,03176	0,02718	0,02385	0,01978	0,01614
14,04	0,04651	0,04215	0,03784	0,03473	0,02996	0,02917
22,91	0,06598	0,06101	0,05779	0,05367	0,04886	0,04287
32,06	0,08161	0,07617	0,07424	0,07308	0,07197	0,06953
40,98	0,0941	0,0925	0,0903	0,0852	0,0811	0,0798
53,63	0,1273	0,1196	0,1104	0,1013	0,0987	0,0913
60,27	0,1568	0,1515	0,1471	0,1384	0,1223	0,1104

Os valores experimentais da condutividade térmica aparente de sementes de cajá variaram entre 0,01614 a 0,1568 W °C⁻¹m⁻¹ para faixa de teor de água de 7,81 a 60,27% (b.u.) e a temperatura da massa de sementes de cajá variando de 40 a 70 °C.

Os dados experimentais da condutividade térmica aparente de sementes de cajá em função do teor de água (b.u.), nas temperaturas estudadas, foram ajustados por meio de regressão linear. O modelo matemático obtido representa satisfatoriamente os valores experimentais, sendo significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste t de ANOVA.

Os valores experimentais e estimados da condutividade térmica aparente nas temperaturas estudadas de sementes de cajá em função do teor de água (b.u.), são apresentados na Figura A2.1.

Na Tabela A2.2. encontram-se as equações de ajuste obtidas para estimar a condutividade térmica aparente de sementes de cajá, em função do teor de água, com seus respectivos coeficientes de determinação.

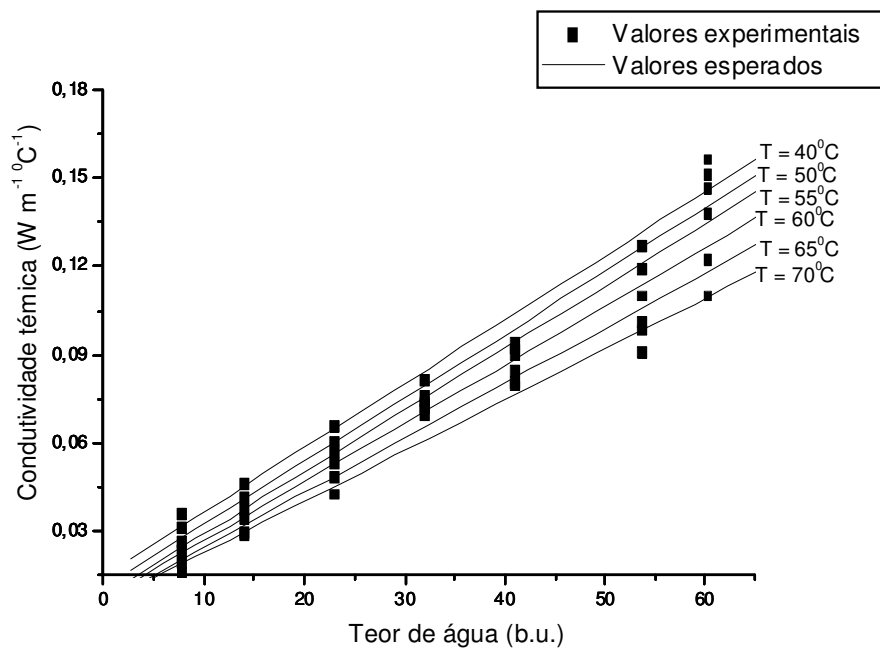


Figura A2.1 - Conduktividade térmica aparente de sementes de cajá em função do teor de água para temperaturas acima do congelamento.

Tabela A2.2 - Equação de predição da conduktividade térmica aparente de sementes de cajá em função dos teores de água, em temperaturas acima do congelamento.

Temperatura (°C)	Equação	R ²
40	$k = 0,01514 + 2,17 \times 10^{-3} X$	0,9881
50	$k = 0,01115 + 5,41 \times 10^{-3} X$	0,9890
55	$k = 0,00821 + 2,13 \times 10^{-3} X$	0,9864
60	$k = 0,0072 + 1,98 \times 10^{-3} X$	0,9838
65	$k = 0,0058 + 1,86 \times 10^{-3} X$	0,9930
70	$k = 0,00549 + 1,73 \times 10^{-3} X$	0,9896

em que,

k - conduktividade térmica aparente, W °C⁻¹m⁻¹

X - teor de água (b.u.), %

A.2.2. Sementes de graviola

A Tabela A2.3. apresenta os dados experimentais obtidos na experiência realizada para determinação da condutividade térmica aparente de sementes de graviola, com teores de água (b.u.) de 7,32; 16,44; 22,91; 30,58; 44,98; 56,63 e 60,27%.

Tabela A2.3 - Dados experimentais da condutividade térmica aparente de sementes de graviola.

Teor de água (%)	Temperatura (°C)					
	40	50	55	60	65	70
7,32	0,0558	0,0486	0,0392	0,0383	0,0353	0,0308
16,44	0,07976	0,06953	0,0544	0,0514	0,0414	0,0409
22,91	0,0906	0,0717	0,0584	0,0569	0,0507	0,0419
30,58	0,1047	0,0794	0,0653	0,0633	0,0538	0,0497
44,98	0,108	0,0943	0,0744	0,0679	0,0583	0,0534
56,63	0,1182	0,0961	0,0793	0,0693	0,0609	0,0588
60,27	0,1293	0,1178	0,0825	0,0756	0,0639	0,0601

Os valores experimentais da condutividade térmica aparente de sementes de graviola variaram entre 0,0308 a 0,1293 W °C⁻¹m⁻¹ para faixa de teor de água de 7,32 a 60,27% (b.u.) e a temperatura da massa de sementes de graviola variando de 40 a 70 °C.

Os dados experimentais da condutividade térmica aparente de sementes de graviola em função do teor de água (b.u.), nas temperaturas estudadas, foram ajustados por meio de regressão linear. O modelo matemático obtido representa satisfatoriamente os valores experimentais, sendo significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste t de ANOVA.

Os valores experimentais e estimados da condutividade térmica aparente nas temperaturas estudadas de sementes de graviola em função do teor de água (b.u.), são apresentados na Figura A2.2.

Na Tabela A2.4. encontram-se as equações de ajuste obtidas para estimar a condutividade térmica aparente de sementes de graviola, em função do teor de água, com seus respectivos coeficientes de determinação.

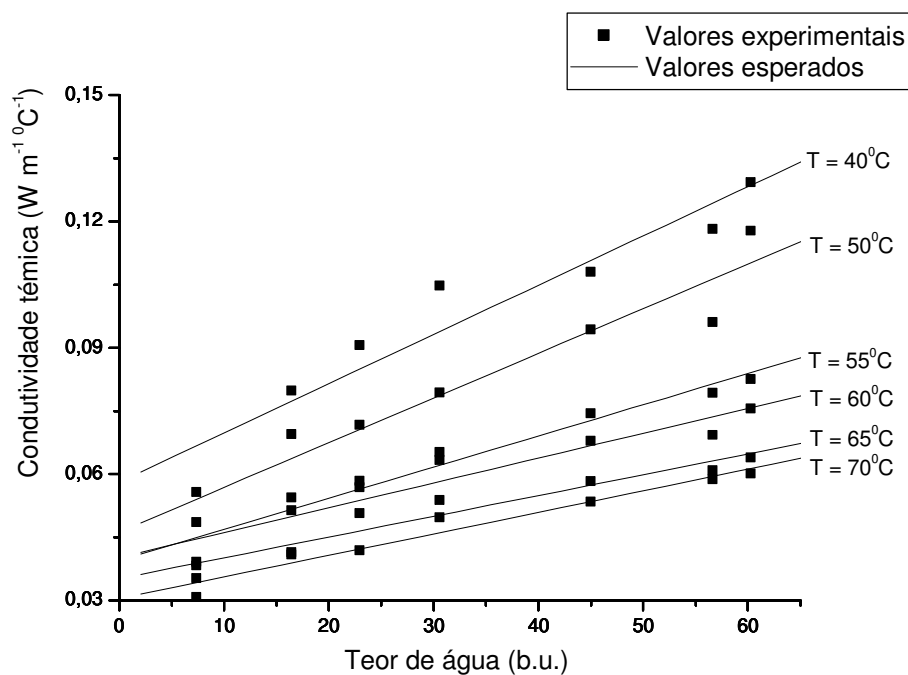


Figura A2.2 - Conduktividade térmica aparente de sementes de graviola em função do teor de água para temperaturas acima do congelamento.

Tabela A2.4 - Equação de predição da conduktividade térmica aparente de sementes de graviola em função dos teores de água, em temperaturas acima do congelamento.

Temperatura (°C)	Equação	R ²
40	$k = 0,0151 + 1,17 \times 10^{-3} X$	0,9559
50	$k = 0,0463 + 1,06 \times 10^{-3} X$	0,9645
55	$k = 0,0395 + 7,41 \times 10^{-4} X$	0,9774
60	$k = 0,0405 + 5,89 \times 10^{-4} X$	0,9482
65	$k = 0,0352 + 4,94 \times 10^{-4} X$	0,9591
70	$k = 0,0305 + 5,12 \times 10^{-4} X$	0,9772

em que,

k - conduktividade térmica aparente, $W \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}\text{m}^{-1}$

X - teor de água (b.u.), %

A.2.3. Sementes de tamarindo

A Tabela A2.4. apresenta os dados experimentais obtidos na experiência realizada para determinação da condutividade térmica aparente de sementes de tamarindo, com teores de água (b.u.) de 7,85; 10,38; 16,28; 22,88; 30,58 e 40,58%.

Tabela A2.4 - Dados experimentais da condutividade térmica aparente de sementes de tamarindo.

Teor de água (%)	Temperatura (°C)					
	40	50	55	60	65	70
7,85	0,15437	0,12428	0,09655	0,08437	0,07619	0,06191
10,38	0,16197	0,14182	0,10167	0,09098	0,0827	0,06679
16,28	0,1698	0,1567	0,1062	0,0928	0,0838	0,0681
22,86	0,2438	0,2001	0,1691	0,1562	0,1484	0,1346
30,58	0,27961	0,24339	0,22188	0,20929	0,19268	0,15105
40,58	0,29987	0,26382	0,24799	0,22213	0,21853	0,16556

Os valores experimentais da condutividade térmica aparente de sementes de tamarindo variaram entre 0,06191 a 0,29987 $W\ ^{\circ}C^{-1}m^{-1}$ para faixa de teor de água de 7,85 a 40,58% (b.u.) e a temperatura da massa de sementes de tamarindo variando de 40 a 70 °C.

Os dados experimentais da condutividade térmica aparente de sementes de tamarindo em função do teor de água (b.u.), nas temperaturas estudadas, foram ajustados por meio de regressão linear. O modelo matemático obtido representa satisfatoriamente os valores experimentais, sendo significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste t de ANOVA.

Os valores experimentais e estimados da condutividade térmica aparente nas temperaturas estudadas de sementes de tamarindo em função do teor de água (b.u.), são apresentados na Figura A2.3.

Na Tabela A2.5. encontram-se as equações de ajuste obtidas para estimar a condutividade térmica aparente de sementes de tamarindo, em função do teor de água, com seus respectivos coeficientes de determinação.

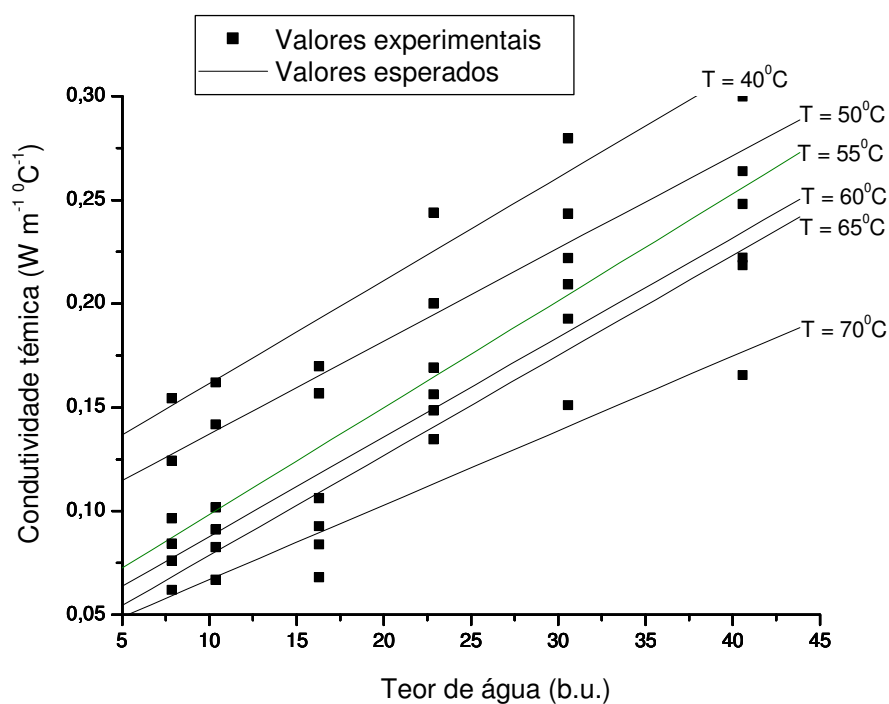


Figura A2.3 - Conduktividade térmica aparente de sementes de tamarindo em função do teor de água para temperaturas acima do congelamento.

Tabela A2.5 - Equação de predição da conduktividade térmica aparente de sementes de tamarindo em função dos teores de água, em temperaturas acima do congelamento.

Temperatura (°C)	Equação	R ²
40	$k = 0,112 + 4,96 \times 10^{-3} X$	0,9677
50	$k = 0,093 + 4,47 \times 10^{-3} X$	0,9867
55	$k = 0,047 + 5,15 \times 10^{-3} X$	0,9751
60	$k = 0,041 + 4,8 \times 10^{-3} X$	0,9635
65	$k = 0,031 + 4,82 \times 10^{-3} X$	0,9728
70	$k = 0,032 + 3,59 \times 10^{-3} X$	0,9473

em que,

k - conduktividade térmica aparente, W °C⁻¹m⁻¹

X - teor de água (b.u.), %

A.2.4. Sementes de umbu

A Tabela A2.6. apresenta os dados experimentais obtidos na experiência realizada para determinação da condutividade térmica aparente de sementes de umbu, com teores de água (b.u.) de 7,94; 16,75; 26,64; 35,86 e 40,58%.

Tabela A2.6 - Dados experimentais da condutividade térmica aparente de sementes de umbu.

Teor de água (%)	Temperatura (°C)					
	40	50	55	60	65	70
7,94	0,04708	0,03689	0,0309	0,02624	0,02239	0,01866
16,75	0,06892	0,05752	0,04014	0,03851	0,02712	0,02432
26,64	0,07987	0,07112	0,05923	0,05212	0,04122	0,03282
35,86	0,08458	0,07387	0,06718	0,05511	0,04394	0,03622
40,58	0,11473	0,08298	0,07001	0,06754	0,05971	0,05501

Os valores experimentais da condutividade térmica aparente de sementes de umbu variaram entre 0,01866 a 0,11473 $W\ ^\circ C^{-1}m^{-1}$ para faixa de teor de água de 7,85 a 40,58% (b.u.) e a temperatura da massa de sementes de tamarindo variando de 40 a 70°C.

Os dados experimentais da condutividade térmica aparente de sementes de umbu em função do teor de água (b.u.), nas temperaturas estudadas, foram ajustados por meio de regressão linear. O modelo matemático obtido representa satisfatoriamente os valores experimentais, sendo significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste t de ANOVA.

Os valores experimentais e estimados da condutividade térmica aparente nas temperaturas estudadas de sementes de umbu em função do teor de água (b.u.), são apresentados na Figura A2.4.

Na Tabela A2.7. encontram-se as equações de ajuste obtidas para estimar a condutividade térmica aparente de sementes de umbu, em função do teor de água, com seus respectivos coeficientes de determinação.

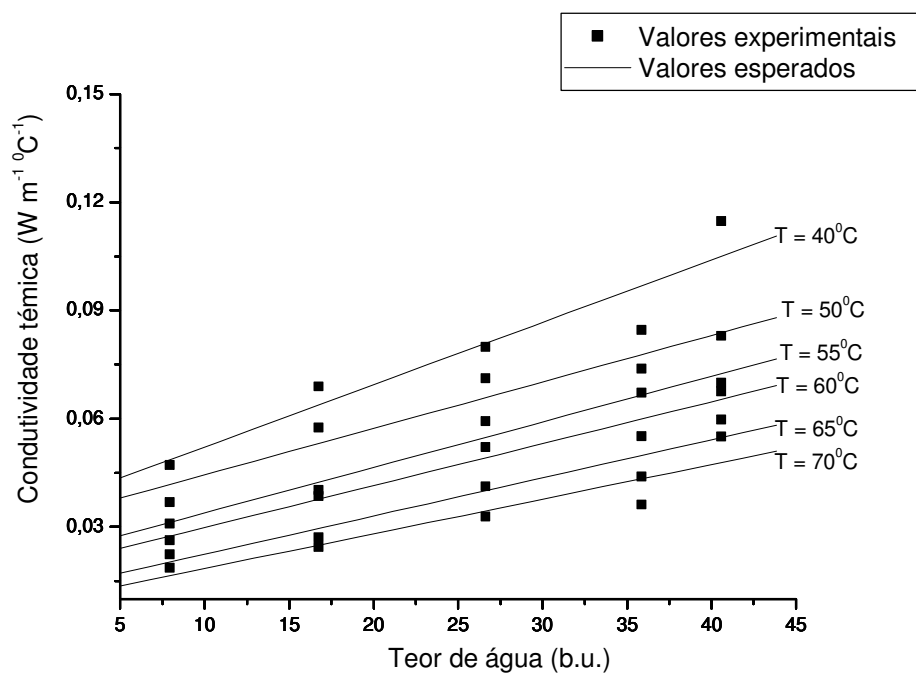


Figura A2.4 - Condutividade térmica aparente de sementes de umbu em função do teor de água para temperaturas acima do congelamento.

Tabela A2.7 - Equação de predição da condutividade térmica aparente de sementes de umbu em função dos teores de água, em temperaturas acima do congelamento.

Temperatura (°C)	Equação	R ²
40	$k = 0,035 + 1,73 \times 10^{-3} X$	0,9418
50	$k = 0,032 + 1,29 \times 10^{-3} X$	0,9657
55	$k = 0,022 + 1,26 \times 10^{-3} X$	0,9869
60	$k = 0,019 + 1,16 \times 10^{-3} X$	0,9809
65	$k = 0,012 + 1,06 \times 10^{-3} X$	0,9589
70	$k = 0,009 + 9,62 \times 10^{-4} X$	0,9267

em que,

k - condutividade térmica aparente, $W \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}\text{m}^{-1}$

X - teor de água (b.u.), %

PROPRIEDADES TERMOFÍSICAS DE SEMENTES DE FRUTAS TROPICAIS

APÊNDICE II
DETERMINAÇÃO DA DIFUSIVIDADE TÉMICA APARENTE
MÉTODO DE DICKERSON

A Tabela A2.1. apresenta os dados experimentais obtidos na experiência realizada para determinação da difusividade térmica aparente de sementes de cajá, com teor de água (b.u.) de 14,04%.

Tabela A2.1.: Dados experimentais para o cálculo da difusividade térmica aparente de sementes de cajá com teor de água (b.u.) de 14,04%.

Tempo (T) - segundos	Temperatura da semente (T ₁) - °C	Temperatura do meio - H ₂ O (T ₂) - °C
25	34,2	39,6
26	34,5	40,0
27	35,0	40,5
28	35,3	40,9
29	35,7	41,4
30	36,2	42,0
31	36,6	42,4
32	36,9	42,6
33	37,3	43,3
34	37,7	43,7
35	38,1	44,1
36	38,5	44,6
37	38,9	45,0
38	39,3	45,4
39	39,7	45,9
40	40,1	46,3
41	40,5	46,8
42	40,9	47,2
43	41,2	47,5
44	41,7	47,9
45	42,2	48,5
46	42,6	48,8
47	42,9	49,1
48	43,3	49,6
49	43,7	49,9
50	44,1	50,3
51	44,5	50,8
52	44,9	51,2
53	45,4	51,3
54	45,8	51,9

Com os coeficientes das expressões, calculou-se:

1. Velocidade de aquecimento, °C min⁻¹

$$A = (0,42463 + 0,39953) / 2$$

ou seja:

$$A = 0,41208$$

2. Diferença de temperatura, °C

$$T_s - T_m = (29,19138 - 24,13623)$$

ou seja:

$$T_s - T_m = 5,05515$$

3. $R_C = 24,16$ mm

Considerando a Equação 22 do Capítulo II:

$$T_s - T_m = \frac{A \cdot R_C^2}{4 \cdot \alpha}$$

Obtemos o valor da difusividade:

$$\alpha = 1,653787326 \times 10^{-7} \text{ m}^2\text{s}^{-1}$$

De forma análoga foi determinada a difusividade térmica para a massa de sementes de cajá, graviola, tamarindo e umbu, nos respectivos teor de água (b.u.).

Com os dados da Tabela A2.1. obteve-se o gráfico mostrado na Figura A2.1. Pode-se observar que foi considerado o intervalo de tempo entre 25 e 55 min, onde a relação entre a temperatura e o tempo é linear.

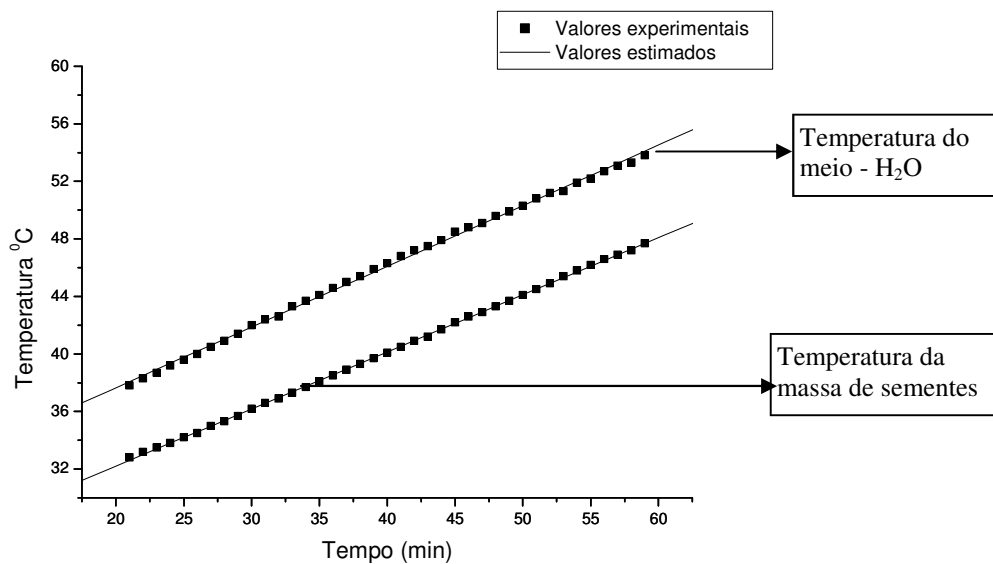


Figura A2.1.: - Valores experimentais e estimados da temperatura em função do tempo.

Aplicando análise de regressão linear, obtemos as seguintes expressões para cada curva:

$$T_s = 24,13623 + 0,39953 t$$

$$T_m = 29,19138 + 0,42463 t$$

em que,

T_s - temperatura da semente, °C

T_m - temperatura do meio, °C

t - tempo, min

PROPRIEDADES TERMOFÍSICAS DE SEMENTES DE FRUTAS TROPICAIS

APÊNDICE III

DADOS DA CORRELAÇÃO ENTRE AS PROPRIEDADES TERMOFÍSICAS

CAJÁ

T = 25°C

Difusividade

Teor de água (b.u.)	ρ_{AP} (g/cm ³)	ρ_{AP} (Kg/m ³) mínimo	ρ_{AP} (Kg/m ³)	ρ_{AP} (Kg/m ³) - máximo	α (m ² /s) - mínimo	α (m ² /s)	α (m ² /s) - máximo
7,81	0,224	190,6	224	257,4	1,54E-07	1,64E-07	1,74E-07
14,04	0,237	203,6	237	270,4	1,53E-07	1,63E-07	1,73E-07
22,91	0,255	221,6	255	288,4	1,51E-07	1,61E-07	1,70E-07
32,06	0,292	258,6	292	325,4	1,45E-07	1,55E-07	1,64E-07
40,98	0,335	301,6	335	368,4	1,37E-07	1,47E-07	1,57E-07
53,63	0,409	375,6	409	442,4	1,32E-07	1,42E-07	1,52E-07
60,27	0,454	420,6	454	487,4	1,30E-07	1,40E-07	1,50E-07

Condutividade

Teor de água (b.u.)	ρ_{AP} (g/cm ³)	ρ_{AP} (Kg/m ³) mínimo	ρ_{AP} (Kg/m ³)	ρ_{AP} (Kg/m ³) - máximo	α (m ² /s) - mínimo	α (m ² /s)	α (m ² /s) - máximo
7,81	0,224	190,6	224	257,4	1,74E-07	1,64E-07	1,74E-07
14,04	0,237	203,6	237	270,4	1,73E-07	1,63E-07	1,73E-07
22,91	0,255	221,6	255	288,4	1,70E-07	1,61E-07	1,70E-07
32,06	0,292	258,6	292	325,4	1,64E-07	1,55E-07	1,64E-07
40,98	0,335	301,6	335	368,4	1,57E-07	1,47E-07	1,57E-07
53,63	0,409	375,6	409	442,4	1,52E-07	1,42E-07	1,52E-07
60,27	0,454	420,6	454	487,4	1,50E-07	1,40E-07	1,50E-07

Calor específico

Teor de água (b.u.)	ρ_{AP} (g/cm ³)	ρ_{AP} (Kg/m ³) mínimo	ρ_{AP} (Kg/m ³)	ρ_{AP} (Kg/m ³)	α (m ² /s) - mínimo	α (m ² /s)	α (m ² /s) - máximo
7,81	0,224	190,6	224	257,4	1,74E-07	1,64E-07	1,74E-07
14,04	0,237	203,6	237	270,4	1,73E-07	1,63E-07	1,73E-07
22,91	0,255	221,6	255	288,4	1,70E-07	1,61E-07	1,70E-07
32,06	0,292	258,6	292	325,4	1,64E-07	1,55E-07	1,64E-07
40,98	0,335	301,6	335	368,4	1,57E-07	1,47E-07	1,57E-07
53,63	0,409	375,6	409	442,4	1,52E-07	1,42E-07	1,52E-07
60,27	0,454	420,6	454	487,4	1,50E-07	1,40E-07	1,50E-07

Massa específica

Teor de água (b.u.)	ρ_{AP} (g/cm ³)	ρ_{AP} (Kg/m ³) mínimo	ρ_{AP} (Kg/m ³)	ρ_{AP} (Kg/m ³) - máximo	α (m ² /s) - mínimo	α (m ² /s)	α (m ² /s) - máximo
7,81	0,224	190,6	224	257,4	1,74E-07	1,64E-07	1,74E-07
14,04	0,237	203,6	237	270,4	1,73E-07	1,63E-07	1,73E-07
22,91	0,255	221,6	255	288,4	1,70E-07	1,61E-07	1,70E-07
32,06	0,292	258,6	292	325,4	1,64E-07	1,55E-07	1,64E-07
40,98	0,335	301,6	335	368,4	1,57E-07	1,47E-07	1,57E-07
53,63	0,409	375,6	409	442,4	1,52E-07	1,42E-07	1,52E-07
60,27	0,454	420,6	454	487,4	1,50E-07	1,40E-07	1,50E-07

GRAVIOLA

T = 25°C

Difusividade

Teor de água (b.u.)	ρ_{AP} (g/cm ³)	ρ_{AP} (Kg/m ³) mínimo	ρ_{AP} (Kg/m ³)	ρ_{AP} (Kg/m ³) - máximo	α (m ² /s) - mínimo	α (m ² /s)	α (m ² /s) - máximo
7,82	0,389	382,28	389	395,72	1,55E-07	1,64E-07	1,73E-07
16,44	0,409	402,28	409	415,72	1,54E-07	1,63E-07	1,72E-07
22,91	0,427	420,28	427	433,72	1,52E-07	1,61E-07	1,70E-07
30,58	0,451	444,28	451	457,72	1,46E-07	1,55E-07	1,64E-07
44,98	0,483	476,28	483	489,72	1,38E-07	1,47E-07	1,56E-07
56,63	0,529	522,28	529	535,72	1,33E-07	1,42E-07	1,51E-07
60,27	0,548	541,28	548	554,72	1,31E-07	1,40E-07	1,49E-07

Condutividade

Teor de água (b.u.)	ρ_{AP} (g/cm ³)	ρ_{AP} (Kg/m ³) mínimo	ρ_{AP} (Kg/m ³)	ρ_{AP} (Kg/m ³) - máximo	α (m ² /s) - mínimo	α (m ² /s)	α (m ² /s) - máximo
7,82	0,389	382,28	389	395,72	1,73E-07	1,64E-07	1,73E-07
16,44	0,409	402,28	409	415,72	1,72E-07	1,63E-07	1,72E-07
22,91	0,427	420,28	427	433,72	1,70E-07	1,61E-07	1,70E-07
30,58	0,451	444,28	451	457,72	1,64E-07	1,55E-07	1,64E-07
44,98	0,483	476,28	483	489,72	1,56E-07	1,47E-07	1,56E-07
56,63	0,529	522,28	529	535,72	1,51E-07	1,42E-07	1,51E-07
60,27	0,548	541,28	548	554,72	1,49E-07	1,40E-07	1,49E-07

Calor específico

Teor de água (b.u.)	ρ_{AP} (g/cm ³)	ρ_{AP} (Kg/m ³) mínimo	ρ_{AP} (Kg/m ³)	ρ_{AP} (Kg/m ³) - máximo	α (m ² /s) - mínimo	α (m ² /s)	α (m ² /s) - máximo
7,82	0,389	382,28	389	395,72	1,73E-07	1,64E-07	1,73E-07
16,44	0,409	402,28	409	415,72	1,72E-07	1,63E-07	1,72E-07
22,91	0,427	420,28	427	433,72	1,70E-07	1,61E-07	1,70E-07
30,58	0,451	444,28	451	457,72	1,64E-07	1,55E-07	1,64E-07
44,98	0,483	476,28	483	489,72	1,56E-07	1,47E-07	1,56E-07
56,63	0,529	522,28	529	535,72	1,51E-07	1,42E-07	1,51E-07
60,27	0,548	541,28	548	554,72	1,49E-07	1,40E-07	1,49E-07

Massa específica

Teor de água (b.u.)	ρ_{AP} (g/cm ³)	ρ_{AP} (Kg/m ³) mínimo	ρ_{AP} (Kg/m ³)	ρ_{AP} (Kg/m ³) - máximo	α (m ² /s) - mínimo	α (m ² /s)	α (m ² /s) - máximo
7,82	0,389	378,28	389	399,72	1,73E-07	1,64E-07	1,73E-07
16,44	0,409	398,28	409	419,72	1,72E-07	1,63E-07	1,72E-07
22,91	0,427	416,28	427	437,72	1,70E-07	1,61E-07	1,70E-07
30,58	0,451	440,28	451	461,72	1,64E-07	1,55E-07	1,64E-07
44,98	0,483	472,28	483	493,72	1,56E-07	1,47E-07	1,56E-07
56,63	0,529	518,28	529	539,72	1,51E-07	1,42E-07	1,51E-07
60,27	0,548	538,28	548	558,72	1,49E-07	1,40E-07	1,49E-07

K+/(p+ Cp+)	K+/(po Cp-)	K+/(po Cpo)	K+/(po Cp+)	K+/(p- Cpo)	K+/(p+ Cpo)	K+/(p- Cp+)	K+/(p+ Cp-)	K+/(p- Cp-)
1,464E-07	1,940E-07	1,802E-07	1,683E-07	2,118E-07	1,568E-07	1,688E-07	1,978E-07	2,280E-07
1,403E-07	1,787E-07	1,689E-07	1,601E-07	1,966E-07	1,480E-07	1,566E-07	1,863E-07	2,080E-07
1,505E-07	1,872E-07	1,783E-07	1,702E-07	2,052E-07	1,576E-07	1,655E-07	1,959E-07	2,154E-07
1,441E-07	1,752E-07	1,676E-07	1,606E-07	1,892E-07	1,504E-07	1,572E-07	1,814E-07	1,978E-07
1,316E-07	1,564E-07	1,503E-07	1,447E-07	1,670E-07	1,367E-07	1,422E-07	1,607E-07	1,737E-07
1,326E-07	1,537E-07	1,484E-07	1,435E-07	1,616E-07	1,372E-07	1,421E-07	1,562E-07	1,674E-07
1,326E-07	1,521E-07	1,471E-07	1,423E-07	1,587E-07	1,370E-07	1,417E-07	1,536E-07	1,642E-07

(po)(cpo)(ao)	(po)(cp+)(ao)	(po)(cp-)(ao)	(po)(cpo)(a+)	(po)(cp+)(a+)	(po)(cp-)(a+)	(po)(cpo)(a-)	(po)(cp+)(a-)	(po)(cp-)(a-)
4,32E-02	4,63E-02	4,01E-02	4,58E-02	4,90E-02	4,25E-02	4,58E-02	4,90E-02	4,25E-02
5,88E-02	6,21E-02	5,56E-02	6,24E-02	6,58E-02	5,90E-02	6,24E-02	6,58E-02	5,90E-02
7,20E-02	7,54E-02	6,86E-02	7,64E-02	8,01E-02	7,28E-02	7,64E-02	8,01E-02	7,28E-02
8,69E-02	9,07E-02	8,32E-02	9,25E-02	9,65E-02	8,85E-02	9,25E-02	9,65E-02	8,85E-02
1,06E-01	1,10E-01	1,02E-01	1,13E-01	1,17E-01	1,09E-01	1,13E-01	1,17E-01	1,09E-01
1,40E-01	1,45E-01	1,36E-01	1,50E-01	1,55E-01	1,45E-01	1,50E-01	1,55E-01	1,45E-01
1,59E-01	1,64E-01	1,53E-01	1,70E-01	1,75E-01	1,64E-01	1,70E-01	1,75E-01	1,64E-01

K+/(p+ a+)	K+/(po a-)	K+/(po ao)	K+/(po a+)	K+/(p- ao)	K+/(p+ ao)	K+/(p- a+)	K+/(p+ Cp-)	K+/(p- a-)
1,06E+03	1,22E+03	1,29E+03	1,22E+03	1,52E+03	1,12E+03	1,43E+03	1,06E+03	1,43E+03
1,30E+03	1,48E+03	1,57E+03	1,48E+03	1,83E+03	1,38E+03	1,73E+03	1,30E+03	1,73E+03
1,63E+03	1,84E+03	1,95E+03	1,84E+03	2,25E+03	1,73E+03	2,12E+03	1,63E+03	2,12E+03
1,76E+03	1,96E+03	2,09E+03	1,96E+03	2,36E+03	1,88E+03	2,22E+03	1,76E+03	2,22E+03
1,87E+03	2,06E+03	2,20E+03	2,06E+03	2,44E+03	2,00E+03	2,29E+03	1,87E+03	2,29E+03
2,19E+03	2,37E+03	2,53E+03	2,37E+03	2,76E+03	2,34E+03	2,58E+03	2,19E+03	2,58E+03
2,29E+03	2,46E+03	2,63E+03	2,46E+03	2,84E+03	2,45E+03	2,65E+03	2,29E+03	2,65E+03

K+/(cpo a+)	K+/(cpo a-)	K+/(cpo ao)	K+/(cp+ a+)	K+/(cp- ao)	K+/(cp+ a-)	K+/(cp- a+)	K+/(cp- ao)	K+/(cp- a-)
2,320E+02	2,320E+02	2,459E+02	2,166E+02	2,296E+02	2,166E+02	2,50E+02	2,65E+02	2,65E+02
2,313E+02	2,313E+02	2,452E+02	2,192E+02	2,325E+02	2,192E+02	2,45E+02	2,59E+02	2,59E+02
2,669E+02	2,669E+02	2,833E+02	2,548E+02	2,705E+02	2,548E+02	2,80E+02	2,97E+02	2,97E+02
2,977E+02	2,977E+02	3,167E+02	2,854E+02	3,036E+02	2,854E+02	3,11E+02	3,31E+02	3,31E+02
3,209E+02	3,209E+02	3,424E+02	3,089E+02	3,296E+02	3,089E+02	3,34E+02	3,56E+02	3,56E+02
4,000E+02	4,000E+02	4,277E+02	3,866E+02	4,135E+02	3,866E+02	4,14E+02	4,43E+02	4,43E+02
4,462E+02	4,462E+02	4,776E+02	4,318E+02	4,622E+02	4,318E+02	4,62E+02	4,94E+02	4,94E+02

K+/(p+ Cp+)	K+/(po Cp-)	K+/(po Cpo)	K+/(po Cp+)	K+/(p- Cpo)	K+/(p+ Cpo)	K+/(p- Cp+)	K+/(p+ Cp-)	K+/(p- Cp-)
1,825E-07	2,408E-07	2,096E-07	1,856E-07	2,133E-07	2,061E-07	2,367E-07	1,889E-07	2,450E-07
1,655E-07	2,007E-07	1,830E-07	1,682E-07	1,861E-07	1,801E-07	1,975E-07	1,710E-07	2,041E-07
1,856E-07	2,210E-07	2,034E-07	1,885E-07	2,067E-07	2,003E-07	2,175E-07	1,915E-07	2,245E-07
1,700E-07	1,989E-07	1,848E-07	1,725E-07	1,876E-07	1,821E-07	1,959E-07	1,752E-07	2,019E-07
1,513E-07	1,748E-07	1,634E-07	1,534E-07	1,657E-07	1,612E-07	1,724E-07	1,556E-07	1,773E-07
1,551E-07	1,755E-07	1,658E-07	1,571E-07	1,679E-07	1,637E-07	1,733E-07	1,591E-07	1,778E-07
1,469E-07	1,641E-07	1,560E-07	1,487E-07	1,580E-07	1,541E-07	1,621E-07	1,506E-07	1,661E-07

(po)(cpo)(ao)	(po)(cp+)(ao)	(po)(cp-)(ao)	(po)(cpo)(a+)	(po)(cp+)(a+)	(po)(cp-)(a+)	(po)(cpo)(a-)	(po)(cp+)(a-)	(po)(cp-)(a-)
6,57E-02	7,42E-02	5,72E-02	6,93E-02	7,82E-02	6,03E-02	6,93E-02	7,82E-02	6,03E-02
1,01E-01	1,10E-01	9,18E-02	1,06E-01	1,16E-01	9,69E-02	1,06E-01	1,16E-01	9,69E-02
1,15E-01	1,24E-01	1,06E-01	1,21E-01	1,31E-01	1,12E-01	1,21E-01	1,31E-01	1,12E-01
1,31E-01	1,40E-01	1,22E-01	1,38E-01	1,48E-01	1,29E-01	1,38E-01	1,48E-01	1,29E-01
1,45E-01	1,55E-01	1,36E-01	1,54E-01	1,64E-01	1,44E-01	1,54E-01	1,64E-01	1,44E-01
1,80E-01	1,90E-01	1,70E-01	1,92E-01	2,02E-01	1,81E-01	1,92E-01	2,02E-01	1,81E-01
2,08E-01	2,18E-01	1,97E-01	2,21E-01	2,32E-01	2,10E-01	2,21E-01	2,32E-01	2,10E-01

K+/(p+ a+)	K+/(po a-)	K+/(po ao)	K+/(po a+)	K+/(p- ao)	K+/(p+ ao)	K+/(p- a+)	K+/(p+ Cp-)	K+/(p- a-)
1,22E+03	1,24E+03	1,31E+03	1,24E+03	1,34E+03	1,29E+03	1,27E+03	1,22E+03	1,27E+03
1,58E+03	1,60E+03	1,69E+03	1,60E+03	1,72E+03	1,66E+03	1,63E+03	1,58E+03	1,63E+03
1,98E+03	2,01E+03	2,12E+03	2,01E+03	2,16E+03	2,09E+03	2,04E+03	1,98E+03	2,04E+03
2,09E+03	2,12E+03	2,24E+03	2,12E+03	2,28E+03	2,21E+03	2,15E+03	2,09E+03	2,15E+03
2,11E+03	2,14E+03	2,27E+03	2,14E+03	2,30E+03	2,24E+03	2,17E+03	2,11E+03	2,17E+03
2,61E+03	2,64E+03	2,81E+03	2,64E+03	2,84E+03	2,77E+03	2,67E+03	2,61E+03	2,67E+03
2,81E+03	2,84E+03	3,02E+03	2,84E+03	3,06E+03	2,99E+03	2,88E+03	2,81E+03	2,88E+03

K+/(cpo a+)	K+/(cpo a-)	K+/(cpo ao)	K+/(cp+ a+)	K+/(cp- ao)	K+/(cp+ a-)	K+/(cp- a+)	K+/(cp- ao)	K+/(cp- a-)
4,708E+02	4,708E+02	4,966E+02	4,169E+02	4,397E+02	4,169E+02	5,41E+02	5,70E+02	5,70E+02
4,347E+02	4,347E+02	4,587E+02	3,995E+02	4,215E+02	3,995E+02	4,77E+02	5,03E+02	5,03E+02
5,125E+02	5,125E+02	5,412E+02	4,748E+02	5,014E+02	4,748E+02	5,57E+02	5,88E+02	5,88E+02
5,097E+02	5,097E+02	5,394E+02	4,760E+02	5,037E+02	4,760E+02	5,49E+02	5,81E+02	5,81E+02
5,056E+02	5,056E+02	5,366E+02	4,747E+02	5,038E+02	4,747E+02	5,41E+02	5,74E+02	5,74E+02
5,017E+02	5,017E+02	5,307E+02	4,707E+02	5,007E+02	4,707E+02	5,35E+02	5,64E+02	5,64E+02

Difusividade térmica aparente: α (m²/s)

Ko/(p+ Cp+)	Ko/(po Cp-)	Ko/(po Cpo)	Ko/(po Cp+)	Ko/(p- Cpo)	Ko/(p+ Cpo)	Ko/(p- Cp+)
1,288E-07	1,707E-07	1,586E-07	1,481E-07	1,864E-07	1,380E-07	1,485E-07
1,272E-07	1,619E-07	1,531E-07	1,451E-07	1,782E-07	1,341E-07	1,419E-07
1,398E-07	1,738E-07	1,656E-07	1,581E-07	1,906E-07	1,464E-07	1,537E-07
1,354E-07	1,646E-07	1,574E-07	1,509E-07	1,778E-07	1,413E-07	1,477E-07
1,247E-07	1,482E-07	1,424E-07	1,371E-07	1,582E-07	1,295E-07	1,347E-07
1,275E-07	1,477E-07	1,426E-07	1,379E-07	1,553E-07	1,319E-07	1,366E-07
1,280E-07	1,470E-07	1,420E-07	1,375E-07	1,533E-07	1,323E-07	1,369E-07

Condutividade térmica aparente: K (W/ m °C)

(p+)(cpo)(ao)	(p+)(cp+)(ao)	(p+)(cp-)(ao)	(p+)(cpo)(a+)	(p+)(cp+)(a+)	(p+)(cp-)(a+)	(p+)(cpo)(a-)
4,96E-02	5,32E-02	4,61E-02	5,26E-02	5,64E-02	4,89E-02	5,26E-02
6,71E-02	7,08E-02	6,35E-02	7,12E-02	7,51E-02	6,73E-02	7,12E-02
8,15E-02	8,53E-02	7,76E-02	8,65E-02	9,06E-02	8,24E-02	8,65E-02
9,69E-02	1,01E-01	9,27E-02	1,03E-01	1,08E-01	9,86E-02	1,03E-01
1,16E-01	1,21E-01	1,12E-01	1,24E-01	1,29E-01	1,29E-01	1,24E-01
1,52E-01	1,57E-01	1,47E-01	1,62E-01	1,68E-01	1,57E-01	1,62E-01
1,70E-01	1,76E-01	1,65E-01	1,82E-01	1,88E-01	1,76E-01	1,82E-01

Calor específico aparente: C_p(J/Kg °C)

Ko/(p+ a+)	Ko/(po a-)	Ko/(po ao)	Ko/(po a+)	Ko/(p- ao)	Ko/(p+ ao)	Ko/(p- Cp+)
9,31E+02	1,07E+03	1,13E+03	1,07E+03	1,33E+03	9,87E+02	1,26E+03
1,18E+03	1,35E+03	1,43E+03	1,35E+03	1,66E+03	1,25E+03	1,57E+03
1,51E+03	1,71E+03	1,82E+03	1,71E+03	2,09E+03	1,61E+03	1,97E+03
1,66E+03	1,85E+03	1,96E+03	1,85E+03	2,22E+03	1,76E+03	2,08E+03
1,77E+03	1,95E+03	2,08E+03	1,95E+03	2,31E+03	1,89E+03	2,17E+03
2,10E+03	2,28E+03	2,43E+03	2,28E+03	2,65E+03	2,25E+03	2,48E+03
2,21E+03	2,37E+03	2,54E+03	2,37E+03	2,74E+03	2,37E+03	2,56E+03

Massa específica aparente: (Kg/m³)

Ko/(cpo a+)	Ko/(cpo a-)	Ko/(cpo ao)	Ko/(cp+ a+)	Ko/(cp+ - ao)	Ko/(cp+ a-)	Ko/(cp- a+)
2,04E+02	2,04E+02	2,16E+02	1,91E+02	2,02E+02	1,91E+02	2,20E+02
2,10E+02	2,10E+02	2,22E+02	1,99E+02	2,11E+02	1,99E+02	2,22E+02
2,48E+02	2,48E+02	2,63E+02	2,37E+02	2,51E+02	2,37E+02	2,60E+02
2,80E+02	2,80E+02	2,98E+02	2,68E+02	2,85E+02	2,68E+02	2,92E+02
3,04E+02	3,04E+02	3,24E+02	2,93E+02	3,12E+02	2,93E+02	3,16E+02
3,84E+02	3,84E+02	4,11E+02	3,72E+02	3,97E+02	3,72E+02	3,98E+02
4,31E+02	4,31E+02	4,61E+02	4,17E+02	4,46E+02	4,17E+02	4,46E+02

Difusividade térmica aparente: α (m²/s)

Ko/(p+ Cp+)	Ko/(po Cp-)	Ko/(po Cpo)	Ko/(po Cp+)	Ko/(p- Cpo)	Ko/(p+ Cpo)	Ko/(p- Cp+)
1,520E-07	2,006E-07	1,746E-07	1,546E-07	1,777E-07	1,717E-07	1,972E-07
1,450E-07	1,758E-07	1,603E-07	1,474E-07	1,630E-07	1,578E-07	1,730E-07
1,677E-07	1,997E-07	1,839E-07	1,704E-07	1,868E-07	1,810E-07	1,966E-07
1,548E-07	1,811E-07	1,682E-07	1,571E-07	1,708E-07	1,658E-07	1,784E-07
1,382E-07	1,596E-07	1,492E-07	1,401E-07	1,513E-07	1,472E-07	1,574E-07
1,448E-07	1,639E-07	1,548E-07	1,467E-07	1,568E-07	1,528E-07	1,618E-07
1,380E-07	1,542E-07	1,466E-07	1,397E-07	1,484E-07	1,448E-07	1,523E-07

Condutividade térmica aparente: K (W/ m °C)

(p+)(cpo)(ao)	(p+)(cp+)(ao)	(p+)(cp-)(ao)	(p+)(cpo)(a+)	(p+)(cp+)(a+)	(p+)(cp-)(a+)	(p+)(cpo)(a-)
6,68E-02	7,55E-02	5,82E-02	7,05E-02	7,96E-02	6,14E-02	7,05E-02
1,02E-01	1,11E-01	9,34E-02	1,08E-01	1,18E-01	9,85E-02	1,08E-01
1,17E-01	1,26E-01	1,07E-01	1,23E-01	1,33E-01	1,13E-01	1,23E-01
1,33E-01	1,42E-01	1,23E-01	1,40E-01	1,50E-01	1,31E-01	1,40E-01
1,47E-01	1,57E-01	1,38E-01	1,56E-01	1,66E-01	1,46E-01	1,56E-01
1,83E-01	1,93E-01	1,73E-01	1,94E-01	2,05E-01	1,84E-01	1,94E-01
2,10E-01	2,20E-01	2,00E-01	2,24E-01	2,35E-01	2,13E-01	2,24E-01

Calor específico aparente: C_p(J/Kg °C)

Ko/(p+ a+)	Ko/(po a-)	Ko/(po ao)	Ko/(po a+)	Ko/(p- ao)	Ko/(p+ ao)	Ko/(p- Cp+)
1,02E+03	1,04E+03	1,09E+03	1,04E+03	1,11E+03	1,07E+03	1,05E+03
1,38E+03	1,41E+03	1,48E+03	1,41E+03	1,51E+03	1,46E+03	1,43E+03
1,79E+03	1,82E+03	1,92E+03	1,82E+03	1,95E+03	1,89E+03	1,85E+03
1,90E+03	1,93E+03	2,04E+03	1,93E+03	2,07E+03	2,01E+03	1,96E+03
1,93E+03	1,95E+03	2,07E+03	1,95E+03	2,10E+03	2,05E+03	1,98E+03
2,43E+03	2,47E+03	2,62E+03	2,47E+03	2,66E+03	2,59E+03	2,50E+03
2,64E+03	2,67E+03	2,84E+03	2,67E+03	2,88E+03	2,81E+03	2,70E+03

Massa específica aparente: (Kg/m³)

Ko/(cpo a+)	Ko/(cpo a-)	Ko/(cpo ao)	Ko/(cp+ a+)	Ko/(cp+ - ao)	Ko/(cp+ a-)	Ko/(cp- a+)
3,92E+02	3,92E+02	4,14E+02	3,47E+02	3,66E+02	3,47E+02	4,50E+02
3,81E+02	3,81E+02	4,02E+02	3,50E+02	3,69E+02	3,50E+02	4,18E+02
4,63E+02	4,63E+02	4,89E+02	4,29E+02	4,53E+02	4,29E+02	5,03E+02
4,64E+02	4,64E+02	4,91E+02	4,33E+02	4,59E+02	4,33E+02	4,99E+02
4,62E+02	4,62E+02	4,90E+02	4,34E+02	4,60E+02	4,34E+02	4,94E+02
5,12E+02	5,12E+02	5,77E+02	5,14E+02	5,47E+02	5,14E+02	5,74E+02

Ko/(p+ Cp-)	Ko/(p- Cp-)	K-/(p+ Cp+)	K-/(po Cp-)	K-/(po Cpo)	K-/(po Cp+)	K-/(p- Cpo)	K-/(p+ Cpo)	K-/(p- Cp+)
1,740E-07	2,006E-07	1,112E-07	1,474E-07	1,369E-07	1,278E-07	1,609E-07	1,191E-07	1,282E-07
1,689E-07	1,885E-07	1,140E-07	1,452E-07	1,372E-07	1,301E-07	1,598E-07	1,203E-07	1,273E-07
1,819E-07	2,000E-07	1,291E-07	1,605E-07	1,529E-07	1,460E-07	1,759E-07	1,352E-07	1,419E-07
1,704E-07	1,858E-07	1,267E-07	1,540E-07	1,473E-07	1,412E-07	1,663E-07	1,322E-07	1,382E-07
1,523E-07	1,646E-07	1,177E-07	1,399E-07	1,345E-07	1,295E-07	1,494E-07	1,223E-07	1,272E-07
1,502E-07	1,609E-07	1,223E-07	1,418E-07	1,369E-07	1,323E-07	1,491E-07	1,266E-07	1,311E-07
1,484E-07	1,586E-07	1,235E-07	1,418E-07	1,370E-07	1,326E-07	1,479E-07	1,276E-07	1,320E-07

(p+)(cp+)(a-)	(p+)(cp-)(a-)	(p-)(cpo)(ao)	(p-)(cp+)(ao)	(p-)(cp-)(ao)	(p-)(cpo)(a+)	(p-)(cp+)(a+)	(p-)(cp-)(a+)	(p-)(cpo)(a-)
5,64E-02	4,89E-02	3,68E-02	3,94E-02	3,41E-02	3,90E-02	4,17E-02	3,62E-02	3,90E-02
7,51E-02	6,73E-02	5,06E-02	5,33E-02	4,78E-02	5,36E-02	5,65E-02	5,07E-02	5,36E-02
9,06E-02	8,24E-02	6,26E-02	6,56E-02	5,96E-02	6,64E-02	6,96E-02	6,33E-02	6,64E-02
1,08E-01	9,86E-02	7,70E-02	8,03E-02	7,37E-02	8,19E-02	8,54E-02	7,84E-02	8,19E-02
1,29E-01	1,19E-01	9,53E-02	9,90E-02	9,16E-02	1,02E-01	1,06E-01	9,78E-02	1,02E-01
1,68E-01	1,57E-01	1,29E-01	1,33E-01	1,25E-01	1,38E-01	1,43E-01	1,33E-01	1,38E-01
1,88E-01	1,76E-01	1,47E-01	1,52E-01	1,42E-01	1,57E-01	1,63E-01	1,52E-01	1,57E-01

Ko/(p+ a-)	Ko/(p- a-)	K-/(p+ a+)	K-/(po a-)	K-/(po ao)	K-/(po a+)	K-/(p- a+)	K-/(p+ ao)	K-/(p- a+)
9,31E+02	1,26E+03	8,04E+02	9,24E+02	9,79E+02	9,24E+02	1,15E+03	8,52E+02	1,09E+03
1,18E+03	1,57E+03	1,06E+03	1,21E+03	1,28E+03	1,21E+03	1,49E+03	1,12E+03	1,40E+03
1,51E+03	1,97E+03	1,40E+03	1,58E+03	1,68E+03	1,58E+03	1,93E+03	1,48E+03	1,82E+03
1,66E+03	2,08E+03	1,55E+03	1,73E+03	1,84E+03	1,73E+03	2,07E+03	1,65E+03	1,95E+03
1,77E+03	2,17E+03	1,67E+03	1,84E+03	1,96E+03	1,84E+03	2,18E+03	1,79E+03	2,04E+03
2,10E+03	2,48E+03	2,02E+03	2,18E+03	2,33E+03	2,18E+03	2,54E+03	2,16E+03	2,38E+03
2,21E+03	2,56E+03	2,13E+03	2,29E+03	2,45E+03	2,29E+03	2,64E+03	2,28E+03	2,47E+03

Ko/(cp- ao)	Ko/(cp- a-)	K-/(cpo a+)	K-/(cpo a-)	K-/(cpo ao)	K-/(cp+ a+)	K-/(cp+ - ao)	K-/(cp+ a-)	K-/(cp- a+)
2,33E+02	2,20E+02	1,76E+02	1,76E+02	1,87E+02	1,65E+02	1,74E+02	1,65E+02	1,90E+02
2,35E+02	2,22E+02	1,88E+02	1,88E+02	1,99E+02	1,78E+02	1,89E+02	1,78E+02	1,99E+02
2,76E+02	2,60E+02	2,29E+02	2,29E+02	2,43E+02	2,19E+02	2,32E+02	2,19E+02	2,40E+02
3,11E+02	2,92E+02	2,62E+02	2,62E+02	2,78E+02	2,51E+02	2,67E+02	2,51E+02	2,74E+02
3,37E+02	3,16E+02	2,87E+02	2,87E+02	3,06E+02	2,76E+02	2,95E+02	2,76E+02	2,99E+02
4,26E+02	3,98E+02	3,69E+02	3,69E+02	3,95E+02	3,57E+02	3,81E+02	3,57E+02	3,82E+02
4,77E+02	4,46E+02	4,16E+02	4,16E+02	4,45E+02	4,02E+02	4,31E+02	4,02E+02	4,30E+02

Ko/(p+ Cp-)	Ko/(p- Cp-)	K-/(p+ Cp+)	K-/(po Cp-)	K-/(po Cpo)	K-/(po Cp+)	K-/(p- Cpo)	K-/(p+ Cpo)	K-/(p- Cp+)
1,573E-07	2,041E-07	1,215E-07	1,604E-07	1,396E-07	1,236E-07	1,421E-07	1,373E-07	1,576E-07
1,498E-07	1,788E-07	1,245E-07	1,510E-07	1,377E-07	1,265E-07	1,400E-07	1,354E-07	1,485E-07
1,731E-07	2,029E-07	1,499E-07	1,785E-07	1,643E-07	1,522E-07	1,669E-07	1,618E-07	1,757E-07
1,595E-07	1,838E-07	1,396E-07	1,633E-07	1,517E-07	1,417E-07	1,540E-07	1,495E-07	1,609E-07
1,421E-07	1,619E-07	1,251E-07	1,444E-07	1,351E-07	1,268E-07	1,370E-07	1,332E-07	1,425E-07
1,486E-07	1,660E-07	1,345E-07	1,522E-07	1,438E-07	1,362E-07	1,456E-07	1,420E-07	1,503E-07
1,415E-07	1,561E-07	1,292E-07	1,442E-07	1,372E-07	1,307E-07	1,389E-07	1,355E-07	1,425E-07

(p+)(cp+)(a-)	(p+)(cp-)(a-)	(p-)(cpo)(ao)	(p-)(cp+)(ao)	(p-)(cp-)(ao)	(p-)(cpo)(a+)	(p-)(cp+)(a+)	(p-)(cp-)(a+)	(p-)(cpo)(a-)
7,96E-02	6,14E-02	6,45E-02	7,29E-02	5,62E-02	6,81E-02	7,69E-02	5,93E-02	6,81E-02
1,18E-01	9,85E-02	9,91E-02	1,08E-01	9,03E-02	1,05E-01	1,14E-01	9,53E-02	1,05E-01
1,33E-01	1,13E-01	1,13E-01	1,22E-01	1,04E-01	1,19E-01	1,29E-01	1,10E-01	1,19E-01
1,50E-01	1,31E-01	1,29E-01	1,38E-01	1,20E-01	1,36E-01	1,46E-01	1,27E-01	1,36E-01
1,66E-01	1,46E-01	1,43E-01	1,53E-01	1,34E-01	1,52E-01	1,62E-01	1,42E-01	1,52E-01
2,05E-01	1,84E-01	1,78E-01	1,88E-01	1,68E-01	1,89E-01	2,00E-01	1,79E-01	1,89E-01
2,35E-01	2,13E-01	2,05E-01	2,15E-01	1,95E-01	2,18E-01	2,29E-01	2,07E-01	2,18E-01

Ko/(p+ a-)	Ko/(p- a-)	K-/(p+ a+)	K-/(po a-)	K-/(po ao)	K-/(po a+)	K-/(p- a+)	K-/(p+ ao)	K-/(p- a+)
1,02E+03	1,05E+03	8,15E+02	8,29E+02	8,74E+02	8,29E+02	8,90E+02	8,60E+02	8,44E+02
1,38E+03	1,43E+03	1,19E+03	1,21E+03	1,27E+03	1,21E+03	1,29E+03	1,25E+03	1,23E+03
1,79E+03	1,85E+03	1,60E+03	1,62E+03	1,72E+03	1,62E+03	1,74E+03	1,69E+03	1,65E+03
1,90E+03	1,96E+03	1,72E+03	1,74E+03	1,84E+03	1,74E+03	1,87E+03	1,82E+03	1,77E+03
1,93E+03	1,98E+03	1,74E+03	1,77E+03	1,88E+03	1,77E+03	1,90E+03	1,85E+03	1,79E+03
2,43E+03	2,50E+03	2,26E+03	2,29E+03	2,44E+03	2,29E+03	2,47E+03	2,40E+03	2,32E+03
2,64E+03	2,70E+03	2,47E+03	2,50E+03	2,66E+03	2,50E+03	2,69E+03	2,63E+03	2,53E+03

Ko/(cp- ao)	Ko/(cp- a-)	K-/(cpo a+)	K-/(cpo a-)	K-/(cpo ao)	K-/(cp+ a+)	K-/(cp+ - ao)	K-/(cp+ a-)	K-/(cp- a+)
4,75E+02	4,50E+02	3,14E+02	3,14E+02	3,31E+02	2,78E+02	2,93E+02	2,78E+02	3,60E+02
4,41E+02	4,18E+02	3,27E+02	3,27E+02	3,45E+02	3,00E+02	3,17E+02	3,00E+02	3,59E+02
5,31E+02	5,03E+02	4,14E+02	4,14E+02	4,37E+02	3,83E+02	4,05E+02	3,83E+02	4,50E+02
5,29E+02	4,99E+02	4,18E+02	4,18E+02	4,43E+02	3,91E+02	4,14E+02	3,91E+02	4,50E+02
5,24E+02	4,94E+02	4,18E+02	4,18E+02	4,43E+02	3,92E+02	4,16E+02	3,92E+02	4,47E+02
5,11E+02	4,74E+02	4,04E+02	4,04E+02	4,26E+02	3,78E+02	3,98E+02	3,78E+02	4,34E+02

K-/(\rho+ Cp-)	K-/(\rho- Cp-)
1,502E-07	1,732E-07
1,515E-07	1,690E-07
1,680E-07	1,847E-07
1,594E-07	1,739E-07
1,438E-07	1,554E-07
1,441E-07	1,544E-07
1,431E-07	1,530E-07

(\rho-)(cp+)(\alpha-)	(\rho-)(cp-)(\alpha-)
4,17E-02	3,62E-02
5,65E-02	5,07E-02
6,96E-02	6,33E-02
8,54E-02	7,84E-02
1,06E-01	9,78E-02
1,43E-01	1,33E-01
1,63E-01	1,52E-01

K-/(\rho+ \alpha-)	K-/(\rho- \alpha-)
8,04E+02	1,09E+03
1,06E+03	1,40E+03
1,40E+03	1,82E+03
1,55E+03	1,95E+03
1,67E+03	2,04E+03
2,02E+03	2,38E+03
2,13E+03	2,47E+03

K-/(\rho- \alpha0)	K-/(\rho- \alpha-)
2,01E+02	1,90E+02
2,11E+02	1,99E+02
2,55E+02	2,40E+02
2,91E+02	2,74E+02
3,19E+02	2,99E+02
4,09E+02	3,82E+02
4,60E+02	4,30E+02

K-/(\rho+ Cp-)	K-/(\rho- Cp-)
1,258E-07	1,632E-07
1,286E-07	1,535E-07
1,547E-07	1,813E-07
1,438E-07	1,657E-07
1,286E-07	1,465E-07
1,380E-07	1,542E-07
1,324E-07	1,460E-07

(\rho-)(cp+)(\alpha-)	(\rho-)(cp-)(\alpha-)
7,69E-02	5,93E-02
1,14E-01	9,53E-02
1,29E-01	1,10E-01
1,46E-01	1,27E-01
1,62E-01	1,42E-01
2,00E-01	1,79E-01
2,29E-01	2,07E-01

K-/(\rho+ \alpha-)	K-/(\rho- \alpha-)
8,15E+02	8,44E+02
1,19E+03	1,23E+03
1,60E+03	1,65E+03
1,72E+03	1,77E+03
1,74E+03	1,79E+03
2,26E+03	2,32E+03
2,47E+03	2,53E+03

K-/(\rho- \alpha0)	K-/(\rho- \alpha-)
3,80E+02	3,60E+02
3,78E+02	3,59E+02
4,75E+02	4,50E+02
4,77E+02	4,50E+02
4,74E+02	4,47E+02
5,67E+02	5,34E+02

TAMARINDO

T = 25°C

Difusividade

Teor de água (b.u.)	ρ_{AP} (g/cm ³)	ρ_{AP} (Kg/m ³) mínimo	ρ_{AP} (Kg/m ³)	ρ_{AP} (Kg/m ³) - máximo	α (m ² /s) - mínimo	α (m ² /s)
7,85	0,731	721,33	731	740,67	9,74E-08	1,01E-07
10,38	0,752	742,33	752	761,67	9,87E-08	1,02E-07
16,28	0,778	768,33	778	787,67	1,04E-07	1,07E-07
22,86	0,822	812,33	822	831,67	1,08E-07	1,11E-07
30,58	0,852	842,33	852	861,67	1,12E-07	1,15E-07
40,58	0,882	872,33	882	891,67	1,17E-07	1,20E-07

Condutividade

Teor de água (b.u.)	ρ_{AP} (g/cm ³)	ρ_{AP} (Kg/m ³) mínimo	ρ_{AP} (Kg/m ³)	ρ_{AP} (Kg/m ³) - máximo	α (m ² /s) - mínimo	α (m ² /s)
7,85	0,731	721,33	731	740,67	9,74E-08	1,01E-07
10,38	0,752	742,33	752	761,67	9,87E-08	1,02E-07
16,28	0,778	768,33	778	787,67	1,04E-07	1,07E-07
22,86	0,822	812,33	822	831,67	1,08E-07	1,11E-07
30,58	0,852	842,33	852	861,67	1,12E-07	1,15E-07
40,58	0,882	872,33	882	891,67	1,17E-07	1,20E-07

Calor específico

Teor de água (b.u.)	ρ_{AP} (g/cm ³)	ρ_{AP} (Kg/m ³) mínimo	ρ_{AP} (Kg/m ³)	ρ_{AP} (Kg/m ³)	α (m ² /s) - mínimo	α (m ² /s)
7,85	0,731	721,33	731	740,67	9,74E-08	1,01E-07
10,38	0,752	742,33	752	761,67	9,87E-08	1,02E-07
16,28	0,778	768,33	778	787,67	1,04E-07	1,07E-07
22,86	0,822	812,33	822	831,67	1,08E-07	1,11E-07
30,58	0,852	842,33	852	861,67	1,12E-07	1,15E-07
40,58	0,882	872,33	882	891,67	1,17E-07	1,20E-07

Massa específica

Teor de água (b.u.)	ρ_{AP} (g/cm ³)	ρ_{AP} (Kg/m ³) mínimo	ρ_{AP} (Kg/m ³)	ρ_{AP} (Kg/m ³) - máximo	α (m ² /s) - mínimo	α (m ² /s)
7,85	0,731	721,33	731	740,67	9,74E-08	1,01E-07
10,38	0,752	742,33	752	761,67	9,87E-08	1,02E-07
16,28	0,778	768,33	778	787,67	1,04E-07	1,07E-07
22,86	0,822	812,33	822	831,67	1,08E-07	1,11E-07
30,58	0,852	842,33	852	861,67	1,12E-07	1,15E-07
40,58	0,882	872,33	882	891,67	1,17E-07	1,20E-07

UMBU

T = 25°C

Difusividade

Teor de água (b.u.)	ρ_{AP} (g/cm ³)	ρ_{AP} (Kg/m ³) mínimo	ρ_{AP} (Kg/m ³)	ρ_{AP} (Kg/m ³) - máximo	α (m ² /s) - mínimo	α (m ² /s)
7,94	0,202	168,6	202	235,4	2,14E-07	2,24E-07
16,75	0,278	244,6	278	311,4	1,82E-07	1,92E-07
26,64	0,326	292,6	326	359,4	1,65E-07	1,75E-07
35,86	0,422	388,6	422	455,4	1,42E-07	1,52E-07
40,58	0,439	405,6	439	472,4	1,30E-07	1,39E-07

Condutividade

Teor de água (b.u.)	ρ_{AP} (g/cm ³)	ρ_{AP} (Kg/m ³) mínimo	ρ_{AP} (Kg/m ³)	ρ_{AP} (Kg/m ³) - máximo	α (m ² /s) - mínimo	α (m ² /s)
7,94	0,202	168,6	202	235,4	2,33E-07	2,24E-07
16,75	0,278	244,6	278	311,4	2,01E-07	1,92E-07
26,64	0,326	292,6	326	359,4	1,85E-07	1,75E-07
35,86	0,422	388,6	422	455,4	1,62E-07	1,52E-07
40,58	0,439	405,6	439	472,4	1,49E-07	1,39E-07

Calor específico

Teor de água (b.u.)	ρ_{AP} (g/cm ³)	ρ_{AP} (Kg/m ³) mínimo	ρ_{AP} (Kg/m ³)	ρ_{AP} (Kg/m ³)	α (m ² /s) - mínimo	α (m ² /s)
7,94	0,202	168,6	202	235,4	2,33E-07	2,24E-07
16,75	0,278	244,6	278	311,4	2,01E-07	1,92E-07
26,64	0,326	292,6	326	359,4	1,85E-07	1,75E-07
35,86	0,422	388,6	422	455,4	1,62E-07	1,52E-07
40,58	0,439	405,6	439	472,4	1,49E-07	1,39E-07

Massa específica

Teor de água (b.u.)	ρ_{AP} (g/cm ³)	ρ_{AP} (Kg/m ³) mínimo	ρ_{AP} (Kg/m ³)	ρ_{AP} (Kg/m ³) - máximo	α (m ² /s) - mínimo	α (m ² /s)
7,94	0,202	168,6	202	235,4	2,33E-07	2,24E-07
16,75	0,278	244,6	278	311,4	2,01E-07	1,92E-07
26,64	0,326	292,6	326	359,4	1,85E-07	1,75E-07

α (m ² /s) - máximo	K (W/ m °C) - mínimo	K (W/ m °C)	K (W/ m °C) - máximo	C _p (cal/g°C)	C _p (J/Kg°C) - mínimo
1,04E-07	2,27E-01	2,31200E-01	2,36E-01	0,751	3,110E+03
1,05E-07	2,33E-01	2,37110E-01	2,42E-01	0,762	3,156E+03
1,10E-07	2,58E-01	2,61900E-01	2,66E-01	0,782	3,239E+03
1,14E-07	2,98E-01	3,02100E-01	3,07E-01	0,811	3,361E+03
1,18E-07	3,36E-01	3,40100E-01	3,45E-01	0,852	3,532E+03
1,23E-07	3,79E-01	3,83114E-01	3,88E-01	0,881	3,653E+03

α (m ² /s) - máximo	K (W/ m °C) - mínimo	K (W/ m °C)	K (W/ m °C) - máximo	C _p (cal/g°C)	C _p (J/Kg°C) - mínimo
1,04E-07	2,27E-01	2,31200E-01	2,36E-01	0,751	3,110E+03
1,05E-07	2,33E-01	2,37110E-01	2,42E-01	0,762	3,156E+03
1,10E-07	2,58E-01	2,61900E-01	2,66E-01	0,782	3,239E+03
1,14E-07	2,98E-01	3,02100E-01	3,07E-01	0,811	3,361E+03
1,18E-07	3,36E-01	3,40100E-01	3,45E-01	0,852	3,532E+03
1,23E-07	3,79E-01	3,83114E-01	3,88E-01	0,881	3,653E+03

α (m ² /s) - máximo	K (W/ m °C) - mínimo	K (W/ m °C)	K (W/ m °C) - máximo	C _p (cal/g°C)	C _p (J/Kg°C) - mínimo
1,04E-07	2,27E-01	2,31200E-01	2,36E-01	0,751	3,110E+03
1,05E-07	2,33E-01	2,37110E-01	2,42E-01	0,762	3,156E+03
1,10E-07	2,58E-01	2,61900E-01	2,66E-01	0,782	3,239E+03
1,14E-07	2,98E-01	3,02100E-01	3,07E-01	0,811	3,361E+03
1,18E-07	3,36E-01	3,40100E-01	3,45E-01	0,852	3,532E+03
1,23E-07	3,79E-01	3,83114E-01	3,88E-01	0,881	3,653E+03

α (m ² /s) - máximo	K (W/ m °C) - mínimo	K (W/ m °C)	K (W/ m °C) - máximo	C _p (cal/g°C)	C _p (J/Kg°C) - mínimo
1,04E-07	2,27E-01	2,31200E-01	2,36E-01	0,751	3,110E+03
1,05E-07	2,33E-01	2,37110E-01	2,42E-01	0,762	3,156E+03
1,10E-07	2,58E-01	2,61900E-01	2,66E-01	0,782	3,239E+03
1,14E-07	2,98E-01	3,02100E-01	3,07E-01	0,811	3,361E+03
1,18E-07	3,36E-01	3,40100E-01	3,45E-01	0,852	3,532E+03
1,23E-07	3,79E-01	3,83114E-01	3,88E-01	0,881	3,653E+03

α (m ² /s) - máximo	K (W/ m °C) - mínimo	K (W/ m °C)	K (W/ m °C) - máximo	C _p (cal/g°C)	C _p (J/Kg°C) - mínimo
2,33E-07	4,03E-02	0,046	5,17E-02	0,233	8,905E+02
2,01E-07	5,83E-02	0,064	6,97E-02	0,298	1,162E+03
1,85E-07	7,13E-02	0,077	8,27E-02	0,328	1,288E+03
1,62E-07	9,23E-02	0,098	1,04E-01	0,356	1,405E+03
1,49E-07	9,53E-02	0,101	1,07E-01	0,383	1,518E+03

α (m ² /s) - máximo	K (W/ m °C) - mínimo	K (W/ m °C)	K (W/ m °C) - máximo	C _p (cal/g°C)	C _p (J/Kg°C) - mínimo
2,33E-07	4,03E-02	0,046	5,17E-02	0,233	8,905E+02
2,01E-07	5,83E-02	0,064	6,97E-02	0,298	1,162E+03
1,85E-07	7,13E-02	0,077	8,27E-02	0,328	1,288E+03
1,62E-07	9,23E-02	0,098	1,04E-01	0,356	1,405E+03
1,49E-07	9,53E-02	0,101	1,07E-01	0,383	1,518E+03

α (m ² /s) - máximo	K (W/ m °C) - mínimo	K (W/ m °C)	K (W/ m °C) - máximo	C _p (cal/g°C)	C _p (J/Kg°C) - mínimo
2,33E-07	4,03E-02	0,046	5,17E-02	0,233	8,905E+02
2,01E-07	5,83E-02	0,064	6,97E-02	0,298	1,162E+03
1,85E-07	7,13E-02	0,077	8,27E-02	0,328	1,288E+03
1,62E-07	9,23E-02	0,098	1,04E-01	0,356	1,405E+03
1,49E-07	9,53E-02	0,101	1,07E-01	0,383	1,518E+03

α (m ² /s) - máximo	K (W/ m °C) - mínimo	K (W/ m °C)	K (W/ m °C) - máximo	C _p (cal/g°C)	C _p (J/Kg°C) - mínimo
2,33E-07	4,03E-02	0,046	5,17E-02	0,233	8,905E+02
2,01E-07	5,83E-02	0,064	6,97E-02	0,298	1,162E+03
1,85E-07	7,13E-02	0,077	8,27E-02	0,328	1,288E+03

C_p (J/Kg ⁰ C)	C_p (J/Kg ⁰ C) - máximo	K+/(p+ Cp+)	K+/(po Cp-)	K+/(po Cpo)	K+/(po Cp+)	K+/(p- Cpo)
3,139E+03	3,168E+03	1,004E-07	1,036E-07	1,027E-07	1,017E-07	1,040E-07
3,185E+03	3,214E+03	9,864E-08	1,018E-07	1,008E-07	9,991E-08	1,021E-07
3,269E+03	3,298E+03	1,025E-07	1,057E-07	1,047E-07	1,038E-07	1,060E-07
3,390E+03	3,419E+03	1,078E-07	1,110E-07	1,100E-07	1,090E-07	1,113E-07
3,561E+03	3,591E+03	1,113E-07	1,145E-07	1,135E-07	1,126E-07	1,148E-07
3,683E+03	3,712E+03	1,171E-07	1,203E-07	1,193E-07	1,184E-07	1,206E-07

C_p (J/Kg ⁰ C)	C_p (J/Kg ⁰ C) - máximo	(po)(cpo)(ao)	(po)(cp+)(ao)	(po)(cp-)(ao)	(po)(cpo)(a+)	(po)(cp+)(a+)
3,139E+03	3,168E+03	2,31E-01	2,33E-01	2,28E-01	2,38E-01	2,40E-01
3,185E+03	3,214E+03	2,44E-01	2,46E-01	2,42E-01	2,51E-01	2,54E-01
3,269E+03	3,298E+03	2,73E-01	2,75E-01	2,70E-01	2,81E-01	2,83E-01
3,390E+03	3,419E+03	3,08E-01	3,11E-01	3,06E-01	3,17E-01	3,20E-01
3,561E+03	3,591E+03	3,49E-01	3,52E-01	3,46E-01	3,59E-01	3,62E-01
3,683E+03	3,712E+03	3,91E-01	3,94E-01	3,88E-01	4,01E-01	4,04E-01

C_p (J/Kg ⁰ C)	C_p (J/Kg ⁰ C) - máximo	K+/(p+ α+)	K+/(po α-)	K+/(po αo)	K+/(po α+)	K+/(p- αo)
3,139E+03	3,168E+03	3,07E+03	3,31E+03	3,21E+03	3,11E+03	3,25E+03
3,185E+03	3,214E+03	3,02E+03	3,25E+03	3,15E+03	3,06E+03	3,20E+03
3,269E+03	3,298E+03	3,06E+03	3,28E+03	3,19E+03	3,10E+03	3,23E+03
3,390E+03	3,419E+03	3,24E+03	3,47E+03	3,37E+03	3,28E+03	3,41E+03
3,561E+03	3,591E+03	3,38E+03	3,61E+03	3,51E+03	3,42E+03	3,55E+03
3,683E+03	3,712E+03	3,52E+03	3,75E+03	3,65E+03	3,56E+03	3,69E+03

C_p (J/Kg ⁰ C)	C_p (J/Kg ⁰ C) - máximo	K+/(cpo α+)	K+/(cpo α-)	K+/(cpo αo)	K+/(cp+ α+)	K+/(cp+ - αo)
3,139E+03	3,168E+03	7,244E+02	7,705E+02	7,468E+02	7,177E+02	7,399E+02
3,185E+03	3,214E+03	7,228E+02	7,682E+02	7,448E+02	7,162E+02	7,380E+02
3,269E+03	3,298E+03	7,379E+02	7,818E+02	7,593E+02	7,314E+02	7,525E+02
3,390E+03	3,419E+03	7,945E+02	8,403E+02	8,167E+02	7,877E+02	8,097E+02
3,561E+03	3,591E+03	8,184E+02	8,637E+02	8,404E+02	8,117E+02	8,336E+02
3,683E+03	3,712E+03	8,527E+02	8,979E+02	8,747E+02	8,460E+02	8,678E+02

C_p (J/Kg ⁰ C)	C_p (J/Kg ⁰ C) - máximo	K+/(p+ Cp+)	K+/(po Cp-)	K+/(po Cpo)	K+/(po Cp+)	K+/(p- Cpo)
9,739E+02	1,057E+03	2,077E-07	2,874E-07	2,628E-07	2,421E-07	3,148E-07
1,246E+03	1,329E+03	1,684E-07	2,157E-07	2,013E-07	1,886E-07	2,288E-07
1,371E+03	1,454E+03	1,582E-07	1,970E-07	1,850E-07	1,744E-07	2,061E-07
1,488E+03	1,572E+03	1,449E-07	1,749E-07	1,651E-07	1,564E-07	1,793E-07
1,601E+03	1,684E+03	1,341E-07	1,602E-07	1,518E-07	1,443E-07	1,643E-07

C_p (J/Kg ⁰ C)	C_p (J/Kg ⁰ C) - máximo	(po)(cpo)(ao)	(po)(cp+)(ao)	(po)(cp-)(ao)	(po)(cpo)(a+)	(po)(cp+)(a+)
9,739E+02	1,057E+03	4,40E-02	4,77E-02	4,02E-02	4,59E-02	4,98E-02
1,246E+03	1,329E+03	6,63E-02	7,08E-02	6,19E-02	6,97E-02	7,44E-02
1,371E+03	1,454E+03	7,83E-02	8,30E-02	7,35E-02	8,27E-02	8,77E-02
1,488E+03	1,572E+03	9,56E-02	1,01E-01	9,03E-02	1,02E-01	1,08E-01
1,601E+03	1,684E+03	9,80E-02	1,03E-01	9,29E-02	1,05E-01	1,10E-01

C_p (J/Kg ⁰ C)	C_p (J/Kg ⁰ C) - máximo	K+/(p+ α+)	K+/(po α-)	K+/(po αo)	K+/(po α+)	K+/(p- αo)
9,739E+02	1,057E+03	9,41E+02	1,10E+03	1,15E+03	1,10E+03	1,37E+03
1,246E+03	1,329E+03	1,11E+03	1,25E+03	1,31E+03	1,25E+03	1,49E+03
1,371E+03	1,454E+03	1,24E+03	1,37E+03	1,45E+03	1,37E+03	1,61E+03
1,488E+03	1,572E+03	1,40E+03	1,52E+03	1,61E+03	1,52E+03	1,75E+03
1,601E+03	1,684E+03	1,51E+03	1,63E+03	1,74E+03	1,63E+03	1,89E+03

C_p (J/Kg ⁰ C)	C_p (J/Kg ⁰ C) - máximo	K+/(cpo α+)	K+/(cpo α-)	K+/(cpo αo)	K+/(cp+ α+)	K+/(cp+ - αo)
9,739E+02	1,057E+03	2,275E+02	2,275E+02	2,375E+02	2,095E+02	2,188E+02
1,246E+03	1,329E+03	2,779E+02	2,779E+02	2,922E+02	2,605E+02	2,739E+02
1,371E+03	1,454E+03	3,261E+02	3,261E+02	3,445E+02	3,074E+02	3,247E+02

K+/(p+ Cpo)	K+/(p- Cp+)	K+/(p+ Cp-)	K+/(p- Cp-)	Ko/(p+ Cp+)	Ko/(p- Cp-)	Ko/(p- Cpo)
1,013E-07	1,023E-07	1,031E-07	1,050E-07	9,852E-08	1,017E-07	1,008E-07
9,955E-08	1,005E-07	1,012E-07	1,031E-07	9,684E-08	9,991E-08	9,899E-08
1,034E-07	1,044E-07	1,051E-07	1,070E-07	1,008E-07	1,039E-07	1,030E-07
1,087E-07	1,097E-07	1,103E-07	1,123E-07	1,062E-07	1,094E-07	1,084E-07
1,123E-07	1,132E-07	1,139E-07	1,158E-07	1,099E-07	1,130E-07	1,121E-07
1,180E-07	1,190E-07	1,197E-07	1,216E-07	1,158E-07	1,189E-07	1,180E-07

(p-)(cp-)(α+)	(p-)(cp-)(α-)	(p-)(cp+)(α-)	(p-)(cp-)(α-)	(p+)(cp-)(α0)	(p+)(cp+)(α0)	(p+)(cp-)(α0)
2,36E-01	2,24E-01	2,26E-01	2,21E-01	2,34E-01	2,36E-01	2,31E-01
2,49E-01	2,36E-01	2,39E-01	2,34E-01	2,47E-01	2,49E-01	2,45E-01
2,78E-01	2,65E-01	2,67E-01	2,63E-01	2,76E-01	2,79E-01	2,74E-01
3,14E-01	3,00E-01	3,02E-01	2,97E-01	3,12E-01	3,15E-01	3,09E-01
3,56E-01	3,40E-01	3,43E-01	3,37E-01	3,53E-01	3,56E-01	3,50E-01
3,98E-01	3,81E-01	3,84E-01	3,78E-01	3,95E-01	3,98E-01	3,92E-01

K+/(p+ α0)	K+/(p- α+)	K+/(p+ Cp-)	K+/(p- α-)	Ko/(p+ α+)	Ko/(p- α-)	Ko/(p- α0)
3,17E+03	3,15E+03	3,27E+03	3,35E+03	3,01E+03	3,25E+03	3,15E+03
3,11E+03	3,10E+03	3,21E+03	3,30E+03	2,97E+03	3,19E+03	3,10E+03
3,15E+03	3,14E+03	3,24E+03	3,33E+03	3,01E+03	3,23E+03	3,14E+03
3,33E+03	3,32E+03	3,43E+03	3,51E+03	3,19E+03	3,42E+03	3,32E+03
3,47E+03	3,46E+03	3,57E+03	3,65E+03	3,34E+03	3,56E+03	3,47E+03
3,61E+03	3,60E+03	3,71E+03	3,79E+03	3,48E+03	3,71E+03	3,61E+03

K+/(cp+ α-)	K+/(cp- α+)	K+/(cp- α0)	K+/(cp- α-)	Ko/(cp- α+)	Ko/(cp- α-)	Ko/(cp- α0)
7,634E+02	7,31E+02	7,54E+02	7,54E+02	7,11E+02	7,56E+02	7,33E+02
7,612E+02	7,30E+02	7,52E+02	7,52E+02	7,10E+02	7,54E+02	7,31E+02
7,749E+02	7,45E+02	7,66E+02	7,66E+02	7,26E+02	7,69E+02	7,47E+02
8,331E+02	8,01E+02	8,24E+02	8,24E+02	7,83E+02	8,28E+02	8,05E+02
8,566E+02	8,25E+02	8,47E+02	8,47E+02	8,08E+02	8,53E+02	8,30E+02
8,908E+02	8,60E+02	8,82E+02	8,82E+02	8,43E+02	8,88E+02	8,65E+02

K+/(p+ Cpo)	K+/(p- Cp+)	K+/(p+ Cp-)	K+/(p- Cp-)	Ko/(p+ Cp+)	Ko/(p- Cp-)	Ko/(p- Cpo)
2,255E-07	2,466E-07	2,900E-07	3,443E-07	1,848E-07	2,557E-07	2,338E-07
1,797E-07	1,926E-07	2,144E-07	2,452E-07	1,546E-07	1,981E-07	1,848E-07
1,678E-07	1,787E-07	1,943E-07	2,195E-07	1,473E-07	1,834E-07	1,723E-07
1,530E-07	1,621E-07	1,698E-07	1,900E-07	1,369E-07	1,653E-07	1,561E-07
1,411E-07	1,488E-07	1,562E-07	1,734E-07	1,269E-07	1,516E-07	1,437E-07

(p-)(cp-)(α+)	(p-)(cp-)(α-)	(p-)(cp+)(α-)	(p-)(cp-)(α-)	(p+)(cp-)(α0)	(p+)(cp+)(α0)	(p+)(cp-)(α0)
4,20E-02	4,59E-02	4,98E-02	4,20E-02	5,12E-02	5,56E-02	4,69E-02
6,51E-02	6,97E-02	7,44E-02	6,51E-02	7,43E-02	7,93E-02	6,93E-02
7,76E-02	8,27E-02	8,77E-02	7,76E-02	8,63E-02	9,15E-02	8,10E-02
9,61E-02	1,02E-01	1,08E-01	9,61E-02	1,03E-01	1,09E-01	9,74E-02
9,94E-02	1,05E-01	1,10E-01	9,94E-02	1,05E-01	1,11E-01	9,99E-02

K+/(p+ α0)	K+/(p- α+)	K+/(p+ Cp-)	K+/(p- α-)	Ko/(p+ α+)	Ko/(p- α-)	Ko/(p- α0)
9,83E+02	1,31E+03	9,41E+02	1,31E+03	8,37E+02	9,76E+02	1,02E+03
1,17E+03	1,42E+03	1,11E+03	1,42E+03	1,02E+03	1,14E+03	1,20E+03
1,31E+03	1,53E+03	1,24E+03	1,53E+03	1,16E+03	1,28E+03	1,35E+03
1,50E+03	1,65E+03	1,40E+03	1,65E+03	1,33E+03	1,43E+03	1,52E+03
1,62E+03	1,76E+03	1,51E+03	1,76E+03	1,43E+03	1,54E+03	1,65E+03

K+/(cp+ α-)	K+/(cp- α+)	K+/(cp- α0)	K+/(cp- α-)	Ko/(cp- α+)	Ko/(cp- α-)	Ko/(cp- α0)
2,095E+02	2,49E+02	2,60E+02	2,60E+02	2,02E+02	2,02E+02	2,11E+02
2,605E+02	2,98E+02	3,13E+02	3,13E+02	2,55E+02	2,55E+02	2,68E+02
3,074E+02	3,47E+02	3,67E+02	3,67E+02	3,04E+02	3,04E+02	3,21E+02

Difusividade térmica aparente: α (m²/s)

Ko/(ρ_0 Cp+)	Ko/(ρ - Cpo)	Ko/($\rho+$ Cpo)	Ko/(ρ - Cp+)	Ko/($\rho+$ Cp-)	Ko/(ρ - Cp-)	K-/($\rho+$ Cp+)
9,982E-08	1,021E-07	9,944E-08	1,004E-07	1,012E-07	1,031E-07	9,664E-08
9,809E-08	1,003E-07	9,774E-08	9,864E-08	9,937E-08	1,012E-07	9,505E-08
1,021E-07	1,043E-07	1,017E-07	1,026E-07	1,034E-07	1,052E-07	9,912E-08
1,075E-07	1,097E-07	1,072E-07	1,081E-07	1,088E-07	1,107E-07	1,047E-07
1,112E-07	1,134E-07	1,108E-07	1,117E-07	1,124E-07	1,143E-07	1,085E-07
1,170E-07	1,193E-07	1,167E-07	1,176E-07	1,183E-07	1,202E-07	1,144E-07

Condutividade térmica aparente: K (W/ m °C)

($\rho+$)(cpo)($\alpha+$)	($\rho+$)(cp+)($\alpha+$)	($\rho+$)(cp-)($\alpha+$)	($\rho+$)(cpo)($\alpha-$)	($\rho+$)(cp+)($\alpha-$)	($\rho+$)(cp-)($\alpha-$)	($\rho-$)(cpo)(α_0)
2,41E-01	2,43E-01	2,39E-01	2,26E-01	2,29E-01	2,24E-01	2,28E-01
2,54E-01	2,57E-01	2,52E-01	2,39E-01	2,42E-01	2,37E-01	2,41E-01
2,84E-01	2,87E-01	2,82E-01	2,68E-01	2,71E-01	2,66E-01	2,69E-01
3,21E-01	3,24E-01	3,18E-01	3,03E-01	3,06E-01	3,01E-01	3,05E-01
3,63E-01	3,66E-01	3,60E-01	3,44E-01	3,47E-01	3,41E-01	3,45E-01
4,05E-01	4,08E-01	4,02E-01	3,85E-01	3,88E-01	3,82E-01	3,86E-01

Calor específico aparente: C_p(J/Kg °C)

Ko/(ρ_0 $\alpha+$)	Ko/(ρ - α_0)	Ko/($\rho+$ α_0)	Ko/(ρ - Cp+)	Ko/($\rho+$ $\alpha-$)	Ko/(ρ - $\alpha-$)	K-/($\rho+$ $\alpha+$)
3,05E+03	3,19E+03	3,11E+03	3,09E+03	3,20E+03	3,29E+03	2,96E+03
3,01E+03	3,14E+03	3,06E+03	3,04E+03	3,15E+03	3,24E+03	2,91E+03
3,05E+03	3,18E+03	3,10E+03	3,09E+03	3,19E+03	3,27E+03	2,96E+03
3,23E+03	3,36E+03	3,28E+03	3,27E+03	3,38E+03	3,46E+03	3,15E+03
3,38E+03	3,51E+03	3,43E+03	3,42E+03	3,52E+03	3,61E+03	3,30E+03
3,52E+03	3,65E+03	3,57E+03	3,56E+03	3,67E+03	3,75E+03	3,44E+03

Massa específica aparente: (Kg/m³)

Ko/(cp+ $\alpha+$)	Ko/(cp+ - α_0)	Ko/(cp+ $\alpha-$)	Ko/(cp- $\alpha+$)	Ko/(cp- α_0)	Ko/(cp- $\alpha-$)	K-/(cpo $\alpha+$)
7,04E+02	7,26E+02	7,49E+02	7,18E+02	7,40E+02	7,63E+02	6,97E+02
7,03E+02	7,25E+02	7,47E+02	7,16E+02	7,38E+02	7,61E+02	6,96E+02
7,19E+02	7,40E+02	7,62E+02	7,32E+02	7,53E+02	7,76E+02	7,14E+02
7,76E+02	7,98E+02	8,21E+02	7,90E+02	8,12E+02	8,35E+02	7,72E+02
8,01E+02	8,23E+02	8,46E+02	8,15E+02	8,37E+02	8,60E+02	7,97E+02
8,36E+02	8,58E+02	8,81E+02	8,50E+02	8,72E+02	8,95E+02	8,33E+02

Difusividade térmica aparente: α (m²/s)

Ko/(ρ_0 Cp+)	Ko/(ρ - Cpo)	Ko/($\rho+$ Cpo)	Ko/(ρ - Cp+)	Ko/($\rho+$ Cp-)	Ko/(ρ - Cp-)	K-/($\rho+$ Cp+)
2,154E-07	2,801E-07	2,006E-07	2,194E-07	2,580E-07	3,064E-07	1,619E-07
1,732E-07	2,101E-07	1,650E-07	1,768E-07	1,969E-07	2,251E-07	1,409E-07
1,624E-07	1,919E-07	1,563E-07	1,664E-07	1,809E-07	2,044E-07	1,364E-07
1,478E-07	1,695E-07	1,446E-07	1,532E-07	1,605E-07	1,795E-07	1,290E-07
1,366E-07	1,555E-07	1,335E-07	1,409E-07	1,478E-07	1,641E-07	1,198E-07

Condutividade térmica aparente: K (W/ m °C)

($\rho+$)(cpo)($\alpha+$)	($\rho+$)(cp+)($\alpha+$)	($\rho+$)(cp-)($\alpha+$)	($\rho+$)(cpo)($\alpha-$)	($\rho+$)(cp+)($\alpha-$)	($\rho+$)(cp-)($\alpha-$)	($\rho-$)(cpo)(α_0)
5,35E-02	5,81E-02	4,89E-02	5,35E-02	5,81E-02	4,89E-02	3,67E-02
7,81E-02	8,33E-02	7,29E-02	7,81E-02	8,33E-02	7,29E-02	5,83E-02
9,11E-02	9,67E-02	8,56E-02	9,11E-02	9,67E-02	8,56E-02	7,02E-02
1,10E-01	1,16E-01	1,04E-01	1,10E-01	1,16E-01	1,04E-01	8,81E-02
1,13E-01	1,19E-01	1,07E-01	1,13E-01	1,19E-01	1,07E-01	9,05E-02

Calor específico aparente: C_p(J/Kg °C)

Ko/(ρ_0 $\alpha+$)	Ko/(ρ - α_0)	Ko/($\rho+$ α_0)	Ko/(ρ - Cp+)	Ko/($\rho+$ $\alpha-$)	Ko/(ρ - $\alpha-$)	K-/($\rho+$ $\alpha+$)
9,76E+02	1,22E+03	8,74E+02	1,17E+03	8,37E+02	1,17E+03	7,34E+02
1,14E+03	1,37E+03	1,07E+03	1,30E+03	1,02E+03	1,30E+03	9,30E+02
1,28E+03	1,50E+03	1,22E+03	1,42E+03	1,16E+03	1,42E+03	1,07E+03
1,43E+03	1,66E+03	1,41E+03	1,56E+03	1,33E+03	1,56E+03	1,25E+03
1,54E+03	1,79E+03	1,53E+03	1,67E+03	1,43E+03	1,67E+03	1,35E+03

Massa específica aparente: (Kg/m³)

Ko/(cp+ $\alpha+$)	Ko/(cp+ - α_0)	Ko/(cp+ $\alpha-$)	Ko/(cp- $\alpha+$)	Ko/(cp- α_0)	Ko/(cp- $\alpha-$)	K-/(cpo $\alpha+$)
1,86E+02	1,95E+02	1,86E+02	2,21E+02	2,31E+02	2,21E+02	1,77E+02
2,39E+02	2,51E+02	2,39E+02	2,73E+02	2,88E+02	2,73E+02	2,32E+02
2,86E+02	3,02E+02	2,86E+02	3,23E+02	3,42E+02	3,23E+02	2,81E+02

K-/(\rho Cp-)	K-/(\rho Cpo)	K-/(\rho Cp+)	K-/(\rho- Cpo)	K-/(\rho+ Cpo)	K-/(\rho- Cp+)	K-/(\rho+ Cp-)	K-/(\rho- Cp-)
9,977E-08	9,883E-08	9,792E-08	1,002E-07	9,754E-08	9,846E-08	9,923E-08	1,011E-07
9,806E-08	9,716E-08	9,627E-08	9,842E-08	9,592E-08	9,681E-08	9,752E-08	9,933E-08
1,022E-07	1,013E-07	1,004E-07	1,025E-07	1,000E-07	1,009E-07	1,016E-07	1,035E-07
1,078E-07	1,068E-07	1,059E-07	1,081E-07	1,056E-07	1,065E-07	1,072E-07	1,090E-07
1,116E-07	1,106E-07	1,097E-07	1,119E-07	1,094E-07	1,103E-07	1,110E-07	1,128E-07
1,175E-07	1,166E-07	1,157E-07	1,179E-07	1,153E-07	1,163E-07	1,170E-07	1,188E-07

(\rho-)(cp+)(\alpha)	(\rho-)(cp-)(\alpha)	(\rho-)(cpo)(\alpha+)	(\rho-)(cp+)(\alpha+)	(\rho-)(cp-)(\alpha+)	(\rho-)(cpo)(\alpha-)	(\rho-)(cp+)(\alpha-)	(\rho-)(cp-)(\alpha-)
2,30E-01	2,25E-01	2,35E-01	2,37E-01	2,32E-01	2,21E-01	2,23E-01	2,18E-01
2,43E-01	2,38E-01	2,48E-01	2,50E-01	2,46E-01	2,33E-01	2,36E-01	2,31E-01
2,72E-01	2,67E-01	2,77E-01	2,80E-01	2,75E-01	2,62E-01	2,64E-01	2,59E-01
3,07E-01	3,02E-01	3,13E-01	3,16E-01	3,11E-01	2,96E-01	2,99E-01	2,94E-01
3,48E-01	3,42E-01	3,55E-01	3,57E-01	3,52E-01	3,36E-01	3,39E-01	3,33E-01
3,90E-01	3,83E-01	3,96E-01	4,00E-01	3,93E-01	3,76E-01	3,79E-01	3,74E-01

K-/(\rho \alpha-)	K-/(\rho \alpha)	K-/(\rho \alpha+)	K-/(\rho- \alpha)	K-/(\rho+ \alpha)	K-/(\rho- \alpha+)	K-/(\rho+ \alpha-)	K-/(\rho- \alpha-)
3,19E+03	3,09E+03	2,99E+03	3,13E+03	3,05E+03	3,03E+03	3,14E+03	3,23E+03
3,14E+03	3,04E+03	2,95E+03	3,08E+03	3,00E+03	2,99E+03	3,10E+03	3,18E+03
3,18E+03	3,08E+03	3,00E+03	3,12E+03	3,05E+03	3,04E+03	3,14E+03	3,22E+03
3,37E+03	3,27E+03	3,18E+03	3,31E+03	3,23E+03	3,22E+03	3,33E+03	3,41E+03
3,52E+03	3,42E+03	3,33E+03	3,46E+03	3,38E+03	3,37E+03	3,48E+03	3,56E+03
3,66E+03	3,57E+03	3,48E+03	3,61E+03	3,53E+03	3,52E+03	3,62E+03	3,70E+03

K-/(\rho \alpha-)	K-/(\rho \alpha)	K-/(\rho \alpha+)	K-/(\rho+ \alpha)	K-/(\rho- \alpha)	K-/(\rho+ \alpha-)	K-/(\rho- \alpha+)	K-/(\rho- \alpha-)
7,42E+02	7,19E+02	6,91E+02	7,12E+02	7,35E+02	7,04E+02	7,26E+02	7,49E+02
7,40E+02	7,18E+02	6,90E+02	7,11E+02	7,33E+02	7,03E+02	7,24E+02	7,47E+02
7,56E+02	7,34E+02	7,07E+02	7,28E+02	7,49E+02	7,20E+02	7,41E+02	7,63E+02
8,16E+02	7,93E+02	7,65E+02	7,86E+02	8,09E+02	7,78E+02	8,00E+02	8,23E+02
8,42E+02	8,19E+02	7,91E+02	8,12E+02	8,35E+02	8,04E+02	8,26E+02	8,49E+02
8,77E+02	8,55E+02	8,27E+02	8,48E+02	8,71E+02	8,40E+02	8,62E+02	8,85E+02

K-/(\rho Cp-)	K-/(\rho Cpo)	K-/(\rho Cp+)	K-/(\rho- Cpo)	K-/(\rho+ Cpo)	K-/(\rho- Cp+)	K-/(\rho+ Cp-)	K-/(\rho- Cp-)
2,240E-07	2,048E-07	1,887E-07	2,454E-07	1,758E-07	1,922E-07	2,261E-07	2,684E-07
1,804E-07	1,684E-07	1,578E-07	1,913E-07	1,503E-07	1,611E-07	1,793E-07	2,051E-07
1,699E-07	1,595E-07	1,504E-07	1,777E-07	1,447E-07	1,541E-07	1,675E-07	1,892E-07
1,557E-07	1,470E-07	1,392E-07	1,596E-07	1,362E-07	1,443E-07	1,511E-07	1,691E-07
1,431E-07	1,356E-07	1,289E-07	1,468E-07	1,260E-07	1,329E-07	1,395E-07	1,548E-07

(\rho-)(cp+)(\alpha)	(\rho-)(cp-)(\alpha)	(\rho-)(cpo)(\alpha+)	(\rho-)(cp+)(\alpha+)	(\rho-)(cp-)(\alpha+)	(\rho-)(cpo)(\alpha-)	(\rho-)(cp+)(\alpha-)	(\rho-)(cp-)(\alpha-)
3,98E-02	3,36E-02	3,83E-02	4,16E-02	3,50E-02	3,83E-02	4,16E-02	3,50E-02
6,23E-02	5,44E-02	6,13E-02	6,55E-02	5,72E-02	6,13E-02	6,55E-02	5,72E-02
7,45E-02	6,60E-02	7,42E-02	7,87E-02	6,97E-02	7,42E-02	7,87E-02	6,97E-02
9,30E-02	8,31E-02	9,38E-02	9,90E-02	8,85E-02	9,38E-02	9,90E-02	8,85E-02
9,52E-02	8,58E-02	9,69E-02	1,02E-01	9,19E-02	9,69E-02	1,02E-01	9,19E-02

K-/(\rho \alpha-)	K-/(\rho \alpha)	K-/(\rho \alpha+)	K-/(\rho- \alpha)	K-/(\rho+ \alpha)	K-/(\rho- \alpha+)	K-/(\rho+ \alpha-)	K-/(\rho- \alpha-)
8,55E+02	8,93E+02	8,55E+02	1,07E+03	7,66E+02	1,02E+03	7,34E+02	1,02E+03
1,04E+03	1,10E+03	1,04E+03	1,24E+03	9,78E+02	1,18E+03	9,30E+02	1,18E+03
1,18E+03	1,25E+03	1,18E+03	1,39E+03	1,13E+03	1,32E+03	1,07E+03	1,32E+03
1,35E+03	1,44E+03	1,35E+03	1,56E+03	1,33E+03	1,46E+03	1,25E+03	1,46E+03
1,45E+03	1,56E+03	1,45E+03	1,69E+03	1,45E+03	1,57E+03	1,35E+03	1,57E+03

K-/(\rho \alpha-)	K-/(\rho \alpha)	K-/(\rho \alpha+)	K-/(\rho+ \alpha)	K-/(\rho- \alpha)	K-/(\rho+ \alpha-)	K-/(\rho- \alpha+)	K-/(\rho- \alpha-)
1,77E+02	1,85E+02	1,63E+02	1,71E+02	1,63E+02	1,94E+02	2,02E+02	1,94E+02
2,32E+02	2,44E+02	2,18E+02	2,29E+02	2,18E+02	2,49E+02	2,62E+02	2,49E+02
2,81E+02	2,97E+02	2,65E+02	2,80E+02	2,65E+02	2,99E+02	3,16E+02	2,99E+02

CAJÁ

T = -50 °C

Difusividade

Teor de água (b.u.)	ρ_{AP} (Kg/m ³) mínimo	ρ_{AP} (Kg/m ³)	ρ_{AP} (Kg/m ³) - máximo	α (m ² /s) - mínimo	α (m ² /s)	α (m ² /s) - máximo
6,5	182,29	188,95	195,61	8,24E-08	8,74E-08	8,79E-08
10,5	194,55	201,21	207,87	8,17E-08	8,67E-08	8,72E-08
20,3	208,39	215,05	221,71	8,02E-08	8,52E-08	8,57E-08
39,5	298,65	305,31	311,97	7,41E-08	7,91E-08	7,96E-08
61,84	350,97	357,63	364,29	7,19E-08	7,69E-08	7,74E-08

Condutividade

Teor de água (b.u.)	ρ_{AP} (Kg/m ³) mínimo	ρ_{AP} (Kg/m ³)	ρ_{AP} (Kg/m ³) - máximo	α (m ² /s) - mínimo	α (m ² /s)	α (m ² /s) - máximo
6,5	182,29	188,95	195,61	8,24E-08	8,74E-08	8,79E-08
10,5	194,55	201,21	207,87	8,17E-08	8,67E-08	8,72E-08
20,3	208,39	215,05	221,71	8,02E-08	8,52E-08	8,57E-08
39,5	298,65	305,31	311,97	7,41E-08	7,91E-08	7,96E-08
61,84	350,97	357,63	364,29	7,19E-08	7,69E-08	7,74E-08

Calor específico

Teor de água (b.u.)	ρ_{AP} (Kg/m ³) mínimo	ρ_{AP} (Kg/m ³)	ρ_{AP} (Kg/m ³) - máximo	α (m ² /s) - mínimo	α (m ² /s)	α (m ² /s) - máximo
6,5	182,29	188,95	195,61	8,24E-08	8,74E-08	8,79E-08
10,5	194,55	201,21	207,87	8,17E-08	8,67E-08	8,72E-08
20,3	208,39	215,05	221,71	8,02E-08	8,52E-08	8,57E-08
39,5	298,65	305,31	311,97	7,41E-08	7,91E-08	7,96E-08
61,84	350,97	357,63	364,29	7,19E-08	7,69E-08	7,74E-08

Massa específica

Teor de água (b.u.)	ρ_{AP} (Kg/m ³) mínimo	ρ_{AP} (Kg/m ³)	ρ_{AP} (Kg/m ³) - máximo	α (m ² /s) - mínimo	α (m ² /s)	α (m ² /s) - máximo
6,5	182,29	188,95	195,61	8,24E-08	8,74E-08	8,79E-08
10,5	194,55	201,21	207,87	8,17E-08	8,67E-08	8,72E-08
20,3	208,39	215,05	221,71	8,02E-08	8,52E-08	8,57E-08
39,5	298,65	305,31	311,97	7,41E-08	7,91E-08	7,96E-08
61,84	350,97	357,63	364,29	7,19E-08	7,69E-08	7,74E-08

GRAVIOLA

T = -50 °C

Difusividade

Teor de água (b.u.)	ρ_{AP} (Kg/m ³) mínimo	ρ_{AP} (Kg/m ³)	ρ_{AP} (Kg/m ³) - máximo	α (m ² /s) - mínimo	α (m ² /s)	α (m ² /s) - máximo
7,32	420,665	428,035	435,405	5,84E-08	5,94E-08	6,04E-08
11,46	421,404	428,774	436,144	5,12E-08	5,22E-08	5,31E-08
14,62	421,956	429,326	436,696	4,59E-08	4,69E-08	4,78E-08
17,6	422,709	430,079	437,449	4,14E-08	4,24E-08	4,33E-08
19,52	423,951	431,321	438,691	3,95E-08	4,05E-08	4,15E-08

Condutividade

Teor de água (b.u.)	ρ_{AP} (Kg/m ³) mínimo	ρ_{AP} (Kg/m ³)	ρ_{AP} (Kg/m ³) - máximo	α (m ² /s) - mínimo	α (m ² /s)	α (m ² /s) - máximo
7,32	420,665	428,035	435,405	5,84E-08	5,94E-08	6,04E-08
11,46	421,404	428,774	436,144	5,12E-08	5,22E-08	5,31E-08
14,62	421,956	429,326	436,696	4,59E-08	4,69E-08	4,78E-08
17,6	422,709	430,079	437,449	4,14E-08	4,24E-08	4,33E-08
19,52	423,951	431,321	438,691	3,95E-08	4,05E-08	4,15E-08

Calor específico

Teor de água (b.u.)	ρ_{AP} (Kg/m ³) mínimo	ρ_{AP} (Kg/m ³)	ρ_{AP} (Kg/m ³) - máximo	α (m ² /s) - mínimo	α (m ² /s)	α (m ² /s) - máximo
7,32	420,665	428,035	435,405	5,84E-08	5,94E-08	6,04E-08
11,46	421,404	428,774	436,144	5,12E-08	5,22E-08	5,31E-08
14,62	421,956	429,326	436,696	4,59E-08	4,69E-08	4,78E-08
17,6	422,709	430,079	437,449	4,14E-08	4,24E-08	4,33E-08
19,52	423,951	431,321	438,691	3,95E-08	4,05E-08	4,15E-08

Massa específica

Teor de água (b.u.)	ρ_{AP} (Kg/m ³) mínimo	ρ_{AP} (Kg/m ³)	ρ_{AP} (Kg/m ³) - máximo	α (m ² /s) - mínimo	α (m ² /s)	α (m ² /s) - máximo
7,32	420,665	428,035	435,405	5,84E-08	5,94E-08	6,04E-08
11,46	421,404	428,774	436,144	5,12E-08	5,22E-08	5,31E-08
14,62	421,956	429,326	436,696	4,59E-08	4,69E-08	4,78E-08
17,6	422,709	430,079	437,449	4,14E-08	4,24E-08	4,33E-08
19,52	423,951	431,321	438,691	3,95E-08	4,05E-08	4,15E-08

K (W/m ⁰ C) - mínimo	K (W/m ⁰ C)	K (W/m ⁰ C) - máximo	C _p (cal/g ⁰ C)	C _p (J/Kg ⁰ C) - mínimo	C _p (J/Kg ⁰ C)
2,01E-02	0,02172	2,34E-02	0,308	1,151E+03	1,287E+03
2,13E-02	0,02294	2,46E-02	0,301	1,121E+03	1,258E+03
2,10E-02	0,02264	2,43E-02	0,284	1,050E+03	1,187E+03
2,13E-02	0,02298	2,47E-02	0,217	7,701E+02	9,071E+02
2,24E-02	0,02411	2,58E-02	0,202	7,074E+02	8,444E+02

K (W/m ⁰ C) - mínimo	K (W/m ⁰ C)	K (W/m ⁰ C) - máximo	C _p (cal/g ⁰ C)	C _p (J/Kg ⁰ C) - mínimo	C _p (J/Kg ⁰ C)
2,01E-02	0,02172	2,34E-02	0,308	1,151E+03	1,287E+03
2,13E-02	0,02294	2,46E-02	0,301	1,121E+03	1,258E+03
2,10E-02	0,02264	2,43E-02	0,284	1,050E+03	1,187E+03
2,13E-02	0,02298	2,47E-02	0,217	7,701E+02	9,071E+02
2,24E-02	0,02411	2,58E-02	0,202	7,074E+02	8,444E+02

K (W/m ⁰ C) - mínimo	K (W/m ⁰ C)	K (W/m ⁰ C) - máximo	C _p (cal/g ⁰ C)	C _p (J/Kg ⁰ C) - mínimo	C _p (J/Kg ⁰ C)
2,01E-02	0,02172	2,34E-02	0,308	1,274E+03	1,287E+03
2,13E-02	0,02294	2,46E-02	0,301	1,244E+03	1,258E+03
2,10E-02	0,02264	2,43E-02	0,284	1,173E+03	1,187E+03
2,13E-02	0,02298	2,47E-02	0,217	8,934E+02	9,071E+02
2,24E-02	0,02411	2,58E-02	0,202	8,307E+02	8,444E+02

K (W/m ⁰ C) - mínimo	K (W/m ⁰ C)	K (W/m ⁰ C) - máximo	C _p (cal/g ⁰ C)	C _p (J/Kg ⁰ C) - mínimo	C _p (J/Kg ⁰ C)
2,01E-02	0,02172	2,34E-02	0,308	1,151E+03	1,287E+03
2,13E-02	0,02294	2,46E-02	0,301	1,121E+03	1,258E+03
2,10E-02	0,02264	2,43E-02	0,284	1,050E+03	1,187E+03
2,13E-02	0,02298	2,47E-02	0,217	7,701E+02	9,071E+02
2,24E-02	0,02411	2,58E-02	0,202	7,074E+02	8,444E+02

K (W/m ⁰ C) - mínimo	K (W/m ⁰ C)	K (W/m ⁰ C) - máximo	C _p (cal/g ⁰ C)	C _p (J/Kg ⁰ C) - mínimo	C _p (J/Kg ⁰ C)
1,58E-02	0,01591	1,60E-02	0,148	6,169E+02	6,186E+02
1,67E-02	0,0168	1,69E-02	0,179	7,465E+02	7,482E+02
1,93E-02	0,0194	1,95E-02	0,22	9,178E+02	9,196E+02
1,87E-02	0,0188	1,89E-02	0,24	1,001E+03	1,003E+03
1,90E-02	0,0191	1,92E-02	0,26	1,085E+03	1,087E+03

K (W/m ⁰ C) - mínimo	K (W/m ⁰ C)	K (W/m ⁰ C) - máximo	C _p (cal/g ⁰ C)	C _p (J/Kg ⁰ C) - mínimo	C _p (J/Kg ⁰ C)
1,58E-02	0,01591	1,60E-02	0,148	6,169E+02	6,186E+02
1,67E-02	0,0168	1,69E-02	0,179	7,465E+02	7,482E+02
1,83E-02	0,0184	1,85E-02	0,22	9,178E+02	9,196E+02
1,87E-02	0,0188	1,89E-02	0,24	1,001E+03	1,003E+03
1,90E-02	0,0191	1,92E-02	0,26	1,085E+03	1,087E+03

K (W/m ⁰ C) - mínimo	K (W/m ⁰ C)	K (W/m ⁰ C) - máximo	C _p (cal/g ⁰ C)	C _p (J/Kg ⁰ C) - mínimo	C _p (J/Kg ⁰ C)
1,58E-02	0,01591	1,60E-02	0,148	6,169E+02	6,186E+02
1,67E-02	0,0168	1,69E-02	0,179	7,465E+02	7,482E+02
1,83E-02	0,0184	1,85E-02	0,22	9,178E+02	9,196E+02
1,87E-02	0,0188	1,89E-02	0,24	1,001E+03	1,003E+03
1,90E-02	0,0191	1,92E-02	0,26	1,085E+03	1,087E+03

K (W/m ⁰ C) - mínimo	K (W/m ⁰ C)	K (W/m ⁰ C) - máximo	C _p (cal/g ⁰ C)	C _p (J/Kg ⁰ C) - mínimo	C _p (J/Kg ⁰ C)
1,58E-02	0,01591	1,60E-02	0,148	6,169E+02	6,186E+02
1,67E-02	0,0168	1,69E-02	0,179	7,465E+02	7,482E+02
1,83E-02	0,0184	1,85E-02	0,22	9,178E+02	9,196E+02
1,87E-02	0,0188	1,89E-02	0,24	1,001E+03	1,003E+03
1,90E-02	0,0191	1,92E-02	0,26	1,085E+03	1,087E+03

C_p (J/Kg°C) - máximo	K+/(p+ Cp+)	K+/(p0 Cp-)	K+/(p0 Cp0)	K+/(p0 Cp+)	K+/(p- Cp0)	K+/(p+ Cp0)	K+/(p- Cp+)
1,424E+03	8,395E-08	1,076E-07	9,615E-08	8,691E-08	9,966E-08	9,288E-08	1,039E-07
1,395E+03	8,486E-08	1,091E-07	9,721E-08	8,767E-08	1,005E-07	9,410E-08	1,056E-07
1,324E+03	8,281E-08	1,076E-07	9,522E-08	8,538E-08	9,827E-08	9,236E-08	1,044E-07
1,044E+03	7,568E-08	1,048E-07	8,901E-08	7,734E-08	9,100E-08	8,711E-08	1,026E-07
9,813E+02	7,212E-08	1,019E-07	8,537E-08	7,346E-08	8,699E-08	8,381E-08	1,000E-07

C_p (J/Kg°C) - máximo	(p0)(cp0)(a0)	(p0)(cp+)(a0)	(p0)(cp-)(a0)	(p0)(cp0)(a+)	(p0)(cp+)(a+)	(p0)(cp-)(a+)	(p0)(cp0)(a-)
1,424E+03	2,13E-02	2,35E-02	1,90E-02	2,14E-02	2,37E-02	1,91E-02	2,00E-02
1,395E+03	2,19E-02	2,43E-02	1,96E-02	2,21E-02	2,45E-02	1,97E-02	2,07E-02
1,324E+03	2,18E-02	2,43E-02	1,92E-02	2,19E-02	2,44E-02	1,94E-02	2,05E-02
1,044E+03	2,19E-02	2,52E-02	1,86E-02	2,20E-02	2,54E-02	1,87E-02	2,05E-02
9,813E+02	2,32E-02	2,70E-02	1,95E-02	2,34E-02	2,72E-02	1,96E-02	2,17E-02

C_p (J/Kg°C) - máximo	K+/(p+ a+)	K+/(p0 a-)	K+/(p0 a0)	K+/(p0 a+)	K+/(p- a0)	K+/(p+ a0)	K+/(p- a+)
1,301E+03	1,36E+03	1,50E+03	1,42E+03	1,41E+03	1,47E+03	1,37E+03	1,46E+03
1,272E+03	1,36E+03	1,50E+03	1,41E+03	1,40E+03	1,46E+03	1,37E+03	1,45E+03
1,201E+03	1,28E+03	1,41E+03	1,33E+03	1,32E+03	1,37E+03	1,29E+03	1,36E+03
9,208E+02	9,93E+02	1,09E+03	1,02E+03	1,01E+03	1,04E+03	9,99E+02	1,04E+03
8,581E+02	9,14E+02	1,00E+03	9,37E+02	9,31E+02	9,55E+02	9,20E+02	9,49E+02

C_p (J/Kg°C) - máximo	K+/(cp0 a+)	K+/(cp0 a-)	K+/(cp0 a0)	K+/(cp+ a+)	K+/(cp+ a-)	K+/(cp+ a0)	K+/(cp- a+)
1,424E+03	2,067E+02	2,205E+02	2,079E+02	1,868E+02	1,879E+02	1,993E+02	2,31E+02
1,395E+03	2,243E+02	2,395E+02	2,256E+02	2,023E+02	2,035E+02	2,160E+02	2,52E+02
1,324E+03	2,389E+02	2,554E+02	2,404E+02	2,142E+02	2,155E+02	2,290E+02	2,70E+02
1,044E+03	3,414E+02	3,668E+02	3,436E+02	2,966E+02	2,985E+02	3,187E+02	4,02E+02
9,813E+02	3,945E+02	4,248E+02	3,970E+02	3,394E+02	3,416E+02	3,655E+02	4,71E+02

C_p (J/Kg°C) - máximo	K+/(p+ Cp+)	K+/(p0 Cp-)	K+/(p0 Cp0)	K+/(p0 Cp+)	K+/(p- Cp0)	K+/(p+ Cp0)	K+/(p- Cp+)
6,204E+02	5,935E-08	6,071E-08	6,054E-08	6,037E-08	6,160E-08	5,952E-08	5,969E-08
7,500E+02	5,173E-08	5,287E-08	5,274E-08	5,262E-08	5,367E-08	5,185E-08	5,198E-08
9,214E+02	4,852E-08	4,954E-08	4,944E-08	4,935E-08	5,031E-08	4,861E-08	4,870E-08
1,005E+03	4,304E-08	4,393E-08	4,385E-08	4,378E-08	4,462E-08	4,312E-08	4,319E-08
1,089E+03	4,025E-08	4,107E-08	4,100E-08	4,094E-08	4,172E-08	4,032E-08	4,038E-08

C_p (J/Kg°C) - máximo	(p0)(cp0)(a0)	(p0)(cp+)(a0)	(p0)(cp-)(a0)	(p0)(cp0)(a+)	(p0)(cp+)(a+)	(p0)(cp-)(a+)	(p0)(cp0)(a-)
6,204E+02	1,57E-02	1,58E-02	1,57E-02	1,60E-02	1,60E-02	1,59E-02	1,55E-02
7,500E+02	1,67E-02	1,68E-02	1,67E-02	1,70E-02	1,71E-02	1,70E-02	1,64E-02
9,214E+02	1,85E-02	1,85E-02	1,85E-02	1,89E-02	1,89E-02	1,88E-02	1,81E-02
1,005E+03	1,83E-02	1,83E-02	1,82E-02	1,87E-02	1,87E-02	1,87E-02	1,79E-02
1,089E+03	1,90E-02	1,90E-02	1,90E-02	1,94E-02	1,95E-02	1,94E-02	1,85E-02

C_p (J/Kg°C) - máximo	K+/(p+ a+)	K+/(p0 a-)	K+/(p0 a0)	K+/(p0 a+)	K+/(p- a0)	K+/(p+ a0)	K+/(p- a+)
6,204E+02	6,10E+02	6,41E+02	6,30E+02	6,20E+02	6,41E+02	6,20E+02	6,31E+02
7,500E+02	7,30E+02	7,71E+02	7,57E+02	7,43E+02	7,70E+02	7,44E+02	7,56E+02
9,214E+02	8,87E+02	9,40E+02	9,21E+02	9,02E+02	9,37E+02	9,05E+02	9,18E+02
1,005E+03	9,98E+02	1,06E+03	1,04E+03	1,02E+03	1,06E+03	1,02E+03	1,03E+03
1,089E+03	1,06E+03	1,13E+03	1,10E+03	1,07E+03	1,12E+03	1,08E+03	1,09E+03

C_p (J/Kg°C) - máximo	K+/(cp0 a+)	K+/(cp0 a-)	K+/(cp0 a0)	K+/(cp+ a+)	K+/(cp+ a-)	K+/(cp+ a0)	K+/(cp- a+)
6,204E+02	4,292E+02	4,434E+02	4,362E+02	4,280E+02	4,349E+02	4,421E+02	4,30E+02
7,500E+02	4,258E+02	4,418E+02	4,337E+02	4,248E+02	4,326E+02	4,408E+02	4,27E+02
9,214E+02	4,211E+02	4,388E+02	4,298E+02	4,203E+02	4,290E+02	4,380E+02	4,22E+02
1,005E+03	4,352E+02	4,555E+02	4,451E+02	4,345E+02	4,444E+02	4,547E+02	4,36E+02
1 089E+03	4 264E+02	4 472E+02	4 366E+02	4 257E+02	4 359E+02	4 465E+02	4 27E+02

K+/(p+ Cp-)	K+/(p- Cp-)	Ko/(p+ Cp+)	Ko/(po Cp-)	Ko/(po Cpo)	Ko/(po Cp+)	Ko/(p- Cpo)
9,008E-08	1,115E-07	7,796E-08	9,991E-08	8,929E-08	8,070E-08	9,255E-08
9,067E-08	1,128E-07	7,910E-08	1,017E-07	9,062E-08	8,172E-08	9,372E-08
8,811E-08	1,111E-07	7,712E-08	1,002E-07	8,868E-08	7,951E-08	9,152E-08
7,906E-08	1,072E-07	7,056E-08	9,773E-08	8,298E-08	7,210E-08	8,483E-08
7,485E-08	1,038E-07	6,745E-08	9,530E-08	7,984E-08	6,870E-08	8,136E-08

Condutividade térmica aparente: K (W/ m

(po)(cp+)(α-)	(po)(cp-)(α-)	(p+)(cpo)(αo)	(p+)(cp+)(αo)	(p+)(cp-)(αo)	(p+)(cpo)(α+)	(p+)(cp+)(α+)
2,22E-02	1,79E-02	2,20E-02	2,44E-02	1,97E-02	2,21E-02	2,45E-02
2,29E-02	1,84E-02	2,27E-02	2,51E-02	2,02E-02	2,28E-02	2,53E-02
2,28E-02	1,81E-02	2,24E-02	2,50E-02	1,98E-02	2,26E-02	2,52E-02
2,36E-02	1,74E-02	2,24E-02	2,58E-02	1,90E-02	2,25E-02	2,59E-02
2,52E-02	1,82E-02	2,37E-02	2,75E-02	1,98E-02	2,38E-02	2,77E-02

Calor específico aparente: Cp(J/Kg °C)

K+/(p+ Cp-)	K+/(p- α-)	Ko/(p+ α+)	Ko/(po α-)	Ko/(po αo)	Ko/(po α+)	Ko/(p- αo)
1,45E+03	1,56E+03	1,26E+03	1,40E+03	1,32E+03	1,31E+03	1,36E+03
1,45E+03	1,55E+03	1,27E+03	1,40E+03	1,31E+03	1,31E+03	1,36E+03
1,37E+03	1,45E+03	1,19E+03	1,31E+03	1,24E+03	1,23E+03	1,28E+03
1,07E+03	1,11E+03	9,25E+02	1,02E+03	9,52E+02	9,46E+02	9,73E+02
9,85E+02	1,02E+03	8,55E+02	9,38E+02	8,77E+02	8,71E+02	8,93E+02

Massa específica aparente: (Kg/m³)

K+/(cp- α0)	K+/(cp- α-)	Ko/(cpo α+)	Ko/(cpo α-)	Ko/(cpo αo)	Ko/(cp+ α+)	Ko/(cp+ - αo)
2,33E+02	2,33E+02	1,92E+02	2,05E+02	1,93E+02	1,73E+02	1,74E+02
2,53E+02	2,53E+02	2,09E+02	2,23E+02	2,10E+02	1,89E+02	1,90E+02
2,72E+02	2,72E+02	2,23E+02	2,38E+02	2,24E+02	2,00E+02	2,01E+02
4,05E+02	4,05E+02	3,18E+02	3,42E+02	3,20E+02	2,77E+02	2,78E+02
4,74E+02	4,74E+02	3,69E+02	3,97E+02	3,71E+02	3,17E+02	3,20E+02

Difusividade térmica aparente: α (m²/s)

K+/(p+ Cp-)	K+/(p- Cp-)	Ko/(p+ Cp+)	Ko/(po Cp-)	Ko/(po Cpo)	Ko/(po Cp+)	Ko/(p- Cpo)
6,143E-08	6,178E-08	5,890E-08	6,026E-08	6,008E-08	5,991E-08	6,114E-08
5,354E-08	5,379E-08	5,136E-08	5,249E-08	5,237E-08	5,224E-08	5,328E-08
5,021E-08	5,040E-08	4,822E-08	4,923E-08	4,914E-08	4,904E-08	5,000E-08
4,454E-08	4,470E-08	4,276E-08	4,365E-08	4,357E-08	4,350E-08	4,433E-08
4,165E-08	4,178E-08	4,000E-08	4,081E-08	4,075E-08	4,068E-08	4,145E-08

Condutividade térmica aparente: K (W/ m^o)

(po)(cp+)(α-)	(po)(cp-)(α-)	(p+)(cpo)(αo)	(p+)(cp+)(αo)	(p+)(cp-)(αo)	(p+)(cpo)(α+)	(p+)(cp+)(α+)
1,55E-02	1,54E-02	1,60E-02	1,60E-02	1,60E-02	1,63E-02	1,63E-02
1,65E-02	1,64E-02	1,70E-02	1,71E-02	1,70E-02	1,73E-02	1,74E-02
1,82E-02	1,81E-02	1,88E-02	1,89E-02	1,88E-02	1,92E-02	1,92E-02
1,79E-02	1,78E-02	1,86E-02	1,86E-02	1,86E-02	1,90E-02	1,91E-02
1,86E-02	1,85E-02	1,93E-02	1,93E-02	1,93E-02	1,98E-02	1,98E-02

Calor específico aparente: Cp(J/Kg °C)

K+/(p+ Cp-)	K+/(p- α-)	Ko/(p+ α+)	Ko/(po α-)	Ko/(po αo)	Ko/(po α+)	Ko/(p- αo)
6,30E+02	6,52E+02	6,05E+02	6,36E+02	6,26E+02	6,16E+02	6,37E+02
7,58E+02	7,84E+02	7,25E+02	7,65E+02	7,51E+02	7,38E+02	7,64E+02
9,24E+02	9,56E+02	8,81E+02	9,34E+02	9,15E+02	8,96E+02	9,31E+02
1,04E+03	1,08E+03	9,92E+02	1,06E+03	1,03E+03	1,01E+03	1,05E+03
1,11E+03	1,15E+03	1,05E+03	1,12E+03	1,09E+03	1,07E+03	1,11E+03

Massa específica aparente: (Kg/m³)

K+/(cp- α0)	K+/(cp- α-)	Ko/(cpo α+)	Ko/(cpo α-)	Ko/(cpo αo)	Ko/(cp+ α+)	Ko/(cp+ - αo)
4,37E+02	4,37E+02	4,26E+02	4,40E+02	4,33E+02	4,25E+02	4,32E+02
4,35E+02	4,35E+02	4,23E+02	4,39E+02	4,31E+02	4,22E+02	4,30E+02
4,31E+02	4,31E+02	4,18E+02	4,36E+02	4,27E+02	4,18E+02	4,26E+02
4,46E+02	4,46E+02	4,32E+02	4,53E+02	4,42E+02	4,32E+02	4,42E+02
4,37E+02	4,37E+02	4,24E+02	4,44E+02	4,34E+02	4,23E+02	4,33E+02

Ko/(p+ Cpo)	Ko/(p- Cp+)	Ko/(p+ Cp-)	Ko/(p- Cp-)	K-/(p+ Cp+)	K-/(p- Cp-)	K-/(p- Cpo)	K-/(p- Cp+)
8,625E-08	9,651E-08	8,365E-08	1,036E-07	7,196E-08	9,223E-08	8,242E-08	7,450E-08
8,771E-08	9,842E-08	8,452E-08	1,052E-07	7,334E-08	9,428E-08	8,402E-08	7,577E-08
8,602E-08	9,724E-08	8,205E-08	1,035E-07	7,143E-08	9,285E-08	8,214E-08	7,365E-08
8,121E-08	9,565E-08	7,370E-08	9,991E-08	6,543E-08	9,063E-08	7,695E-08	6,686E-08
7,838E-08	9,355E-08	7,001E-08	9,711E-08	6,277E-08	8,870E-08	7,431E-08	6,394E-08

°C)

(p+)(cp-)(α+)	(p+)(cpo)(α-)	(p+)(cp+)(α-)	(p+)(cp-)(α-)	(p-)(cpo)(αo)	(p-)(cp+)(αo)	(p-)(cp-)(αo)	(p-)(cpo)(α+)
1,98E-02	2,07E-02	2,30E-02	1,85E-02	2,05E-02	2,27E-02	1,83E-02	2,06E-02
2,03E-02	2,14E-02	2,37E-02	1,90E-02	2,12E-02	2,35E-02	1,89E-02	2,13E-02
2,00E-02	2,11E-02	2,35E-02	1,87E-02	2,11E-02	2,35E-02	1,86E-02	2,12E-02
1,91E-02	2,10E-02	2,41E-02	1,78E-02	2,14E-02	2,47E-02	1,82E-02	2,16E-02
1,99E-02	2,21E-02	2,57E-02	1,85E-02	2,28E-02	2,65E-02	1,91E-02	2,29E-02

Ko/(p+ αo)	Ko/(p- Cp+)	Ko/(p+ α-)	Ko/(p- α-)	K-/(p+ α+)	K-/(p- α-)	K-/(p- αo)	K-/(p- α+)
1,27E+03	1,36E+03	1,35E+03	1,45E+03	1,17E+03	1,29E+03	1,21E+03	1,21E+03
1,27E+03	1,35E+03	1,35E+03	1,44E+03	1,17E+03	1,29E+03	1,22E+03	1,21E+03
1,20E+03	1,27E+03	1,27E+03	1,35E+03	1,10E+03	1,22E+03	1,14E+03	1,14E+03
9,31E+02	9,67E+02	9,94E+02	1,04E+03	8,58E+02	9,42E+02	8,82E+02	8,77E+02
8,61E+02	8,88E+02	9,21E+02	9,56E+02	7,96E+02	8,73E+02	8,16E+02	8,11E+02

Ko/(cp+ α-)	Ko/(cp- α+)	Ko/(cp- αo)	Ko/(cp- α-)	K-/(cp+ α+)	K-/(cp- α-)	K-/(cp- αo)	K-/(cp+ α+)
1,85E+02	2,15E+02	2,16E+02	2,29E+02	1,77E+02	1,89E+02	1,78E+02	1,60E+02
2,01E+02	2,35E+02	2,36E+02	2,50E+02	1,94E+02	2,07E+02	1,95E+02	1,75E+02
2,13E+02	2,52E+02	2,53E+02	2,69E+02	2,06E+02	2,20E+02	2,07E+02	1,85E+02
2,97E+02	3,75E+02	3,77E+02	4,03E+02	2,95E+02	3,17E+02	2,97E+02	2,56E+02
3,42E+02	4,40E+02	4,43E+02	4,74E+02	3,43E+02	3,70E+02	3,46E+02	2,95E+02

Ko/(p+ Cpo)	Ko/(p- Cp+)	Ko/(p+ Cp-)	Ko/(p- Cp-)	K-/(p+ Cp+)	K-/(p- Cp-)	K-/(p- Cpo)	K-/(p- Cp+)
5,907E-08	5,924E-08	6,096E-08	6,131E-08	5,845E-08	5,980E-08	5,963E-08	5,946E-08
5,148E-08	5,160E-08	5,316E-08	5,341E-08	5,099E-08	5,211E-08	5,199E-08	5,187E-08
4,831E-08	4,840E-08	4,990E-08	5,009E-08	4,791E-08	4,893E-08	4,883E-08	4,874E-08
4,284E-08	4,292E-08	4,426E-08	4,441E-08	4,249E-08	4,337E-08	4,329E-08	4,322E-08
4,006E-08	4,013E-08	4,139E-08	4,152E-08	3,974E-08	4,055E-08	4,049E-08	4,042E-08

c)

(p+)(cp-)(α+)	(p+)(cpo)(α-)	(p+)(cp+)(α-)	(p+)(cp-)(α-)	(p-)(cpo)(αo)	(p-)(cp+)(αo)	(p-)(cp-)(αo)	(p-)(cpo)(α+)
1,62E-02	1,57E-02	1,58E-02	1,57E-02	1,55E-02	1,55E-02	1,54E-02	1,57E-02
1,73E-02	1,67E-02	1,67E-02	1,67E-02	1,64E-02	1,65E-02	1,64E-02	1,67E-02
1,92E-02	1,84E-02	1,85E-02	1,84E-02	1,82E-02	1,82E-02	1,81E-02	1,86E-02
1,90E-02	1,82E-02	1,82E-02	1,81E-02	1,80E-02	1,80E-02	1,79E-02	1,84E-02
1,97E-02	1,89E-02	1,89E-02	1,88E-02	1,87E-02	1,87E-02	1,86E-02	1,91E-02

Ko/(p+ αo)	Ko/(p- Cp+)	Ko/(p+ α-)	Ko/(p- α-)	K-/(p+ α+)	K-/(p- α-)	K-/(p- αo)	K-/(p- α+)
6,15E+02	6,26E+02	6,25E+02	6,47E+02	6,01E+02	6,31E+02	6,21E+02	6,11E+02
7,39E+02	7,51E+02	7,53E+02	7,79E+02	7,20E+02	7,60E+02	7,46E+02	7,32E+02
8,99E+02	9,12E+02	9,18E+02	9,50E+02	8,75E+02	9,28E+02	9,09E+02	8,90E+02
1,01E+03	1,03E+03	1,04E+03	1,07E+03	9,85E+02	1,05E+03	1,03E+03	1,00E+03
1,07E+03	1,09E+03	1,10E+03	1,14E+03	1,04E+03	1,11E+03	1,09E+03	1,06E+03

Ko/(cp+ α-)	Ko/(cp- α+)	Ko/(cp- αo)	Ko/(cp- α-)	K-/(cp+ α+)	K-/(cp- α-)	K-/(cp- αo)	K-/(cp+ α+)
4,39E+02	4,27E+02	4,34E+02	4,41E+02	4,23E+02	4,37E+02	4,30E+02	4,22E+02
4,38E+02	4,24E+02	4,32E+02	4,40E+02	4,20E+02	4,36E+02	4,27E+02	4,19E+02
4,35E+02	4,19E+02	4,28E+02	4,37E+02	4,16E+02	4,33E+02	4,24E+02	4,15E+02
4,52E+02	4,33E+02	4,43E+02	4,53E+02	4,30E+02	4,50E+02	4,39E+02	4,29E+02
4 44E+02	4 24E+02	4 35E+02	4 45E+02	4 21E+02	4 47E+02	4 31E+02	4 20E+02

K-/(\rho- Cp0)	K-/(\rho+ Cp0)	K-/(\rho- Cp+)	K-/(\rho+ Cp-)	K-/(\rho- Cp-)
8,543E-08	7,962E-08	8,909E-08	7,722E-08	9,560E-08
8,689E-08	8,133E-08	9,126E-08	7,837E-08	9,751E-08
8,477E-08	7,967E-08	9,006E-08	7,600E-08	9,582E-08
7,867E-08	7,531E-08	8,870E-08	6,835E-08	9,265E-08
7,572E-08	7,295E-08	8,707E-08	6,516E-08	9,038E-08

(\rho-)(cp+)(\alpha+)	(\rho-)(cp-)(\alpha+)	(\rho-)(cp0)(\alpha-)	(\rho-)(cp+)(\alpha-)	(\rho-)(cp-)(\alpha-)
2,28E-02	1,84E-02	1,93E-02	2,14E-02	1,73E-02
2,37E-02	1,90E-02	2,00E-02	2,22E-02	1,78E-02
2,36E-02	1,88E-02	1,98E-02	2,21E-02	1,75E-02
2,48E-02	1,83E-02	2,01E-02	2,31E-02	1,70E-02
2,67E-02	1,92E-02	2,13E-02	2,48E-02	1,78E-02

K-/(\rho- \alpha0)	K-/(\rho+ \alpha0)	K-/(\rho- \alpha+)	K-/(\rho+ \alpha-)	K-/(\rho- \alpha-)
1,26E+03	1,17E+03	1,25E+03	1,24E+03	1,34E+03
1,26E+03	1,18E+03	1,25E+03	1,25E+03	1,34E+03
1,18E+03	1,11E+03	1,17E+03	1,18E+03	1,26E+03
9,02E+02	8,64E+02	8,96E+02	9,22E+02	9,63E+02
8,31E+02	8,01E+02	8,26E+02	8,57E+02	8,89E+02

K-/(\rho+ - \alpha0)	K-/(\rho+ \alpha-)	K-/(\rho- \alpha+)	K-/(\rho- \alpha0)	K-/(\rho- \alpha-)
1,61E+02	1,71E+02	1,98E+02	1,99E+02	2,12E+02
1,76E+02	1,87E+02	2,18E+02	2,19E+02	2,32E+02
1,86E+02	1,98E+02	2,33E+02	2,34E+02	2,49E+02
2,58E+02	2,76E+02	3,48E+02	3,50E+02	3,74E+02
2,97E+02	3,18E+02	4,10E+02	4,12E+02	4,41E+02

K-/(\rho- Cp0)	K-/(\rho+ Cp0)	K-/(\rho- Cp+)	K-/(\rho+ Cp-)	K-/(\rho- Cp-)
6,067E-08	5,862E-08	5,879E-08	6,050E-08	6,084E-08
5,290E-08	5,111E-08	5,123E-08	5,277E-08	5,302E-08
4,968E-08	4,801E-08	4,810E-08	4,959E-08	4,978E-08
4,405E-08	4,256E-08	4,264E-08	4,397E-08	4,413E-08
4,119E-08	3,981E-08	3,987E-08	4,112E-08	4,126E-08

(\rho-)(cp+)(\alpha+)	(\rho-)(cp-)(\alpha+)	(\rho-)(cp0)(\alpha-)	(\rho-)(cp+)(\alpha-)	(\rho-)(cp-)(\alpha-)
1,58E-02	1,57E-02	1,52E-02	1,53E-02	1,52E-02
1,68E-02	1,67E-02	1,61E-02	1,62E-02	1,61E-02
1,86E-02	1,85E-02	1,78E-02	1,78E-02	1,78E-02
1,84E-02	1,83E-02	1,76E-02	1,76E-02	1,75E-02
1,91E-02	1,91E-02	1,82E-02	1,83E-02	1,82E-02

K-/(\rho- \alpha0)	K-/(\rho+ \alpha0)	K-/(\rho- \alpha+)	K-/(\rho+ \alpha-)	K-/(\rho- \alpha-)
6,32E+02	6,10E+02	6,22E+02	6,20E+02	6,42E+02
7,59E+02	7,33E+02	7,45E+02	7,47E+02	7,73E+02
9,24E+02	8,93E+02	9,06E+02	9,12E+02	9,44E+02
1,04E+03	1,01E+03	1,02E+03	1,03E+03	1,07E+03
1,11E+03	1,07E+03	1,08E+03	1,09E+03	1,13E+03

K-/(\rho+ - \alpha0)	K-/(\rho+ \alpha-)	K-/(\rho- \alpha+)	K-/(\rho- \alpha0)	K-/(\rho- \alpha-)
4,28E+02	4,35E+02	4,24E+02	4,31E+02	4,38E+02
4,26E+02	4,34E+02	4,21E+02	4,28E+02	4,37E+02
4,23E+02	4,32E+02	4,16E+02	4,25E+02	4,34E+02
4,39E+02	4,49E+02	4,30E+02	4,40E+02	4,50E+02
4,30E+02	4,41E+02	4,27E+02	4,37E+02	4,47E+02

TAMARINDO

T = -50 °C

Difusividade

Teor de água (b.u.)	ρ_{AP} (Kg/m ³) mínimo	ρ_{AP} (Kg/m ³)	ρ_{AP} (Kg/m ³) - máximo	α (m ² /s) - mínimo	α (m ² /s)	α (m ² /s) - máximo
5,89	770,69	778,32	785,95	4,89E-08	5,16E-08	5,43E-08
12,34	771,65	779,28	786,91	4,32E-08	4,59E-08	4,86E-08
14,67	773,55	781,18	788,81	3,92E-08	4,19E-08	4,46E-08
19,5	775,56	783,19	790,82	3,70E-08	3,97E-08	4,24E-08
33,5	783,55	791,18	798,81	3,44E-08	3,71E-08	3,98E-08

Condutividade

Teor de água (b.u.)	ρ_{AP} (Kg/m ³) mínimo	ρ_{AP} (Kg/m ³)	ρ_{AP} (Kg/m ³) - máximo	α (m ² /s) - mínimo	α (m ² /s)	α (m ² /s) - máximo
5,89	770,69	778,32	785,95	4,89E-08	5,16E-08	5,43E-08
12,34	771,65	779,28	786,91	4,32E-08	4,59E-08	4,86E-08
14,67	773,55	781,18	788,81	3,92E-08	4,19E-08	4,46E-08
19,5	775,56	783,19	790,82	3,70E-08	3,97E-08	4,24E-08
33,5	783,55	791,18	798,81	3,44E-08	3,71E-08	3,98E-08

Calor específico

Teor de água (b.u.)	ρ_{AP} (Kg/m ³) mínimo	ρ_{AP} (Kg/m ³)	ρ_{AP} (Kg/m ³)	α (m ² /s) - mínimo	α (m ² /s)	α (m ² /s) - máximo
5,89	770,69	778,32	785,95	4,89E-08	5,16E-08	5,43E-08
12,34	771,65	779,28	786,91	4,32E-08	4,59E-08	4,86E-08
14,67	773,55	781,18	788,81	3,92E-08	4,19E-08	4,46E-08
19,5	775,56	783,19	790,82	3,70E-08	3,97E-08	4,24E-08
33,5	783,55	791,18	798,81	3,44E-08	3,71E-08	3,98E-08

Massa específica

Teor de água (b.u.)	ρ_{AP} (Kg/m ³) mínimo	ρ_{AP} (Kg/m ³)	ρ_{AP} (Kg/m ³) - máximo	α (m ² /s) - mínimo	α (m ² /s)	α (m ² /s) - máximo
5,89	770,69	778,32	785,95	4,89E-08	5,16E-08	5,43E-08
12,34	771,65	779,28	786,91	4,32E-08	4,59E-08	4,86E-08
14,67	773,55	781,18	788,81	3,92E-08	4,19E-08	4,46E-08
19,5	775,56	783,19	790,82	3,70E-08	3,97E-08	4,24E-08
33,5	783,55	791,18	798,81	3,44E-08	3,71E-08	3,98E-08

UMBU

T = -50 °C

Difusividade

Teor de água (b.u.)	ρ_{AP} (Kg/m ³) mínimo	ρ_{AP} (Kg/m ³)	ρ_{AP} (Kg/m ³) - máximo	α (m ² /s) - mínimo	α (m ² /s)	α (m ² /s) - máximo
7,94	196,04	202	207,96	2,16E-07	2,24E-07	2,31E-07
16,75	272,04	278	283,96	1,84E-07	1,92E-07	1,99E-07
26,64	320,04	326	331,96	1,67E-07	1,75E-07	1,83E-07
35,86	416,04	422	427,96	1,44E-07	1,52E-07	1,60E-07
40,58	433,04	439	444,96	1,32E-07	1,39E-07	1,47E-07

Condutividade

Teor de água (b.u.)	ρ_{AP} (Kg/m ³) mínimo	ρ_{AP} (Kg/m ³)	ρ_{AP} (Kg/m ³) - máximo	α (m ² /s) - mínimo	α (m ² /s)	α (m ² /s) - máximo
7,94	196,04	202	207,96	2,16E-07	2,24E-07	2,31E-07
16,75	272,04	278	283,96	1,84E-07	1,92E-07	1,99E-07
26,64	320,04	326	331,96	1,67E-07	1,75E-07	1,83E-07
35,86	416,04	422	427,96	1,44E-07	1,52E-07	1,60E-07
40,58	433,04	439	444,96	1,32E-07	1,39E-07	1,47E-07

Calor específico

Teor de água (b.u.)	ρ_{AP} (Kg/m ³) mínimo	ρ_{AP} (Kg/m ³)	ρ_{AP} (Kg/m ³)	α (m ² /s) - mínimo	α (m ² /s)	α (m ² /s) - máximo
7,94	196,04	202	207,96	2,16E-07	2,24E-07	2,31E-07
16,75	272,04	278	283,96	1,84E-07	1,92E-07	1,99E-07
26,64	320,04	326	331,96	1,67E-07	1,75E-07	1,83E-07
35,86	416,04	422	427,96	1,44E-07	1,52E-07	1,60E-07
40,58	433,04	439	444,96	1,32E-07	1,39E-07	1,47E-07

Massa específica

Teor de água (b.u.)	ρ_{AP} (Kg/m ³) mínimo	ρ_{AP} (Kg/m ³)	ρ_{AP} (Kg/m ³) - máximo	α (m ² /s) - mínimo	α (m ² /s)	α (m ² /s) - máximo
7,94	196,04	202	207,96	2,16E-07	2,24E-07	2,31E-07
16,75	272,04	278	283,96	1,84E-07	1,92E-07	1,99E-07
26,64	320,04	326	331,96	1,67E-07	1,75E-07	1,83E-07
35,86	416,04	422	427,96	1,44E-07	1,52E-07	1,60E-07
40,58	433,04	439	444,96	1,32E-07	1,39E-07	1,47E-07

K (W/m ⁰ C) - mínimo	K (W/m ⁰ C)	K (W/m ⁰ C) - máximo	C _p (cal/g ⁰ C)	C _p (J/Kg ⁰ C) - mínimo	C _p (J/Kg ⁰ C)
1,60E-02	0,0164	1,68E-02	0,102	4,238E+02	4,264E+02
1,77E-02	0,0181	1,85E-02	0,117	4,865E+02	4,891E+02
1,85E-02	0,0189	1,93E-02	0,129	5,366E+02	5,392E+02
1,90E-02	0,0194	1,98E-02	0,139	5,784E+02	5,810E+02
1,97E-02	0,0201	2,05E-02	0,153	6,370E+02	6,395E+02

K (W/m ⁰ C) - mínimo	K (W/m ⁰ C)	K (W/m ⁰ C) - máximo	C _p (cal/g ⁰ C)	C _p (J/Kg ⁰ C) - mínimo	C _p (J/Kg ⁰ C)
1,60E-02	0,0164	1,68E-02	0,102	4,238E+02	4,264E+02
1,77E-02	0,0181	1,85E-02	0,117	4,865E+02	4,891E+02
1,85E-02	0,0189	1,93E-02	0,129	5,366E+02	5,392E+02
1,90E-02	0,0194	1,98E-02	0,139	5,784E+02	5,810E+02
1,97E-02	0,0201	2,05E-02	0,153	6,370E+02	6,395E+02

K (W/m ⁰ C) - mínimo	K (W/m ⁰ C)	K (W/m ⁰ C) - máximo	C _p (cal/g ⁰ C)	C _p (J/Kg ⁰ C) - mínimo	C _p (J/Kg ⁰ C)
1,60E-02	0,0164	1,68E-02	0,102	4,238E+02	4,264E+02
1,77E-02	0,0181	1,85E-02	0,117	4,865E+02	4,891E+02
1,85E-02	0,0189	1,93E-02	0,129	5,366E+02	5,392E+02
1,90E-02	0,0194	1,98E-02	0,139	5,784E+02	5,810E+02
1,97E-02	0,0201	2,05E-02	0,153	6,370E+02	6,395E+02

K (W/m ⁰ C) - mínimo	K (W/m ⁰ C)	K (W/m ⁰ C) - máximo	C _p (cal/g ⁰ C)	C _p (J/Kg ⁰ C) - mínimo	C _p (J/Kg ⁰ C)
1,60E-02	0,0164	1,68E-02	0,102	4,238E+02	4,264E+02
1,77E-02	0,0181	1,85E-02	0,117	4,865E+02	4,891E+02
1,85E-02	0,0189	1,93E-02	0,129	5,366E+02	5,392E+02
1,90E-02	0,0194	1,98E-02	0,139	5,784E+02	5,810E+02
1,97E-02	0,0201	2,05E-02	0,153	6,370E+02	6,395E+02

K (W/m ⁰ C) - mínimo	K (W/m ⁰ C)	K (W/m ⁰ C) - máximo	C _p (cal/g ⁰ C)	C _p (J/Kg ⁰ C) - mínimo	C _p (J/Kg ⁰ C)
4,55E-02	0,046	4,65E-02	0,243	9,898E+02	1,016E+03
6,35E-02	0,064	6,45E-02	0,299	1,224E+03	1,250E+03
7,65E-02	0,077	7,75E-02	0,338	1,387E+03	1,413E+03
9,75E-02	0,098	9,85E-02	0,366	1,504E+03	1,530E+03
1,00E-01	0,101	1,02E-01	0,393	1,617E+03	1,643E+03

K (W/m ⁰ C) - mínimo	K (W/m ⁰ C)	K (W/m ⁰ C) - máximo	C _p (cal/g ⁰ C)	C _p (J/Kg ⁰ C) - mínimo	C _p (J/Kg ⁰ C)
4,55E-02	0,046	4,65E-02	0,243	9,898E+02	1,016E+03
6,35E-02	0,064	6,45E-02	0,299	1,224E+03	1,250E+03
7,65E-02	0,077	7,75E-02	0,338	1,387E+03	1,413E+03
9,75E-02	0,098	9,85E-02	0,366	1,504E+03	1,530E+03
1,00E-01	0,101	1,02E-01	0,393	1,617E+03	1,643E+03

K (W/m ⁰ C) - mínimo	K (W/m ⁰ C)	K (W/m ⁰ C) - máximo	C _p (cal/g ⁰ C)	C _p (J/Kg ⁰ C) - mínimo	C _p (J/Kg ⁰ C)
4,55E-02	0,046	4,65E-02	0,243	9,898E+02	1,016E+03
6,35E-02	0,064	6,45E-02	0,299	1,224E+03	1,250E+03
7,65E-02	0,077	7,75E-02	0,338	1,387E+03	1,413E+03
9,75E-02	0,098	9,85E-02	0,366	1,504E+03	1,530E+03
1,00E-01	0,101	1,02E-01	0,393	1,617E+03	1,643E+03

K (W/m ⁰ C) - mínimo	K (W/m ⁰ C)	K (W/m ⁰ C) - máximo	C _p (cal/g ⁰ C)	C _p (J/Kg ⁰ C) - mínimo	C _p (J/Kg ⁰ C)
4,55E-02	0,046	4,65E-02	0,243	9,898E+02	1,016E+03
6,35E-02	0,064	6,45E-02	0,299	1,224E+03	1,250E+03
7,65E-02	0,077	7,75E-02	0,338	1,387E+03	1,413E+03
9,75E-02	0,098	9,85E-02	0,366	1,504E+03	1,530E+03
1,00E-01	0,101	1,02E-01	0,393	1,617E+03	1,643E+03

C_p (J/Kg ⁰ C) - máximo	K+/(p+ Cp+)	K+/(po Cp-)	K+/(po Cpo)	K+/(po Cp+)	K+/(p- Cpo)	K+/(p+ Cpo)	K+/(p- Cp+)
4,290E+02	4,991E-08	5,101E-08	5,070E-08	5,040E-08	5,121E-08	5,021E-08	5,052E-08
4,917E+02	4,789E-08	4,887E-08	4,861E-08	4,835E-08	4,909E-08	4,814E-08	4,840E-08
5,418E+02	4,522E-08	4,610E-08	4,588E-08	4,566E-08	4,633E-08	4,544E-08	4,566E-08
5,836E+02	4,296E-08	4,376E-08	4,357E-08	4,338E-08	4,400E-08	4,315E-08	4,334E-08
6,421E+02	4,002E-08	4,073E-08	4,057E-08	4,040E-08	4,096E-08	4,018E-08	4,034E-08

C_p (J/Kg ⁰ C) - máximo	(po)(cpo)(ao)	(po)(cp+)(ao)	(po)(cp-)(ao)	(po)(cpo)(a+)	(po)(cp+)(a+)	(po)(cp-)(a+)	(po)(cpo)(a-)
4,290E+02	1,71E-02	1,72E-02	1,70E-02	1,80E-02	1,81E-02	1,79E-02	1,62E-02
4,917E+02	1,75E-02	1,76E-02	1,74E-02	1,85E-02	1,86E-02	1,84E-02	1,65E-02
5,418E+02	1,77E-02	1,78E-02	1,76E-02	1,88E-02	1,89E-02	1,87E-02	1,65E-02
5,836E+02	1,81E-02	1,82E-02	1,80E-02	1,93E-02	1,94E-02	1,92E-02	1,69E-02
6,421E+02	1,88E-02	1,89E-02	1,87E-02	2,01E-02	2,02E-02	2,01E-02	1,74E-02

C_p (J/Kg ⁰ C) - máximo	K+/(p+ a+)	K+/(po a-)	K+/(po ao)	K+/(po a+)	K+/(p- ao)	K+/(p+ ao)	K+/(p- a+)
4,290E+02	3,94E+02	4,42E+02	4,19E+02	3,98E+02	4,23E+02	4,15E+02	4,02E+02
4,917E+02	4,84E+02	5,50E+02	5,18E+02	4,89E+02	5,23E+02	5,13E+02	4,94E+02
5,418E+02	5,49E+02	6,30E+02	5,90E+02	5,54E+02	5,96E+02	5,84E+02	5,60E+02
5,836E+02	5,91E+02	6,84E+02	6,37E+02	5,97E+02	6,43E+02	6,31E+02	6,02E+02
6,421E+02	6,45E+02	7,54E+02	6,99E+02	6,52E+02	7,06E+02	6,92E+02	6,58E+02

C_p (J/Kg ⁰ C) - máximo	K+/(cpo a+)	K+/(cpo a-)	K+/(cpo ao)	K+/(cp+ a+)	K+/(cp+ - ao)	K+/(cp+ a-)	K+/(cp- a+)
4,290E+02	7,266E+02	8,069E+02	7,647E+02	7,223E+02	7,600E+02	8,020E+02	7,31E+02
4,917E+02	7,790E+02	8,763E+02	8,248E+02	7,749E+02	8,204E+02	8,716E+02	7,83E+02
5,418E+02	8,029E+02	9,134E+02	8,546E+02	7,990E+02	8,505E+02	9,090E+02	8,07E+02
5,836E+02	8,042E+02	9,215E+02	8,589E+02	8,006E+02	8,551E+02	9,174E+02	8,08E+02
6,421E+02	8,060E+02	9,325E+02	8,646E+02	8,027E+02	8,611E+02	9,287E+02	8,09E+02

C_p (J/Kg ⁰ C) - máximo	K+/(p+ Cp+)	K+/(po Cp-)	K+/(po Cpo)	K+/(po Cp+)	K+/(p- Cpo)	K+/(p+ Cpo)	K+/(p- Cp+)
1,042E+03	2,148E-07	2,327E-07	2,268E-07	2,212E-07	2,337E-07	2,203E-07	2,261E-07
1,276E+03	1,781E-07	1,897E-07	1,857E-07	1,820E-07	1,898E-07	1,818E-07	1,857E-07
1,439E+03	1,623E-07	1,715E-07	1,683E-07	1,653E-07	1,715E-07	1,653E-07	1,684E-07
1,556E+03	1,480E-07	1,552E-07	1,526E-07	1,501E-07	1,548E-07	1,505E-07	1,531E-07
1,669E+03	1,368E-07	1,430E-07	1,408E-07	1,386E-07	1,427E-07	1,389E-07	1,411E-07

C_p (J/Kg ⁰ C) - máximo	(po)(cpo)(ao)	(po)(cp+)(ao)	(po)(cp-)(ao)	(po)(cpo)(a+)	(po)(cp+)(a+)	(po)(cp-)(a+)	(po)(cpo)(a-)
1,042E+03	4,59E-02	4,70E-02	4,47E-02	4,75E-02	4,87E-02	4,63E-02	4,42E-02
1,276E+03	6,65E-02	6,79E-02	6,52E-02	6,93E-02	7,07E-02	6,78E-02	6,38E-02
1,439E+03	8,06E-02	8,21E-02	7,92E-02	8,43E-02	8,58E-02	8,27E-02	7,70E-02
1,556E+03	9,83E-02	1,00E-01	9,67E-02	1,03E-01	1,05E-01	1,02E-01	9,32E-02
1,669E+03	1,01E-01	1,02E-01	9,89E-02	1,06E-01	1,08E-01	1,05E-01	9,49E-02

C_p (J/Kg ⁰ C) - máximo	K+/(p+ a+)	K+/(po a-)	K+/(po ao)	K+/(po a+)	K+/(p- ao)	K+/(p+ ao)	K+/(p- a+)
1,042E+03	9,67E+02	1,07E+03	1,03E+03	9,96E+02	1,06E+03	1,00E+03	1,03E+03
1,276E+03	1,14E+03	1,26E+03	1,21E+03	1,16E+03	1,24E+03	1,19E+03	1,19E+03
1,439E+03	1,28E+03	1,42E+03	1,36E+03	1,30E+03	1,38E+03	1,33E+03	1,32E+03
1,556E+03	1,44E+03	1,62E+03	1,53E+03	1,46E+03	1,56E+03	1,51E+03	1,48E+03
1,669E+03	1,55E+03	1,76E+03	1,66E+03	1,57E+03	1,68E+03	1,64E+03	1,59E+03

C_p (J/Kg ⁰ C) - máximo	K+/(cpo a+)	K+/(cpo a-)	K+/(cpo ao)	K+/(cp+ a+)	K+/(cp+ - ao)	K+/(cp+ a-)	K+/(cp- a+)
1,042E+03	1,980E+02	2,125E+02	2,050E+02	1,931E+02	1,999E+02	2,072E+02	2,03E+02
1,276E+03	2,590E+02	2,812E+02	2,696E+02	2,537E+02	2,642E+02	2,755E+02	2,64E+02
1,439E+03	2,999E+02	3,282E+02	3,134E+02	2,945E+02	3,078E+02	3,223E+02	3,06E+02
1,556E+03	4,021E+02	4,459E+02	4,229E+02	3,954E+02	4,159E+02	4,385E+02	4,09E+02
1 669E+03	4 197E+02	4 699E+02	4 434E+02	4 137E+02	4 365E+02	4 626E+02	4 26E+02

K+/(p+ Cp-)	K+/(p- Cp-)	Ko/(p+ Cp+)	Ko/(po Cp-)	Ko/(po Cpo)	Ko/(po Cp+)	Ko/(p- Cpo)
5,090E-08	5,152E-08	4,865E-08	4,972E-08	4,942E-08	4,912E-08	4,991E-08
4,883E-08	4,935E-08	4,678E-08	4,775E-08	4,749E-08	4,724E-08	4,796E-08
4,611E-08	4,656E-08	4,422E-08	4,509E-08	4,487E-08	4,465E-08	4,531E-08
4,380E-08	4,419E-08	4,203E-08	4,282E-08	4,263E-08	4,244E-08	4,305E-08
4,080E-08	4,113E-08	3,919E-08	3,989E-08	3,972E-08	3,956E-08	4,011E-08

Condutividade térmica aparente: K (W

(po)(cp+)(a-)	(po)(cp-)(a-)	(p+)(cpo)(ao)	(p+)(cp+)(ao)	(p+)(cp-)(ao)	(p+)(cpo)(a+)	(p+)(cp+)(a+)
1,63E-02	1,61E-02	1,73E-02	1,74E-02	1,72E-02	1,82E-02	1,83E-02
1,66E-02	1,64E-02	1,77E-02	1,78E-02	1,76E-02	1,87E-02	1,88E-02
1,66E-02	1,64E-02	1,78E-02	1,79E-02	1,78E-02	1,90E-02	1,91E-02
1,69E-02	1,68E-02	1,83E-02	1,83E-02	1,82E-02	1,95E-02	1,96E-02
1,75E-02	1,73E-02	1,90E-02	1,90E-02	1,89E-02	2,03E-02	2,04E-02

Calor específico aparente: Cp(J/Kg

K+/(p+ Cp-)	K+/(p- a-)	Ko/(p+ a+)	Ko/(po a-)	Ko/(po ao)	Ko/(po a+)	Ko/(p- ao)
4,38E+02	4,46E+02	3,84E+02	4,31E+02	4,08E+02	3,88E+02	4,12E+02
5,45E+02	5,55E+02	4,73E+02	5,37E+02	5,06E+02	4,78E+02	5,11E+02
6,24E+02	6,37E+02	5,37E+02	6,17E+02	5,77E+02	5,42E+02	5,83E+02
6,77E+02	6,90E+02	5,78E+02	6,69E+02	6,23E+02	5,84E+02	6,30E+02
7,47E+02	7,61E+02	6,32E+02	7,38E+02	6,84E+02	6,38E+02	6,91E+02

Massa específica aparente: (Kg/n

K+/(cp- a0)	K+/(cp- a-)	Ko/(cpo a+)	Ko/(cpo a-)	Ko/(cpo ao)	Ko/(cp+ a+)	Ko/(cp+ - ao)
7,69E+02	7,69E+02	7,08E+02	7,86E+02	7,45E+02	7,04E+02	7,41E+02
8,29E+02	8,29E+02	7,61E+02	8,56E+02	8,06E+02	7,57E+02	8,02E+02
8,59E+02	8,59E+02	7,85E+02	8,93E+02	8,36E+02	7,81E+02	8,32E+02
8,63E+02	8,63E+02	7,87E+02	9,02E+02	8,40E+02	7,83E+02	8,37E+02
8,68E+02	8,68E+02	7,89E+02	9,13E+02	8,47E+02	7,86E+02	8,43E+02

K+/(p+ Cp-)	K+/(p- Cp-)	Ko/(p+ Cp+)	Ko/(po Cp-)	Ko/(po Cpo)	Ko/(po Cp+)	Ko/(p- Cpo)
2,279E-07	2,398E-07	2,124E-07	2,301E-07	2,242E-07	2,186E-07	2,310E-07
1,860E-07	1,938E-07	1,767E-07	1,881E-07	1,842E-07	1,805E-07	1,882E-07
1,684E-07	1,747E-07	1,612E-07	1,703E-07	1,672E-07	1,642E-07	1,703E-07
1,522E-07	1,575E-07	1,472E-07	1,544E-07	1,518E-07	1,493E-07	1,540E-07
1,405E-07	1,450E-07	1,360E-07	1,423E-07	1,401E-07	1,379E-07	1,420E-07

Condutividade térmica aparente: K (W

(po)(cp+)(a-)	(po)(cp-)(a-)	(p+)(cpo)(ao)	(p+)(cp+)(ao)	(p+)(cp-)(ao)	(p+)(cpo)(a+)	(p+)(cp+)(a+)
4,54E-02	4,31E-02	4,72E-02	4,84E-02	4,60E-02	4,89E-02	5,01E-02
6,51E-02	6,25E-02	6,80E-02	6,94E-02	6,66E-02	7,08E-02	7,22E-02
7,84E-02	7,56E-02	8,21E-02	8,36E-02	8,06E-02	8,58E-02	8,74E-02
9,48E-02	9,17E-02	9,97E-02	1,01E-01	9,80E-02	1,05E-01	1,07E-01
9,64E-02	9,34E-02	1,02E-01	1,04E-01	1,00E-01	1,08E-01	1,09E-01

Calor específico aparente: Cp(J/Kg

K+/(p+ Cp-)	K+/(p- a-)	Ko/(p+ a+)	Ko/(po a-)	Ko/(po ao)	Ko/(po a+)	Ko/(p- ao)
1,04E+03	1,10E+03	9,56E+02	1,06E+03	1,02E+03	9,84E+02	1,05E+03
1,24E+03	1,29E+03	1,13E+03	1,25E+03	1,20E+03	1,15E+03	1,23E+03
1,40E+03	1,45E+03	1,27E+03	1,41E+03	1,35E+03	1,29E+03	1,37E+03
1,59E+03	1,64E+03	1,43E+03	1,61E+03	1,52E+03	1,45E+03	1,55E+03
1,73E+03	1,78E+03	1,54E+03	1,75E+03	1,65E+03	1,56E+03	1,67E+03

Massa específica aparente: (Kg/n

K+/(cp- a0)	K+/(cp- a-)	Ko/(cpo a+)	Ko/(cpo a-)	Ko/(cpo ao)	Ko/(cp+ a+)	Ko/(cp+ - ao)
2,10E+02	2,10E+02	1,96E+02	2,10E+02	2,03E+02	1,91E+02	1,98E+02
2,75E+02	2,75E+02	2,57E+02	2,79E+02	2,67E+02	2,52E+02	2,62E+02
3,19E+02	3,19E+02	2,98E+02	3,26E+02	3,11E+02	2,93E+02	3,06E+02
4,30E+02	4,30E+02	4,00E+02	4,44E+02	4,21E+02	3,93E+02	4,14E+02
4 50F+02	4 50F+02	4 17F+02	4 67F+02	4 41F+02	4 11F+02	4 34F+02

Ko/(p+ Cpo)	Ko/(p- Cp+)	Ko/(p+ Cp-)	Ko/(p- Cp-)	K-/ (p+ Cp+)	K-/ (p- Cp-)	K-/ (p- Cpo)	K-/ (p- Cp+)
4,894E-08	4,924E-08	4,961E-08	5,022E-08	4,738E-08	4,843E-08	4,814E-08	4,785E-08
4,703E-08	4,728E-08	4,771E-08	4,822E-08	4,568E-08	4,662E-08	4,637E-08	4,613E-08
4,443E-08	4,465E-08	4,509E-08	4,553E-08	4,323E-08	4,407E-08	4,386E-08	4,365E-08
4,222E-08	4,241E-08	4,286E-08	4,324E-08	4,111E-08	4,188E-08	4,170E-08	4,151E-08
3,934E-08	3,950E-08	3,995E-08	4,027E-08	3,836E-08	3,904E-08	3,888E-08	3,873E-08

/ m °C

(p+)(cp-)(α+)	(p+)(cpo)(α-)	(p+)(cp+)(α-)	(p+)(cp-)(α-)	(p-)(cpo)(αo)	(p-)(cp+)(αo)	(p-)(cp-)(αo)	(p-)(cpo)(α+)
1,81E-02	1,64E-02	1,65E-02	1,63E-02	1,70E-02	1,71E-02	1,69E-02	1,78E-02
1,86E-02	1,66E-02	1,67E-02	1,65E-02	1,73E-02	1,74E-02	1,72E-02	1,84E-02
1,89E-02	1,67E-02	1,68E-02	1,66E-02	1,75E-02	1,76E-02	1,74E-02	1,86E-02
1,94E-02	1,70E-02	1,71E-02	1,69E-02	1,79E-02	1,80E-02	1,78E-02	1,91E-02
2,03E-02	1,76E-02	1,77E-02	1,75E-02	1,86E-02	1,87E-02	1,85E-02	2,00E-02

°C

Ko/(p+ αo)	Ko/(p- Cp+)	Ko/(p+ α-)	Ko/(p- α-)	K-/ (p+ α+)	K-/ (p- α-)	K-/ (p- αo)	K-/ (p- α+)
4,04E+02	3,92E+02	4,27E+02	4,35E+02	3,74E+02	4,20E+02	3,98E+02	3,78E+02
5,01E+02	4,82E+02	5,32E+02	5,43E+02	4,62E+02	5,25E+02	4,94E+02	4,66E+02
5,71E+02	5,47E+02	6,11E+02	6,23E+02	5,25E+02	6,03E+02	5,64E+02	5,30E+02
6,17E+02	5,90E+02	6,62E+02	6,76E+02	5,65E+02	6,54E+02	6,10E+02	5,71E+02
6,78E+02	6,44E+02	7,31E+02	7,45E+02	6,19E+02	7,22E+02	6,70E+02	6,24E+02

i³

Ko/(cp+ α-)	Ko/(cp- α+)	Ko/(cp- αo)	Ko/(cp- α-)	K-/ (cpo α+)	K-/ (cpo α-)	K-/ (cpo αo)	K-/ (cp+ α+)
7,82E+02	7,13E+02	7,50E+02	7,91E+02	6,90E+02	7,66E+02	7,26E+02	6,86E+02
8,52E+02	7,65E+02	8,10E+02	8,61E+02	7,43E+02	8,36E+02	7,87E+02	7,39E+02
8,89E+02	7,89E+02	8,40E+02	8,98E+02	7,67E+02	8,73E+02	8,17E+02	7,64E+02
8,98E+02	7,90E+02	8,44E+02	9,06E+02	7,70E+02	8,82E+02	8,22E+02	7,66E+02
9,09E+02	7,92E+02	8,50E+02	9,17E+02	7,73E+02	8,94E+02	8,29E+02	7,69E+02

Ko/(p+ Cpo)	Ko/(p- Cp+)	Ko/(p+ Cp-)	Ko/(p- Cp-)	K-/ (p+ Cp+)	K-/ (p- Cp-)	K-/ (p- Cpo)	K-/ (p- Cp+)
2,178E-07	2,235E-07	2,253E-07	2,371E-07	2,099E-07	2,274E-07	2,216E-07	2,161E-07
1,803E-07	1,841E-07	1,844E-07	1,922E-07	1,752E-07	1,865E-07	1,827E-07	1,790E-07
1,642E-07	1,672E-07	1,672E-07	1,735E-07	1,601E-07	1,691E-07	1,660E-07	1,630E-07
1,497E-07	1,523E-07	1,514E-07	1,566E-07	1,464E-07	1,536E-07	1,510E-07	1,485E-07
1,382E-07	1,404E-07	1,398E-07	1,443E-07	1,353E-07	1,415E-07	1,393E-07	1,371E-07

/ m °C

(p+)(cp-)(α+)	(p+)(cpo)(α-)	(p+)(cp+)(α-)	(p+)(cp-)(α-)	(p-)(cpo)(αo)	(p-)(cp+)(αo)	(p-)(cp-)(αo)	(p-)(cpo)(α+)
4,76E-02	4,55E-02	4,67E-02	4,44E-02	4,45E-02	4,56E-02	4,34E-02	4,61E-02
6,93E-02	6,52E-02	6,65E-02	6,38E-02	6,51E-02	6,65E-02	6,38E-02	6,78E-02
8,42E-02	7,84E-02	7,99E-02	7,70E-02	7,92E-02	8,06E-02	7,77E-02	8,27E-02
1,03E-01	9,46E-02	9,62E-02	9,30E-02	9,69E-02	9,86E-02	9,53E-02	1,02E-01
1,06E-01	9,61E-02	9,77E-02	9,46E-02	9,92E-02	1,01E-01	9,76E-02	1,05E-01

°C

Ko/(p+ αo)	Ko/(p- Cp+)	Ko/(p+ α-)	Ko/(p- α-)	K-/ (p+ α+)	K-/ (p- α-)	K-/ (p- αo)	K-/ (p- α+)
9,90E+02	1,01E+03	1,03E+03	1,09E+03	9,45E+02	1,04E+03	1,01E+03	9,73E+02
1,18E+03	1,18E+03	1,23E+03	1,28E+03	1,12E+03	1,24E+03	1,19E+03	1,15E+03
1,32E+03	1,31E+03	1,39E+03	1,44E+03	1,26E+03	1,40E+03	1,34E+03	1,28E+03
1,50E+03	1,47E+03	1,59E+03	1,63E+03	1,42E+03	1,60E+03	1,52E+03	1,44E+03
1,63E+03	1,58E+03	1,73E+03	1,77E+03	1,53E+03	1,74E+03	1,64E+03	1,55E+03

i³

Ko/(cp+ α-)	Ko/(cp- α+)	Ko/(cp- αo)	Ko/(cp- α-)	K-/ (cpo α+)	K-/ (cpo α-)	K-/ (cpo αo)	K-/ (cp+ α+)
2,05E+02	2,01E+02	2,08E+02	2,16E+02	1,93E+02	2,08E+02	2,00E+02	1,89E+02
2,73E+02	2,62E+02	2,73E+02	2,85E+02	2,55E+02	2,77E+02	2,65E+02	2,50E+02
3,20E+02	3,03E+02	3,17E+02	3,32E+02	2,96E+02	3,24E+02	3,09E+02	2,90E+02
4,36E+02	4,07E+02	4,28E+02	4,51E+02	3,98E+02	4,41E+02	4,18E+02	3,91E+02
4 60F+02	4 24F+02	4 48F+02	4 75F+02	4 15F+02	4 65F+02	4 39F+02	4 09F+02

K-/(\rho- Cpo)	K-/(\rho+ Cpo)	K-/(\rho- Cp+)	K-/(\rho+ Cp-)	K-/(\rho- Cp-)
4,861E-08	4,767E-08	4,796E-08	4,832E-08	4,891E-08
4,683E-08	4,592E-08	4,617E-08	4,659E-08	4,708E-08
4,429E-08	4,343E-08	4,364E-08	4,408E-08	4,450E-08
4,211E-08	4,129E-08	4,148E-08	4,192E-08	4,230E-08
3,926E-08	3,851E-08	3,867E-08	3,910E-08	3,942E-08

(\rho-)(cp+)(\alpha+)	(\rho-)(cp-)(\alpha+)	(\rho-)(cpo)(\alpha-)	(\rho-)(cp+)(\alpha-)	(\rho-)(cp-)(\alpha-)
1,80E-02	1,77E-02	1,61E-02	1,62E-02	1,60E-02
1,84E-02	1,83E-02	1,63E-02	1,64E-02	1,62E-02
1,87E-02	1,85E-02	1,64E-02	1,64E-02	1,63E-02
1,92E-02	1,90E-02	1,67E-02	1,68E-02	1,66E-02
2,00E-02	1,99E-02	1,72E-02	1,73E-02	1,72E-02

K-/(\rho- \alphao)	K-/(\rho+ \alphao)	K-/(\rho- \alpha+)	K-/(\rho+ \alpha-)	K-/(\rho- \alpha-)
4,02E+02	3,94E+02	3,82E+02	4,16E+02	4,24E+02
4,99E+02	4,89E+02	4,71E+02	5,20E+02	5,30E+02
5,69E+02	5,58E+02	5,35E+02	5,97E+02	6,09E+02
6,16E+02	6,04E+02	5,77E+02	6,48E+02	6,61E+02
6,76E+02	6,64E+02	6,31E+02	7,16E+02	7,29E+02

K-/(\rho+ - \alphao)	K-/(\rho+ \alpha-)	K-/(\rho- \alpha+)	K-/(\rho- \alphao)	K-/(\rho- \alpha-)
7,22E+02	7,61E+02	6,94E+02	7,30E+02	7,71E+02
7,83E+02	8,32E+02	7,47E+02	7,91E+02	8,40E+02
8,13E+02	8,69E+02	7,71E+02	8,21E+02	8,77E+02
8,18E+02	8,78E+02	7,73E+02	8,26E+02	8,86E+02
8,25E+02	8,90E+02	7,76E+02	8,32E+02	8,97E+02

K-/(\rho- Cpo)	K-/(\rho+ Cpo)	K-/(\rho- Cp+)	K-/(\rho+ Cp-)	K-/(\rho- Cp-)
2,283E-07	2,152E-07	2,209E-07	2,227E-07	2,343E-07
1,867E-07	1,788E-07	1,826E-07	1,829E-07	1,906E-07
1,691E-07	1,630E-07	1,661E-07	1,661E-07	1,723E-07
1,531E-07	1,489E-07	1,514E-07	1,506E-07	1,558E-07
1,412E-07	1,374E-07	1,396E-07	1,390E-07	1,435E-07

(\rho-)(cp+)(\alpha+)	(\rho-)(cp-)(\alpha+)	(\rho-)(cpo)(\alpha-)	(\rho-)(cp+)(\alpha-)	(\rho-)(cp-)(\alpha-)
4,72E-02	4,49E-02	4,29E-02	4,40E-02	4,18E-02
6,92E-02	6,64E-02	6,24E-02	6,37E-02	6,11E-02
8,42E-02	8,12E-02	7,56E-02	7,70E-02	7,42E-02
1,04E-01	1,00E-01	9,19E-02	9,35E-02	9,04E-02
1,06E-01	1,03E-01	9,36E-02	9,50E-02	9,21E-02

K-/(\rho- \alphao)	K-/(\rho+ \alphao)	K-/(\rho- \alpha+)	K-/(\rho+ \alpha-)	K-/(\rho- \alpha-)
1,04E+03	9,78E+02	1,00E+03	1,01E+03	1,08E+03
1,22E+03	1,17E+03	1,17E+03	1,22E+03	1,27E+03
1,36E+03	1,32E+03	1,31E+03	1,38E+03	1,43E+03
1,54E+03	1,50E+03	1,46E+03	1,58E+03	1,62E+03
1,66E+03	1,62E+03	1,58E+03	1,72E+03	1,76E+03

K-/(\rho+ - \alphao)	K-/(\rho+ \alpha-)	K-/(\rho- \alpha+)	K-/(\rho- \alphao)	K-/(\rho- \alpha-)
1,95E+02	2,02E+02	1,99E+02	2,06E+02	2,13E+02
2,60E+02	2,71E+02	2,60E+02	2,71E+02	2,82E+02
3,04E+02	3,18E+02	3,01E+02	3,15E+02	3,30E+02
4,11E+02	4,34E+02	4,05E+02	4,26E+02	4,49E+02
4 37F+02	4 58F+02	4 77F+02	4 46F+02	4 77F+02

CAJÁ

T = -100 °C

Difusividade

Teor de água (b.u.)	ρ_{AP} (Kg/m ³) mínimo	ρ_{AP} (Kg/m ³)	ρ_{AP} (Kg/m ³) - máximo	α (m ² /s) - mínimo	α (m ² /s)
6,5	182,72	189,38	196,04	7,45E-08	7,65E-08
10,5	194,37	201,03	207,69	7,39E-08	7,59E-08
20,3	206,11	212,77	219,43	7,33E-08	7,53E-08
39,5	301,08	307,74	314,4	7,22E-08	7,42E-08
61,84	353,16	359,82	366,48	7,16E-08	7,36E-08

Condutividade

Teor de água (b.u.)	ρ_{AP} (Kg/m ³) mínimo	ρ_{AP} (Kg/m ³)	ρ_{AP} (Kg/m ³) - máximo	α (m ² /s) - mínimo	α (m ² /s)
6,5	182,72	189,38	196,04	7,45E-08	7,65E-08
10,5	194,37	201,03	207,69	7,39E-08	7,59E-08
20,3	206,11	212,77	219,43	7,33E-08	7,53E-08
39,5	301,08	307,74	314,4	7,22E-08	7,42E-08
61,84	353,16	359,82	366,48	7,16E-08	7,36E-08

Calor específico

Teor de água (b.u.)	ρ_{AP} (Kg/m ³) mínimo	ρ_{AP} (Kg/m ³)	ρ_{AP} (Kg/m ³)	α (m ² /s) - mínimo	α (m ² /s)
6,5	182,72	189,38	196,04	7,45E-08	7,65E-08
10,5	194,37	201,03	207,69	7,39E-08	7,59E-08
20,3	206,11	212,77	219,43	7,33E-08	7,53E-08
39,5	301,08	307,74	314,4	7,22E-08	7,42E-08
61,84	353,16	359,82	366,48	7,16E-08	7,36E-08

Massa específica

Teor de água (b.u.)	ρ_{AP} (Kg/m ³) mínimo	ρ_{AP} (Kg/m ³)	ρ_{AP} (Kg/m ³) - máximo	α (m ² /s) - mínimo	α (m ² /s)
6,5	182,72	189,38	196,04	7,45E-08	7,65E-08
10,5	194,37	201,03	207,69	7,39E-08	7,59E-08
20,3	206,11	212,77	219,43	7,33E-08	7,53E-08
39,5	301,08	307,74	314,4	7,22E-08	7,42E-08
61,84	353,16	359,82	366,48	7,16E-08	7,36E-08

GRAVIOLA

T = -100 °C

Difusividade

Teor de água (b.u.)	ρ_{AP} (Kg/m ³) mínimo	ρ_{AP} (Kg/m ³)	ρ_{AP} (Kg/m ³) - máximo	α (m ² /s) - mínimo	α (m ² /s)
7,32	414,235	427,935	441,635	5,48E-08	5,67E-08
11,46	415,236	428,936	442,636	4,60E-08	4,79E-08
14,62	415,291	428,991	442,691	4,23E-08	4,43E-08
17,6	415,403	429,103	442,803	3,96E-08	4,15E-08
19,52	416,403	430,103	443,803	3,68E-08	3,88E-08

Condutividade

Teor de água (b.u.)	ρ_{AP} (Kg/m ³) mínimo	ρ_{AP} (Kg/m ³)	ρ_{AP} (Kg/m ³) - máximo	α (m ² /s) - mínimo	α (m ² /s)
7,32	414,235	427,935	441,635	5,48E-08	5,67E-08
11,46	415,236	428,936	442,636	4,60E-08	4,79E-08
14,62	415,291	428,991	442,691	4,23E-08	4,43E-08
17,6	415,403	429,103	442,803	3,96E-08	4,15E-08
19,52	416,403	430,103	443,803	3,68E-08	3,88E-08

Calor específico

Teor de água (b.u.)	ρ_{AP} (Kg/m ³) mínimo	ρ_{AP} (Kg/m ³)	ρ_{AP} (Kg/m ³)	α (m ² /s) - mínimo	α (m ² /s)
7,32	414,235	427,935	441,635	5,48E-08	5,67E-08
11,46	415,236	428,936	442,636	4,60E-08	4,79E-08
14,62	415,291	428,991	442,691	4,23E-08	4,43E-08
17,6	415,403	429,103	442,803	3,96E-08	4,15E-08
19,52	416,403	430,103	443,803	3,68E-08	3,88E-08

Massa específica

Teor de água (b.u.)	ρ_{AP} (Kg/m ³) mínimo	ρ_{AP} (Kg/m ³)	ρ_{AP} (Kg/m ³) - máximo	α (m ² /s) - mínimo	α (m ² /s)
7,32	414,235	427,935	441,635	5,48E-08	5,67E-08
11,46	415,236	428,936	442,636	4,60E-08	4,79E-08
14,62	415,291	428,991	442,691	4,23E-08	4,43E-08

α (m ² /s) - máximo	K (W/ m ⁰ C) - mínimo	K (W/ m ⁰ C)	K (W/ m ⁰ C) - máximo	C _p (cal/g ⁰ C)	C _p (J/Kg ⁰ C) - mínimo
7,85E-08	4,23E-02	0,04401	4,57E-02	6,86E-01	2,731E+03
7,79E-08	4,25E-02	0,04413	4,58E-02	6,77E-01	2,693E+03
7,73E-08	4,54E-02	0,04709	4,88E-02	6,64E-01	2,639E+03
7,62E-08	4,63E-02	0,04801	4,97E-02	4,79E-01	1,865E+03
7,56E-08	4,65E-02	0,04817	4,98E-02	4,21E-01	1,623E+03

α (m ² /s) - máximo	K (W/ m ⁰ C) - mínimo	K (W/ m ⁰ C)	K (W/ m ⁰ C) - máximo	C _p (cal/g ⁰ C)	C _p (J/Kg ⁰ C) - mínimo
7,85E-08	4,23E-02	0,04401	4,57E-02	6,86E-01	2,731E+03
7,79E-08	4,25E-02	0,04413	4,58E-02	6,77E-01	2,693E+03
7,73E-08	4,54E-02	0,04709	4,88E-02	6,64E-01	2,639E+03
7,62E-08	4,63E-02	0,04801	4,97E-02	4,79E-01	1,865E+03
7,56E-08	4,65E-02	0,04817	4,98E-02	4,21E-01	1,623E+03

α (m ² /s) - máximo	K (W/ m ⁰ C) - mínimo	K (W/ m ⁰ C)	K (W/ m ⁰ C) - máximo	C _p (cal/g ⁰ C)	C _p (J/Kg ⁰ C) - mínimo
7,85E-08	4,23E-02	0,04401	4,57E-02	6,86E-01	2,731E+03
7,79E-08	4,25E-02	0,04413	4,58E-02	6,77E-01	2,693E+03
7,73E-08	4,54E-02	0,04709	4,88E-02	6,64E-01	2,639E+03
7,62E-08	4,63E-02	0,04801	4,97E-02	4,79E-01	1,865E+03
7,56E-08	4,65E-02	0,04817	4,98E-02	4,21E-01	1,623E+03

α (m ² /s) - máximo	K (W/ m ⁰ C) - mínimo	K (W/ m ⁰ C)	K (W/ m ⁰ C) - máximo	C _p (cal/g ⁰ C)	C _p (J/Kg ⁰ C) - mínimo
7,85E-08	4,23E-02	0,04401	4,57E-02	6,86E-01	2,731E+03
7,79E-08	4,25E-02	0,04413	4,58E-02	6,77E-01	2,693E+03
7,73E-08	4,54E-02	0,04709	4,88E-02	6,64E-01	2,639E+03
7,62E-08	4,63E-02	0,04801	4,97E-02	4,79E-01	1,865E+03
7,56E-08	4,65E-02	0,04817	4,98E-02	4,21E-01	1,623E+03

α (m ² /s) - máximo	K (W/ m ⁰ C) - mínimo	K (W/ m ⁰ C)	K (W/ m ⁰ C) - máximo	C _p (cal/g ⁰ C)	C _p (J/Kg ⁰ C) - mínimo
5,87E-08	2,08E-02	0,02153	2,23E-02	0,203	8,268E+02
4,99E-08	2,22E-02	0,02297	2,37E-02	0,273	1,119E+03
4,62E-08	2,30E-02	0,02373	2,45E-02	0,284	1,165E+03
4,35E-08	2,34E-02	0,02411	2,48E-02	0,333	1,370E+03
4,07E-08	2,52E-02	0,02589	2,66E-02	0,362	1,501E+03

α (m ² /s) - máximo	K (W/ m ⁰ C) - mínimo	K (W/ m ⁰ C)	K (W/ m ⁰ C) - máximo	C _p (cal/g ⁰ C)	C _p (J/Kg ⁰ C) - mínimo
5,87E-08	2,18E-02	0,02253	2,33E-02	0,203	8,268E+02
4,99E-08	2,32E-02	0,02397	2,47E-02	0,273	1,119E+03
4,62E-08	2,40E-02	0,02473	2,55E-02	0,284	1,165E+03
4,35E-08	2,44E-02	0,02511	2,58E-02	0,333	1,370E+03
4,07E-08	2,62E-02	0,02689	2,76E-02	0,362	1,491E+03

α (m ² /s) - máximo	K (W/ m ⁰ C) - mínimo	K (W/ m ⁰ C)	K (W/ m ⁰ C) - máximo	C _p (cal/g ⁰ C)	C _p (J/Kg ⁰ C) - mínimo
5,87E-08	2,08E-02	0,02153	2,23E-02	0,203	8,268E+02
4,99E-08	2,22E-02	0,02297	2,37E-02	0,273	1,119E+03
4,62E-08	2,30E-02	0,02373	2,45E-02	0,284	1,165E+03
4,35E-08	2,34E-02	0,02411	2,48E-02	0,333	1,370E+03
4,07E-08	2,52E-02	0,02589	2,66E-02	0,362	1,491E+03

α (m ² /s) - máximo	K (W/ m ⁰ C) - mínimo	K (W/ m ⁰ C)	K (W/ m ⁰ C) - máximo	C _p (cal/g ⁰ C)	C _p (J/Kg ⁰ C) - mínimo
5,87E-08	2,08E-02	0,02153	2,23E-02	0,203	8,268E+02
4,99E-08	2,22E-02	0,02297	2,37E-02	0,273	1,119E+03
4,62E-08	2,30E-02	0,02373	2,45E-02	0,284	1,165E+03

C_p (J/Kg ⁰ C)	C_p (J/Kg ⁰ C) - máximo	$K+/(p+ Cp+)$	$K+/(p0 Cp-)$	$K+/(p0 Cp0)$	$K+/(p0 Cp+)$	$K+/(p- Cp0)$
2,867E+03	3,004E+03	7,756E-08	8,834E-08	8,412E-08	8,028E-08	8,718E-08
2,830E+03	2,967E+03	7,433E-08	8,460E-08	8,051E-08	7,679E-08	8,327E-08
2,776E+03	2,912E+03	7,630E-08	8,685E-08	8,257E-08	7,869E-08	8,524E-08
2,002E+03	2,139E+03	7,387E-08	8,655E-08	8,063E-08	7,547E-08	8,241E-08
1,760E+03	1,897E+03	7,170E-08	8,535E-08	7,871E-08	7,303E-08	8,020E-08

C_p (J/Kg ⁰ C)	C_p (J/Kg ⁰ C) - máximo	$(p0)(cp0)(a0)$	$(p0)(cp+)(a0)$	$(p0)(cp-)(a0)$	$(p0)(cp0)(a+)$	$(p0)(cp+)(a+)$
2,867E+03	3,004E+03	4,15E-02	4,35E-02	3,96E-02	4,26E-02	4,47E-02
2,830E+03	2,967E+03	4,32E-02	4,53E-02	4,11E-02	4,43E-02	4,65E-02
2,776E+03	2,912E+03	4,45E-02	4,67E-02	4,23E-02	4,57E-02	4,79E-02
2,002E+03	2,139E+03	4,57E-02	4,88E-02	4,26E-02	4,70E-02	5,02E-02
1,760E+03	1,897E+03	4,66E-02	5,02E-02	4,30E-02	4,79E-02	5,16E-02

C_p (J/Kg ⁰ C)	C_p (J/Kg ⁰ C) - máximo	$K+/(p+ a+)$	$K+/(p0 a-)$	$K+/(p0 a0)$	$K+/(p0 a+)$	$K+/(p- a0)$
2,867E+03	3,004E+03	2,97E+03	3,24E+03	3,15E+03	3,07E+03	3,27E+03
2,830E+03	2,967E+03	2,83E+03	3,08E+03	3,00E+03	2,92E+03	3,10E+03
2,776E+03	2,912E+03	2,87E+03	3,13E+03	3,04E+03	2,96E+03	3,14E+03
2,002E+03	2,139E+03	2,07E+03	2,24E+03	2,18E+03	2,12E+03	2,22E+03
1,760E+03	1,897E+03	1,80E+03	1,94E+03	1,88E+03	1,83E+03	1,92E+03

C_p (J/Kg ⁰ C)	C_p (J/Kg ⁰ C) - máximo	$K+/(cp0 a+)$	$K+/(cp0 a-)$	$K+/(cp0 a0)$	$K+/(cp+ a+)$	$K+/(cp+ a0)$
2,867E+03	3,004E+03	2,029E+02	2,139E+02	2,082E+02	1,936E+02	1,987E+02
2,830E+03	2,967E+03	2,077E+02	2,191E+02	2,132E+02	1,981E+02	2,034E+02
2,776E+03	2,912E+03	2,272E+02	2,397E+02	2,333E+02	2,165E+02	2,223E+02
2,002E+03	2,139E+03	3,255E+02	3,438E+02	3,344E+02	3,047E+02	3,130E+02
1,760E+03	1,897E+03	3,745E+02	3,957E+02	3,848E+02	3,475E+02	3,570E+02

C_p (J/Kg ⁰ C)	C_p (J/Kg ⁰ C) - máximo	$K+/(p+ Cp+)$	$K+/(p0 Cp-)$	$K+/(p0 Cp0)$	$K+/(p0 Cp+)$	$K+/(p- Cp0)$
8,485E+02	8,702E+02	5,792E-08	6,292E-08	6,131E-08	5,978E-08	6,334E-08
1,141E+03	1,163E+03	4,605E-08	4,936E-08	4,842E-08	4,752E-08	5,002E-08
1,187E+03	1,209E+03	4,571E-08	4,893E-08	4,803E-08	4,717E-08	4,962E-08
1,392E+03	1,414E+03	3,969E-08	4,225E-08	4,159E-08	4,095E-08	4,296E-08
1,513E+03	1,535E+03	3,908E-08	4,122E-08	4,091E-08	4,033E-08	4,225E-08

C_p (J/Kg ⁰ C)	C_p (J/Kg ⁰ C) - máximo	$(p0)(cp0)(a0)$	$(p0)(cp+)(a0)$	$(p0)(cp-)(a0)$	$(p0)(cp0)(a+)$	$(p0)(cp+)(a+)$
8,485E+02	8,702E+02	2,06E-02	2,11E-02	2,01E-02	2,13E-02	2,18E-02
1,141E+03	1,163E+03	2,35E-02	2,39E-02	2,30E-02	2,44E-02	2,49E-02
1,187E+03	1,209E+03	2,25E-02	2,29E-02	2,21E-02	2,35E-02	2,40E-02
1,392E+03	1,414E+03	2,48E-02	2,52E-02	2,44E-02	2,60E-02	2,64E-02
1,513E+03	1,535E+03	2,52E-02	2,56E-02	2,49E-02	2,65E-02	2,69E-02

C_p (J/Kg ⁰ C)	C_p (J/Kg ⁰ C) - máximo	$K+/(p+ a+)$	$K+/(p0 a-)$	$K+/(p0 a0)$	$K+/(p0 a+)$	$K+/(p- a0)$
8,485E+02	8,702E+02	8,59E+02	9,50E+02	9,17E+02	8,87E+02	9,48E+02
1,141E+03	1,163E+03	1,07E+03	1,20E+03	1,15E+03	1,11E+03	1,19E+03
1,187E+03	1,209E+03	1,20E+03	1,35E+03	1,29E+03	1,23E+03	1,33E+03
1,392E+03	1,414E+03	1,29E+03	1,46E+03	1,39E+03	1,33E+03	1,44E+03
1,513E+03	1,535E+03	1,47E+03	1,68E+03	1,60E+03	1,52E+03	1,65E+03

C_p (J/Kg ⁰ C)	C_p (J/Kg ⁰ C) - máximo	$K+/(cp0 a+)$	$K+/(cp0 a-)$	$K+/(cp0 a0)$	$K+/(cp+ a+)$	$K+/(cp+ a0)$
8,485E+02	8,702E+02	4,472E+02	4,792E+02	4,626E+02	4,360E+02	4,511E+02
1,141E+03	1,163E+03	4,162E+02	4,517E+02	4,333E+02	4,085E+02	4,252E+02
1,187E+03	1,209E+03	4,459E+02	4,873E+02	4,657E+02	4,379E+02	4,573E+02

K+/(p+ Cp0)	K+/(p- Cp+)	K+/(p+ Cp-)	K+/(p- Cp-)	Ko/(p+ Cp+)	Ko/(p0 Cp-)	Ko/(p0 Cp0)
8,126E-08	8,534E-08	8,321E-08	9,156E-08	7,472E-08	8,511E-08	8,104E-08
7,793E-08	8,189E-08	7,942E-08	8,750E-08	7,162E-08	8,152E-08	7,757E-08
8,006E-08	8,422E-08	8,123E-08	8,966E-08	7,368E-08	8,388E-08	7,974E-08
7,892E-08	8,471E-08	7,714E-08	8,846E-08	7,139E-08	8,364E-08	7,792E-08
7,728E-08	8,380E-08	7,441E-08	8,696E-08	6,930E-08	8,249E-08	7,607E-08

(p0)(cp-)(a+)	(p0)(cp0)(a-)	(p0)(cp+)(a-)	(p0)(cp-)(a-)	(p+)(cp0)(a0)	(p+)(cp+)(a0)	(p+)(cp-)(a0)
4,06E-02	4,04E-02	4,24E-02	3,85E-02	4,30E-02	4,51E-02	4,10E-02
4,22E-02	4,20E-02	4,41E-02	4,00E-02	4,46E-02	4,68E-02	4,25E-02
4,34E-02	4,33E-02	4,54E-02	4,11E-02	4,59E-02	4,81E-02	4,36E-02
4,38E-02	4,45E-02	4,75E-02	4,14E-02	4,67E-02	4,99E-02	4,35E-02
4,42E-02	4,53E-02	4,89E-02	4,18E-02	4,75E-02	5,12E-02	4,38E-02

K+/(p+ a0)	K+/(p- a+)	K+/(p+ Cp-)	K+/(p- a-)	Ko/(p+ a+)	Ko/(p0 a-)	Ko/(p0 a0)
3,05E+03	3,18E+03	3,13E+03	3,36E+03	2,86E+03	3,12E+03	3,04E+03
2,91E+03	3,02E+03	2,98E+03	3,19E+03	2,73E+03	2,97E+03	2,89E+03
2,95E+03	3,06E+03	3,03E+03	3,23E+03	2,78E+03	3,02E+03	2,94E+03
2,13E+03	2,16E+03	2,19E+03	2,29E+03	2,00E+03	2,16E+03	2,10E+03
1,85E+03	1,87E+03	1,90E+03	1,97E+03	1,74E+03	1,87E+03	1,82E+03

K+/(cp+ a-)	K+/(cp- a+)	K+/(cp- a0)	K+/(cp- a-)	Ko/(cp0 a+)	Ko/(cp0 a-)	Ko/(cp0 a0)
2,041E+02	2,13E+02	2,19E+02	2,19E+02	1,95E+02	2,06E+02	2,01E+02
2,090E+02	2,18E+02	2,24E+02	2,24E+02	2,00E+02	2,11E+02	2,05E+02
2,285E+02	2,39E+02	2,45E+02	2,45E+02	2,19E+02	2,32E+02	2,25E+02
3,218E+02	3,49E+02	3,59E+02	3,59E+02	3,15E+02	3,32E+02	3,23E+02
3,671E+02	4,06E+02	4,17E+02	4,17E+02	3,62E+02	3,82E+02	3,72E+02

K+/(p+ Cp0)	K+/(p- Cp+)	K+/(p+ Cp-)	K+/(p- Cp-)	Ko/(p+ Cp+)	Ko/(p0 Cp-)	Ko/(p0 Cp0)
5,941E-08	6,096E-08	6,176E-08	6,500E-08	5,602E-08	6,085E-08	5,929E-08
4,692E-08	4,783E-08	4,909E-08	5,099E-08	4,463E-08	4,784E-08	4,693E-08
4,655E-08	4,741E-08	4,873E-08	5,054E-08	4,434E-08	4,746E-08	4,660E-08
4,030E-08	4,094E-08	4,230E-08	4,364E-08	3,852E-08	4,101E-08	4,037E-08
3,964E-08	3,995E-08	4,165E-08	4,258E-08	3,801E-08	4,009E-08	3,978E-08

(p0)(cp-)(a+)	(p0)(cp0)(a-)	(p0)(cp+)(a-)	(p0)(cp-)(a-)	(p+)(cp0)(a0)	(p+)(cp+)(a0)	(p+)(cp-)(a0)
2,08E-02	1,99E-02	2,04E-02	1,94E-02	2,13E-02	2,18E-02	2,07E-02
2,40E-02	2,25E-02	2,29E-02	2,21E-02	2,42E-02	2,47E-02	2,38E-02
2,31E-02	2,15E-02	2,19E-02	2,11E-02	2,33E-02	2,37E-02	2,28E-02
2,56E-02	2,36E-02	2,40E-02	2,33E-02	2,56E-02	2,60E-02	2,52E-02
2,61E-02	2,39E-02	2,43E-02	2,36E-02	2,60E-02	2,64E-02	2,57E-02

K+/(p+ a0)	K+/(p- a+)	K+/(p+ Cp-)	K+/(p- a-)	Ko/(p+ a+)	Ko/(p0 a-)	Ko/(p0 a0)
8,89E+02	9,16E+02	9,21E+02	9,82E+02	8,31E+02	9,19E+02	8,87E+02
1,12E+03	1,14E+03	1,16E+03	1,24E+03	1,04E+03	1,16E+03	1,12E+03
1,25E+03	1,27E+03	1,31E+03	1,39E+03	1,16E+03	1,31E+03	1,25E+03
1,35E+03	1,38E+03	1,42E+03	1,51E+03	1,25E+03	1,42E+03	1,35E+03
1,55E+03	1,57E+03	1,63E+03	1,74E+03	1,43E+03	1,64E+03	1,55E+03

K+/(cp+ a-)	K+/(cp- a+)	K+/(cp- a0)	K+/(cp- a-)	Ko/(cp0 a+)	Ko/(cp0 a-)	Ko/(cp0 a0)
4,672E+02	4,59E+02	4,75E+02	4,75E+02	4,32E+02	4,63E+02	4,47E+02
4,433E+02	4,24E+02	4,42E+02	4,42E+02	4,03E+02	4,38E+02	4,20E+02
4,785E+02	4,54E+02	4,74E+02	4,74E+02	4,33E+02	4,73E+02	4,52E+02

Difusividade térmica aparente: α (m²/s)

Ko/(ρ_0 Cp+)	Ko/(ρ - Cpo)	Ko/(ρ + Cpo)	Ko/(ρ - Cp+)	Ko/(ρ + Cp-)	Ko/(ρ - Cp-)
7,735E-08	8,400E-08	7,829E-08	8,222E-08	8,017E-08	8,821E-08
7,399E-08	8,023E-08	7,509E-08	7,890E-08	7,653E-08	8,431E-08
7,599E-08	8,232E-08	7,732E-08	8,133E-08	7,845E-08	8,659E-08
7,293E-08	7,964E-08	7,627E-08	8,187E-08	7,454E-08	8,549E-08
7,058E-08	7,751E-08	7,469E-08	8,099E-08	7,191E-08	8,405E-08

Condutividade térmica aparente: K (W/ m⁰C)

(ρ)(cpo)(α +	(ρ)(cp+)(α +	(ρ)(cp-)(α +	(ρ)(cpo)(α -)	(ρ)(cp+)(α -)	(ρ)(cp-)(α -)
4,41E-02	4,62E-02	4,20E-02	4,19E-02	4,39E-02	3,99E-02
4,58E-02	4,80E-02	4,36E-02	4,34E-02	4,55E-02	4,13E-02
4,71E-02	4,94E-02	4,48E-02	4,46E-02	4,68E-02	4,24E-02
4,80E-02	5,13E-02	4,47E-02	4,54E-02	4,85E-02	4,23E-02
4,88E-02	5,26E-02	4,50E-02	4,62E-02	4,98E-02	4,26E-02

Calor específico aparente: C_p (J/Kg °C)

Ko/(ρ_0 α +	Ko/(ρ - α_0)	Ko/(ρ + α_0)	Ko/(ρ - Cp+)	Ko/(ρ + α -)	Ko/(ρ - α -)
2,96E+03	3,15E+03	2,93E+03	3,07E+03	3,01E+03	3,23E+03
2,82E+03	2,99E+03	2,80E+03	2,91E+03	2,88E+03	3,07E+03
2,86E+03	3,03E+03	2,85E+03	2,95E+03	2,93E+03	3,12E+03
2,05E+03	2,15E+03	2,06E+03	2,09E+03	2,12E+03	2,21E+03
1,77E+03	1,85E+03	1,79E+03	1,80E+03	1,84E+03	1,91E+03

Massa específica aparente: (Kg/m³)

Ko/(cp+ α +	Ko/(cp+ - α_0)	Ko/(cp+ α -)	Ko/(cp- α +	Ko/(cp- α_0)	Ko/(cp- α -)
1,87E+02	1,91E+02	1,97E+02	2,05E+02	2,11E+02	2,16E+02
1,91E+02	1,96E+02	2,01E+02	2,10E+02	2,16E+02	2,22E+02
2,09E+02	2,15E+02	2,21E+02	2,31E+02	2,37E+02	2,44E+02
2,94E+02	3,02E+02	3,11E+02	3,38E+02	3,47E+02	3,57E+02
3,36E+02	3,45E+02	3,55E+02	3,93E+02	4,03E+02	4,15E+02

Difusividade térmica aparente: α (m²/s)

Ko/(ρ_0 Cp+)	Ko/(ρ - Cpo)	Ko/(ρ + Cpo)	Ko/(ρ - Cp+)	Ko/(ρ + Cp-)	Ko/(ρ - Cp-)
5,781E-08	6,125E-08	5,745E-08	5,896E-08	5,973E-08	6,286E-08
4,605E-08	4,848E-08	4,548E-08	4,636E-08	4,757E-08	4,942E-08
4,576E-08	4,813E-08	4,515E-08	4,600E-08	4,727E-08	4,903E-08
3,975E-08	4,170E-08	3,912E-08	3,974E-08	4,106E-08	4,236E-08
3,922E-08	4,109E-08	3,855E-08	3,885E-08	4,051E-08	4,141E-08

Condutividade térmica aparente: K (W/ m⁰C)

(ρ)(cpo)(α +	(ρ)(cp+)(α +	(ρ)(cp-)(α +	(ρ)(cpo)(α -)	(ρ)(cp+)(α -)	(ρ)(cp-)(α -)
2,20E-02	2,25E-02	2,14E-02	2,05E-02	2,10E-02	2,00E-02
2,52E-02	2,57E-02	2,47E-02	2,32E-02	2,37E-02	2,28E-02
2,43E-02	2,47E-02	2,38E-02	2,22E-02	2,26E-02	2,18E-02
2,68E-02	2,72E-02	2,64E-02	2,44E-02	2,48E-02	2,40E-02
2,73E-02	2,77E-02	2,70E-02	2,47E-02	2,51E-02	2,44E-02

Calor específico aparente: C_p (J/Kg °C)

Ko/(ρ_0 α +	Ko/(ρ - α_0)	Ko/(ρ + α_0)	Ko/(ρ - Cp+)	Ko/(ρ + α -)	Ko/(ρ - α -)
8,58E+02	9,17E+02	8,60E+02	8,86E+02	8,90E+02	9,49E+02
1,07E+03	1,15E+03	1,08E+03	1,11E+03	1,13E+03	1,20E+03
1,20E+03	1,29E+03	1,21E+03	1,24E+03	1,27E+03	1,35E+03
1,29E+03	1,40E+03	1,31E+03	1,33E+03	1,38E+03	1,47E+03
1,48E+03	1,60E+03	1,51E+03	1,53E+03	1,59E+03	1,69E+03

Massa específica aparente: (Kg/m³)

Ko/(cp+ α +	Ko/(cp+ - α_0)	Ko/(cp+ α -)	Ko/(cp- α +	Ko/(cp- α_0)	Ko/(cp- α -)
4,22E+02	4,36E+02	4,52E+02	4,44E+02	4,59E+02	4,76E+02
3,96E+02	4,12E+02	4,30E+02	4,11E+02	4,28E+02	4,46E+02
4,25E+02	4,44E+02	4,64E+02	4,41E+02	4,60E+02	4,81E+02

K-/(\rho+ Cp+)	K-/(\rho Cp-)	K-/(\rho Cp)	K-/(\rho Cp+)	K-/(\rho- Cp)	K-/(\rho+ Cp)	K-/(\rho- Cp+)
7,189E-08	8,188E-08	7,797E-08	7,441E-08	8,081E-08	7,532E-08	7,910E-08
6,891E-08	7,843E-08	7,464E-08	7,119E-08	7,719E-08	7,224E-08	7,592E-08
7,107E-08	8,090E-08	7,691E-08	7,330E-08	7,940E-08	7,458E-08	7,845E-08
6,890E-08	8,073E-08	7,521E-08	7,039E-08	7,687E-08	7,361E-08	7,902E-08
6,690E-08	7,963E-08	7,344E-08	6,813E-08	7,482E-08	7,210E-08	7,819E-08

(\rho-)(c\rho)(\alpha)	(\rho-)(cp+)(\alpha)	(\rho-)(cp-)(\alpha)	(\rho-)(c\rho)(\alpha+)	(\rho-)(cp+)(\alpha+)	(\rho-)(cp-)(\alpha+)	(\rho-)(c\rho)(\alpha-)
4,01E-02	4,20E-02	3,82E-02	4,11E-02	4,31E-02	3,92E-02	3,90E-02
4,17E-02	4,38E-02	3,97E-02	4,29E-02	4,49E-02	4,08E-02	4,06E-02
4,31E-02	4,52E-02	4,10E-02	4,42E-02	4,64E-02	4,20E-02	4,19E-02
4,47E-02	4,78E-02	4,17E-02	4,59E-02	4,91E-02	4,28E-02	4,35E-02
4,57E-02	4,93E-02	4,22E-02	4,70E-02	5,07E-02	4,33E-02	4,45E-02

K-/(\rho+ \alpha+)	K-/(\rho \alpha-)	K-/(\rho \alpha)	K-/(\rho \alpha+)	K-/(\rho- \alpha)	K-/(\rho+ \alpha)	K-/(\rho- \alpha+)
2,75E+03	3,00E+03	2,92E+03	2,85E+03	3,03E+03	2,82E+03	2,95E+03
2,62E+03	2,86E+03	2,78E+03	2,71E+03	2,88E+03	2,69E+03	2,80E+03
2,68E+03	2,91E+03	2,83E+03	2,76E+03	2,93E+03	2,75E+03	2,85E+03
1,93E+03	2,09E+03	2,03E+03	1,98E+03	2,07E+03	1,99E+03	2,02E+03
1,68E+03	1,81E+03	1,76E+03	1,71E+03	1,79E+03	1,72E+03	1,74E+03

K-/(\rho \alpha+)	K-/(\rho \alpha-)	K-/(\rho \alpha)	K-/(\rho+ \alpha+)	K-/(\rho+ \alpha-)	K-/(\rho+ \alpha-)	K-/(\rho- \alpha+)
1,88E+02	1,98E+02	1,93E+02	1,79E+02	1,84E+02	1,89E+02	1,97E+02
1,93E+02	2,03E+02	1,98E+02	1,84E+02	1,89E+02	1,94E+02	2,02E+02
2,12E+02	2,23E+02	2,17E+02	2,02E+02	2,07E+02	2,13E+02	2,23E+02
3,04E+02	3,21E+02	3,12E+02	2,84E+02	2,92E+02	3,00E+02	3,26E+02
3,49E+02	3,69E+02	3,59E+02	3,24E+02	3,33E+02	3,42E+02	3,79E+02

K-/(\rho+ Cp+)	K-/(\rho Cp-)	K-/(\rho Cp)	K-/(\rho Cp+)	K-/(\rho- Cp)	K-/(\rho+ Cp)	K-/(\rho- Cp+)
5,412E-08	5,878E-08	5,728E-08	5,585E-08	5,917E-08	5,550E-08	5,696E-08
4,320E-08	4,631E-08	4,543E-08	4,458E-08	4,693E-08	4,403E-08	4,488E-08
4,298E-08	4,600E-08	4,516E-08	4,435E-08	4,665E-08	4,376E-08	4,458E-08
3,735E-08	3,976E-08	3,914E-08	3,854E-08	4,043E-08	3,793E-08	3,853E-08
3,693E-08	3,896E-08	3,866E-08	3,811E-08	3,993E-08	3,746E-08	3,775E-08

(\rho-)(c\rho)(\alpha)	(\rho-)(cp+)(\alpha)	(\rho-)(cp-)(\alpha)	(\rho-)(c\rho)(\alpha+)	(\rho-)(cp+)(\alpha+)	(\rho-)(cp-)(\alpha+)	(\rho-)(c\rho)(\alpha-)
1,99E-02	2,04E-02	1,94E-02	2,06E-02	2,11E-02	2,01E-02	1,92E-02
2,27E-02	2,31E-02	2,23E-02	2,36E-02	2,41E-02	2,32E-02	2,18E-02
2,18E-02	2,22E-02	2,14E-02	2,28E-02	2,32E-02	2,24E-02	2,08E-02
2,40E-02	2,44E-02	2,36E-02	2,51E-02	2,55E-02	2,48E-02	2,29E-02
2,44E-02	2,48E-02	2,41E-02	2,57E-02	2,60E-02	2,53E-02	2,32E-02

K-/(\rho+ \alpha+)	K-/(\rho \alpha-)	K-/(\rho \alpha)	K-/(\rho \alpha+)	K-/(\rho- \alpha)	K-/(\rho+ \alpha)	K-/(\rho- \alpha+)
8,03E+02	8,88E+02	8,57E+02	8,28E+02	8,85E+02	8,30E+02	8,56E+02
1,01E+03	1,13E+03	1,08E+03	1,04E+03	1,12E+03	1,05E+03	1,07E+03
1,12E+03	1,27E+03	1,21E+03	1,16E+03	1,25E+03	1,17E+03	1,20E+03
1,21E+03	1,38E+03	1,31E+03	1,25E+03	1,36E+03	1,27E+03	1,29E+03
1,39E+03	1,59E+03	1,51E+03	1,44E+03	1,56E+03	1,46E+03	1,48E+03

K-/(\rho \alpha+)	K-/(\rho \alpha-)	K-/(\rho \alpha)	K-/(\rho+ \alpha+)	K-/(\rho+ \alpha-)	K-/(\rho+ \alpha-)	K-/(\rho- \alpha+)
4,18E+02	4,48E+02	4,32E+02	4,07E+02	4,21E+02	4,37E+02	4,29E+02
3,91E+02	4,24E+02	4,06E+02	3,83E+02	3,99E+02	4,16E+02	3,98E+02
4,19E+02	4,58E+02	4,38E+02	4,12E+02	4,30E+02	4,50E+02	4,27E+02

$K-/(\rho+ C\rho-)$	$K-/(\rho- C\rho-)$
7,713E-08	8,486E-08
7,363E-08	8,112E-08
7,566E-08	8,352E-08
7,195E-08	8,251E-08
6,942E-08	8,113E-08

$(\rho-)(c\rho+)(\alpha-)$	$(\rho-)(c\rho-)(\alpha-)$
4,09E-02	3,72E-02
4,26E-02	3,87E-02
4,40E-02	3,99E-02
4,65E-02	4,05E-02
4,79E-02	4,10E-02

$K-/(\rho+ \alpha-)$	$K-/(\rho- \alpha-)$
2,90E+03	3,11E+03
2,77E+03	2,96E+03
2,82E+03	3,01E+03
2,04E+03	2,13E+03
1,77E+03	1,84E+03

$K-/(\rho- \alpha_0)$	$K-/(\rho- \alpha-)$
2,03E+02	2,08E+02
2,08E+02	2,13E+02
2,29E+02	2,35E+02
3,35E+02	3,44E+02
3,89E+02	4,00E+02

$K-/(\rho+ C\rho-)$	$K-/(\rho- C\rho-)$
5,769E-08	6,072E-08
4,606E-08	4,784E-08
4,581E-08	4,752E-08
3,981E-08	4,107E-08
3,936E-08	4,024E-08

$(\rho-)(c\rho+)(\alpha-)$	$(\rho-)(c\rho-)(\alpha-)$
1,97E-02	1,88E-02
2,22E-02	2,14E-02
2,12E-02	2,05E-02
2,32E-02	2,25E-02
2,35E-02	2,29E-02

$K-/(\rho+ \alpha-)$	$K-/(\rho- \alpha-)$
8,60E+02	9,17E+02
1,09E+03	1,16E+03
1,23E+03	1,31E+03
1,33E+03	1,42E+03
1,54E+03	1,64E+03

$K-/(\rho- \alpha_0)$	$K-/(\rho- \alpha-)$
4,44E+02	4,59E+02
4,14E+02	4,32E+02
4,46E+02	4,67E+02

TAMARINDO

T = -100 °C

Difusividade

Teor de água (b.u.)	ρ_{AP} (Kg/m ³) mínimo	ρ_{AP} (Kg/m ³)	ρ_{AP} (Kg/m ³) - máximo	α (m ² /s) - mínimo	α (m ² /s)
5,89	767,99	775,62	783,25	5,00E-08	5,27E-08
12,34	769,79	777,42	785,05	4,42E-08	4,69E-08
14,67	772,05	779,68	787,31	4,07E-08	4,34E-08
19,5	774,32	781,95	789,58	3,85E-08	4,12E-08
33,5	781,35	788,98	796,61	3,70E-08	3,97E-08

Condutividade

Teor de água (b.u.)	ρ_{AP} (Kg/m ³) mínimo	ρ_{AP} (Kg/m ³)	ρ_{AP} (Kg/m ³) - máximo	α (m ² /s) - mínimo	α (m ² /s)
5,89	767,99	775,62	783,25	5,00E-08	5,27E-08
12,34	769,79	777,42	785,05	4,42E-08	4,69E-08
14,67	772,05	779,68	787,31	4,07E-08	4,34E-08
19,5	774,32	781,95	789,58	3,85E-08	4,12E-08
33,5	781,35	788,98	796,61	3,70E-08	3,97E-08

Calor específico

Teor de água (b.u.)	ρ_{AP} (Kg/m ³) mínimo	ρ_{AP} (Kg/m ³)	ρ_{AP} (Kg/m ³)	α (m ² /s) - mínimo	α (m ² /s)
5,89	767,99	775,62	783,25	5,00E-08	5,27E-08
12,34	769,79	777,42	785,05	4,42E-08	4,69E-08
14,67	772,05	779,68	787,31	4,07E-08	4,34E-08
19,5	774,32	781,95	789,58	3,85E-08	4,12E-08
33,5	781,35	788,98	796,61	3,70E-08	3,97E-08

Massa específica

Teor de água (b.u.)	ρ_{AP} (Kg/m ³) mínimo	ρ_{AP} (Kg/m ³)	ρ_{AP} (Kg/m ³) - máximo	α (m ² /s) - mínimo	α (m ² /s)
5,89	767,99	775,62	783,25	5,00E-08	5,27E-08
12,34	769,79	777,42	785,05	4,42E-08	4,69E-08
14,67	772,05	779,68	787,31	4,07E-08	4,34E-08
19,5	774,32	781,95	789,58	3,85E-08	4,12E-08
33,5	781,35	788,98	796,61	3,70E-08	3,97E-08

UMBU

T = -100 °C

Difusividade

Teor de água (b.u.)	ρ_{AP} (Kg/m ³) mínimo	ρ_{AP} (Kg/m ³)	ρ_{AP} (Kg/m ³) - máximo	α (m ² /s) - mínimo	α (m ² /s)
7,94	352,55	358,51	364,47	4,89E-08	5,68E-08
16,75	357,53	363,49	369,45	5,23E-08	6,02E-08
26,64	373,98	379,94	385,9	5,93E-08	6,71E-08
35,86	378,98	384,94	390,9	6,18E-08	6,97E-08
40,58	384,53	390,49	396,45	6,34E-08	7,12E-08

Condutividade

Teor de água (b.u.)	ρ_{AP} (Kg/m ³) mínimo	ρ_{AP} (Kg/m ³)	ρ_{AP} (Kg/m ³) - máximo	α (m ² /s) - mínimo	α (m ² /s)
7,94	352,55	358,51	364,47	4,89E-08	5,68E-08
16,75	357,53	363,49	369,45	5,23E-08	6,02E-08
26,64	373,98	379,94	385,9	5,93E-08	6,71E-08
35,86	378,98	384,94	390,9	6,18E-08	6,97E-08
40,58	384,53	390,49	396,45	6,34E-08	7,12E-08

Calor específico

Teor de água (b.u.)	ρ_{AP} (Kg/m ³) mínimo	ρ_{AP} (Kg/m ³)	ρ_{AP} (Kg/m ³)	α (m ² /s) - mínimo	α (m ² /s)
7,94	352,55	358,51	364,47	4,89E-08	5,68E-08
16,75	357,53	363,49	369,45	5,23E-08	6,02E-08
26,64	373,98	379,94	385,9	5,93E-08	6,71E-08
35,86	378,98	384,94	390,9	6,18E-08	6,97E-08
40,58	384,53	390,49	396,45	6,34E-08	7,12E-08

Massa específica

Teor de água (b.u.)	ρ_{AP} (Kg/m ³) mínimo	ρ_{AP} (Kg/m ³)	ρ_{AP} (Kg/m ³) - máximo	α (m ² /s) - mínimo	α (m ² /s)
7,94	352,55	358,51	364,47	4,89E-08	5,68E-08
16,75	357,53	363,49	369,45	5,23E-08	6,02E-08
26,64	373,98	379,94	385,9	5,93E-08	6,71E-08

α (m ² /s) - máximo	K (W/ m ⁰ C) - mínimo	K (W/ m ⁰ C)	K (W/ m ⁰ C) - máximo	C _p (cal/g ⁰ C)	C _p (J/Kg ⁰ C) - mínimo
5,54E-08	1,83E-02	0,018724	1,92E-02	0,112	4,423E+02
4,96E-08	2,01E-02	0,020521	2,09E-02	0,126	5,008E+02
4,61E-08	1,97E-02	0,020095	2,05E-02	0,137	5,468E+02
4,39E-08	2,04E-02	0,020837	2,13E-02	0,153	6,136E+02
4,24E-08	2,16E-02	0,022051	2,25E-02	0,162	6,513E+02

α (m ² /s) - máximo	K (W/ m ⁰ C) - mínimo	K (W/ m ⁰ C)	K (W/ m ⁰ C) - máximo	C _p (cal/g ⁰ C)	C _p (J/Kg ⁰ C) - mínimo
5,54E-08	1,83E-02	0,018724	1,92E-02	0,112	4,423E+02
4,96E-08	2,01E-02	0,020521	2,09E-02	0,126	5,008E+02
4,61E-08	1,97E-02	0,020095	2,05E-02	0,137	5,468E+02
4,39E-08	2,04E-02	0,020837	2,13E-02	0,153	6,136E+02
4,24E-08	2,16E-02	0,022051	2,25E-02	0,162	6,513E+02

α (m ² /s) - máximo	K (W/ m ⁰ C) - mínimo	K (W/ m ⁰ C)	K (W/ m ⁰ C) - máximo	C _p (cal/g ⁰ C)	C _p (J/Kg ⁰ C) - mínimo
5,54E-08	1,83E-02	0,018724	1,92E-02	0,112	4,423E+02
4,96E-08	2,01E-02	0,020521	2,09E-02	0,126	5,008E+02
4,61E-08	1,97E-02	0,020095	2,05E-02	0,137	5,468E+02
4,39E-08	2,04E-02	0,020837	2,13E-02	0,153	6,136E+02
4,24E-08	2,16E-02	0,022051	2,25E-02	0,162	6,513E+02

α (m ² /s) - máximo	K (W/ m ⁰ C) - mínimo	K (W/ m ⁰ C)	K (W/ m ⁰ C) - máximo	C _p (cal/g ⁰ C)	C _p (J/Kg ⁰ C) - mínimo
5,54E-08	1,83E-02	0,018724	1,92E-02	0,112	4,423E+02
4,96E-08	2,01E-02	0,020521	2,09E-02	0,126	5,008E+02
4,61E-08	1,97E-02	0,020095	2,05E-02	0,137	5,468E+02
4,39E-08	2,04E-02	0,020837	2,13E-02	0,153	6,136E+02
4,24E-08	2,16E-02	0,022051	2,25E-02	0,162	6,513E+02

α (m ² /s) - máximo	K (W/ m ⁰ C) - mínimo	K (W/ m ⁰ C)	K (W/ m ⁰ C) - máximo	C _p (cal/g ⁰ C)	C _p (J/Kg ⁰ C) - mínimo
5,76E-08	1,86E-02	0,019093	1,96E-02	0,213	8,644E+02
6,09E-08	1,97E-02	0,020197	2,07E-02	0,214	8,686E+02
6,79E-08	2,32E-02	0,023751	2,43E-02	0,219	8,895E+02
7,05E-08	2,45E-02	0,025002	2,55E-02	0,235	9,564E+02
7,20E-08	3,13E-02	0,031824	3,24E-02	0,264	1,078E+03

α (m ² /s) - máximo	K (W/ m ⁰ C) - mínimo	K (W/ m ⁰ C)	K (W/ m ⁰ C) - máximo	C _p (cal/g ⁰ C)	C _p (J/Kg ⁰ C) - mínimo
5,76E-08	1,86E-02	0,019093	1,96E-02	0,213	8,644E+02
6,09E-08	1,97E-02	0,020197	2,07E-02	0,214	8,686E+02
6,79E-08	2,32E-02	0,023751	2,43E-02	0,219	8,895E+02
7,05E-08	2,45E-02	0,025002	2,55E-02	0,235	9,564E+02
7,20E-08	3,13E-02	0,031824	3,24E-02	0,264	1,078E+03

α (m ² /s) - máximo	K (W/ m ⁰ C) - mínimo	K (W/ m ⁰ C)	K (W/ m ⁰ C) - máximo	C _p (cal/g ⁰ C)	C _p (J/Kg ⁰ C) - mínimo
5,76E-08	1,86E-02	0,019093	1,96E-02	0,213	8,644E+02
6,09E-08	1,97E-02	0,020197	2,07E-02	0,214	8,686E+02
6,79E-08	2,32E-02	0,023751	2,43E-02	0,219	8,895E+02
7,05E-08	2,45E-02	0,025002	2,55E-02	0,235	9,564E+02
7,20E-08	3,13E-02	0,031824	3,24E-02	0,264	1,078E+03

α (m ² /s) - máximo	K (W/ m ⁰ C) - mínimo	K (W/ m ⁰ C)	K (W/ m ⁰ C) - máximo	C _p (cal/g ⁰ C)	C _p (J/Kg ⁰ C) - mínimo
5,76E-08	1,86E-02	0,019093	1,96E-02	0,213	8,644E+02
6,09E-08	1,97E-02	0,020197	2,07E-02	0,214	8,686E+02
6,79E-08	2,32E-02	0,023751	2,43E-02	0,219	8,895E+02

C_p (J/Kg ⁰ C)	C_p (J/Kg ⁰ C) - máximo	$K+/(p+ Cp+)$	$K+/(p0 Cp-)$	$K+/(p0 Cp0)$	$K+/(p0 Cp+)$	$K+/(p- Cp0)$
4,682E+02	4,941E+02	4,949E-08	5,583E-08	5,274E-08	4,997E-08	5,326E-08
5,267E+02	5,526E+02	4,829E-08	5,380E-08	5,116E-08	4,876E-08	5,167E-08
5,727E+02	5,986E+02	4,355E-08	4,814E-08	4,596E-08	4,397E-08	4,641E-08
6,395E+02	6,654E+02	4,047E-08	4,431E-08	4,252E-08	4,086E-08	4,294E-08
6,772E+02	7,031E+02	4,013E-08	4,374E-08	4,207E-08	4,052E-08	4,248E-08

C_p (J/Kg ⁰ C)	C_p (J/Kg ⁰ C) - máximo	$(p0)(cp0)(a0)$	$(p0)(cp+)(a0)$	$(p0)(cp-)(a0)$	$(p0)(cp0)(a+)$	$(p0)(cp+)(a+)$
4,682E+02	4,941E+02	1,91E-02	2,02E-02	1,81E-02	2,01E-02	2,12E-02
5,267E+02	5,526E+02	1,92E-02	2,02E-02	1,83E-02	2,03E-02	2,13E-02
5,727E+02	5,986E+02	1,94E-02	2,03E-02	1,85E-02	2,06E-02	2,15E-02
6,395E+02	6,654E+02	2,06E-02	2,14E-02	1,98E-02	2,19E-02	2,28E-02
6,772E+02	7,031E+02	2,12E-02	2,20E-02	2,04E-02	2,27E-02	2,35E-02

C_p (J/Kg ⁰ C)	C_p (J/Kg ⁰ C) - máximo	$K+/(p+ a+)$	$K+/(p0 a-)$	$K+/(p0 a0)$	$K+/(p0 a+)$	$K+/(p- a0)$
4,682E+02	4,941E+02	4,41E+02	4,94E+02	4,68E+02	4,46E+02	4,73E+02
5,267E+02	5,526E+02	5,38E+02	6,09E+02	5,74E+02	5,43E+02	5,80E+02
5,727E+02	5,986E+02	5,65E+02	6,46E+02	6,06E+02	5,71E+02	6,12E+02
6,395E+02	6,654E+02	6,14E+02	7,07E+02	6,60E+02	6,20E+02	6,67E+02
6,772E+02	7,031E+02	6,65E+02	7,70E+02	7,17E+02	6,72E+02	7,24E+02

C_p (J/Kg ⁰ C)	C_p (J/Kg ⁰ C) - máximo	$K+/(cp0 a+)$	$K+/(cp0 a-)$	$K+/(cp0 a0)$	$K+/(cp+ a+)$	$K+/(cp+ a0)$
4,682E+02	4,941E+02	7,382E+02	8,179E+02	7,760E+02	6,995E+02	7,354E+02
5,267E+02	5,526E+02	8,012E+02	8,990E+02	8,473E+02	7,637E+02	8,076E+02
5,727E+02	5,986E+02	7,768E+02	8,798E+02	8,251E+02	7,432E+02	7,894E+02
6,395E+02	6,654E+02	7,579E+02	8,642E+02	8,076E+02	7,284E+02	7,761E+02
6,772E+02	7,031E+02	7,825E+02	8,966E+02	8,357E+02	7,537E+02	8,049E+02

C_p (J/Kg ⁰ C)	C_p (J/Kg ⁰ C) - máximo	$K+/(p+ Cp+)$	$K+/(p0 Cp-)$	$K+/(p0 Cp0)$	$K+/(p0 Cp+)$	$K+/(p- Cp0)$
8,903E+02	9,162E+02	5,877E-08	6,333E-08	6,149E-08	5,975E-08	6,253E-08
8,945E+02	8,948E+02	6,271E-08	6,566E-08	6,376E-08	6,374E-08	6,482E-08
9,154E+02	9,157E+02	6,873E-08	7,186E-08	6,982E-08	6,980E-08	7,094E-08
9,823E+02	9,826E+02	6,649E-08	6,936E-08	6,753E-08	6,752E-08	6,859E-08
1,104E+03	1,104E+03	7,395E-08	7,690E-08	7,509E-08	7,507E-08	7,626E-08

C_p (J/Kg ⁰ C)	C_p (J/Kg ⁰ C) - máximo	$(p0)(cp0)(a0)$	$(p0)(cp+)(a0)$	$(p0)(cp-)(a0)$	$(p0)(cp0)(a+)$	$(p0)(cp+)(a+)$
8,903E+02	9,162E+02	1,81E-02	1,87E-02	1,76E-02	1,84E-02	1,89E-02
8,945E+02	9,204E+02	1,96E-02	2,01E-02	1,90E-02	1,98E-02	2,04E-02
9,154E+02	9,413E+02	2,33E-02	2,40E-02	2,27E-02	2,36E-02	2,43E-02
9,823E+02	1,008E+03	2,64E-02	2,71E-02	2,57E-02	2,67E-02	2,74E-02
1,104E+03	1,129E+03	3,07E-02	3,14E-02	3,00E-02	3,10E-02	3,18E-02

C_p (J/Kg ⁰ C)	C_p (J/Kg ⁰ C) - máximo	$K+/(p+ a+)$	$K+/(p0 a-)$	$K+/(p0 a0)$	$K+/(p0 a+)$	$K+/(p- a0)$
8,903E+02	9,162E+02	9,35E+02	1,12E+03	9,64E+02	9,51E+02	9,80E+02
8,945E+02	9,204E+02	9,21E+02	1,09E+03	9,48E+02	9,36E+02	9,64E+02
9,154E+02	9,413E+02	9,27E+02	1,08E+03	9,52E+02	9,41E+02	9,67E+02
9,823E+02	1,008E+03	9,27E+02	1,07E+03	9,52E+02	9,41E+02	9,67E+02
1,104E+03	1,129E+03	1,13E+03	1,31E+03	1,16E+03	1,15E+03	1,18E+03

C_p (J/Kg ⁰ C)	C_p (J/Kg ⁰ C) - máximo	$K+/(cp0 a+)$	$K+/(cp0 a-)$	$K+/(cp0 a0)$	$K+/(cp+ a+)$	$K+/(cp+ a0)$
8,903E+02	9,162E+02	3,829E+02	4,507E+02	3,882E+02	3,721E+02	3,773E+02
8,945E+02	9,204E+02	3,803E+02	4,433E+02	3,853E+02	3,696E+02	3,745E+02
9,154E+02	9,413E+02	3,907E+02	4,477E+02	3,952E+02	3,799E+02	3,844E+02

K+/(p+ Cp0)	K+/(p- Cp+)	K+/(p+ Cp-)	K+/(p- Cp-)	Ko/(p+ Cp+)	Ko/(p0 Cp-)	Ko/(p0 Cp0)
5,222E-08	5,528E-08	5,047E-08	5,638E-08	4,839E-08	5,458E-08	5,157E-08
5,066E-08	5,328E-08	4,924E-08	5,434E-08	4,730E-08	5,271E-08	5,012E-08
4,552E-08	4,767E-08	4,441E-08	4,861E-08	4,264E-08	4,714E-08	4,501E-08
4,211E-08	4,388E-08	4,127E-08	4,475E-08	3,966E-08	4,343E-08	4,167E-08
4,167E-08	4,332E-08	4,092E-08	4,417E-08	3,937E-08	4,291E-08	4,127E-08

(p0)(cp-)(a+)	(p0)(cp0)(a-)	(p0)(cp+)(a-)	(p0)(cp-)(a-)	(p+)(cp0)(a0)	(p+)(cp+)(a0)	(p+)(cp-)(a0)
1,90E-02	1,82E-02	1,92E-02	1,72E-02	1,93E-02	2,04E-02	1,83E-02
1,93E-02	1,81E-02	1,90E-02	1,72E-02	1,94E-02	2,04E-02	1,85E-02
1,97E-02	1,82E-02	1,90E-02	1,74E-02	1,96E-02	2,05E-02	1,87E-02
2,11E-02	1,92E-02	2,00E-02	1,85E-02	2,08E-02	2,16E-02	1,99E-02
2,18E-02	1,98E-02	2,05E-02	1,90E-02	2,14E-02	2,22E-02	2,06E-02

K+/(p+ a0)	K+/(p- a+)	K+/(p+ Cp-)	K+/(p- a-)	Ko/(p+ a+)	Ko/(p0 a-)	Ko/(p0 a0)
4,64E+02	4,50E+02	4,89E+02	4,99E+02	4,31E+02	4,83E+02	4,58E+02
5,68E+02	5,48E+02	6,03E+02	6,15E+02	5,27E+02	5,97E+02	5,62E+02
6,00E+02	5,76E+02	6,40E+02	6,53E+02	5,53E+02	6,33E+02	5,93E+02
6,54E+02	6,26E+02	7,00E+02	7,14E+02	6,02E+02	6,93E+02	6,47E+02
7,10E+02	6,78E+02	7,62E+02	7,77E+02	6,53E+02	7,55E+02	7,04E+02

K+/(cp+ a-)	K+/(cp- a+)	K+/(cp- a0)	K+/(cp- a-)	Ko/(cp0 a+)	Ko/(cp0 a-)	Ko/(cp0 a0)
7,751E+02	7,81E+02	8,21E+02	8,21E+02	7,22E+02	8,00E+02	7,59E+02
8,569E+02	8,43E+02	8,91E+02	8,91E+02	7,85E+02	8,81E+02	8,30E+02
8,417E+02	8,14E+02	8,64E+02	8,64E+02	7,61E+02	8,62E+02	8,08E+02
8,306E+02	7,90E+02	8,42E+02	8,42E+02	7,43E+02	8,47E+02	7,91E+02
8,636E+02	8,14E+02	8,69E+02	8,69E+02	7,68E+02	8,80E+02	8,20E+02

K+/(p+ Cp0)	K+/(p- Cp+)	K+/(p+ Cp-)	K+/(p- Cp-)	Ko/(p+ Cp+)	Ko/(p0 Cp-)	Ko/(p0 Cp0)
6,048E-08	6,230E-08	6,076E-08	6,440E-08	5,717E-08	6,161E-08	5,982E-08
6,273E-08	6,460E-08	6,480E-08	6,675E-08	6,110E-08	6,397E-08	6,212E-08
6,875E-08	7,075E-08	7,092E-08	7,300E-08	6,721E-08	7,028E-08	6,829E-08
6,650E-08	6,830E-08	6,858E-08	7,045E-08	6,510E-08	6,791E-08	6,612E-08
7,396E-08	7,574E-08	7,624E-08	7,809E-08	7,273E-08	7,563E-08	7,385E-08

(p0)(cp-)(a+)	(p0)(cp0)(a-)	(p0)(cp+)(a-)	(p0)(cp-)(a-)	(p+)(cp0)(a0)	(p+)(cp+)(a0)	(p+)(cp-)(a0)
1,78E-02	1,56E-02	1,61E-02	1,52E-02	1,84E-02	1,90E-02	1,79E-02
1,92E-02	1,70E-02	1,75E-02	1,65E-02	1,99E-02	2,05E-02	1,93E-02
2,30E-02	2,06E-02	2,12E-02	2,00E-02	2,37E-02	2,44E-02	2,30E-02
2,60E-02	2,34E-02	2,40E-02	2,28E-02	2,68E-02	2,75E-02	2,61E-02
3,03E-02	2,73E-02	2,79E-02	2,67E-02	3,12E-02	3,19E-02	3,04E-02

K+/(p+ a0)	K+/(p- a+)	K+/(p+ Cp-)	K+/(p- a-)	Ko/(p+ a+)	Ko/(p0 a-)	Ko/(p0 a0)
9,48E+02	9,67E+02	1,10E+03	1,14E+03	9,10E+02	1,09E+03	9,38E+02
9,33E+02	9,52E+02	1,07E+03	1,11E+03	8,97E+02	1,06E+03	9,24E+02
9,38E+02	9,56E+02	1,06E+03	1,10E+03	9,06E+02	1,06E+03	9,31E+02
9,37E+02	9,56E+02	1,06E+03	1,09E+03	9,07E+02	1,05E+03	9,32E+02
1,15E+03	1,17E+03	1,29E+03	1,33E+03	1,11E+03	1,29E+03	1,14E+03

K+/(cp+ a-)	K+/(cp- a+)	K+/(cp- a0)	K+/(cp- a-)	Ko/(cp0 a+)	Ko/(cp0 a-)	Ko/(cp0 a0)
4,380E+02	3,94E+02	4,00E+02	4,00E+02	3,73E+02	4,38E+02	3,78E+02
4,308E+02	3,92E+02	3,97E+02	3,97E+02	3,71E+02	4,32E+02	3,75E+02
4,354E+02	4,02E+02	4,07E+02	4,07E+02	3,82E+02	4,38E+02	3,87E+02

Difusividade térmica aparente: α (m²/s)

Ko/(ρ_0 Cp+)	Ko/(ρ - Cpo)	Ko/(ρ + Cpo)	Ko/(ρ - Cp+)	Ko/(ρ + Cp-)	Ko/(ρ - Cp-)
4,886E-08	5,208E-08	5,106E-08	5,405E-08	4,935E-08	5,513E-08
4,777E-08	5,062E-08	4,963E-08	5,220E-08	4,824E-08	5,323E-08
4,306E-08	4,545E-08	4,457E-08	4,668E-08	4,348E-08	4,760E-08
4,004E-08	4,208E-08	4,126E-08	4,301E-08	4,044E-08	4,385E-08
3,975E-08	4,168E-08	4,088E-08	4,250E-08	4,014E-08	4,333E-08

Condutividade térmica aparente: K (W/ m °C)

(ρ)/(cpo)(α +	(ρ)/(cp+)(α +	(ρ)/(cp-)(α +	(ρ)/(cpo)(α -)	(ρ)/(cp+)(α -)	(ρ)/(cp-)(α -)
2,03E-02	2,14E-02	1,92E-02	1,83E-02	1,94E-02	1,73E-02
2,05E-02	2,15E-02	1,95E-02	1,83E-02	1,92E-02	1,74E-02
2,08E-02	2,17E-02	1,99E-02	1,84E-02	1,92E-02	1,75E-02
2,22E-02	2,31E-02	2,13E-02	1,94E-02	2,02E-02	1,86E-02
2,29E-02	2,38E-02	2,20E-02	2,00E-02	2,07E-02	1,92E-02

Calor específico aparente: Cp(J/Kg °C)

Ko/(ρ_0 α +	Ko/(ρ - α_0)	Ko/(ρ + α_0)	Ko/(ρ - Cp+)	Ko/(ρ + α -)	Ko/(ρ - α -)
4,36E+02	4,63E+02	4,54E+02	4,40E+02	4,78E+02	4,88E+02
5,32E+02	5,68E+02	5,57E+02	5,37E+02	5,91E+02	6,03E+02
5,59E+02	5,99E+02	5,88E+02	5,64E+02	6,27E+02	6,39E+02
6,07E+02	6,54E+02	6,41E+02	6,13E+02	6,86E+02	7,00E+02
6,59E+02	7,11E+02	6,97E+02	6,65E+02	7,48E+02	7,62E+02

Massa específica aparente: (Kg/m³)

Ko/(cp+ α +	Ko/(cp+ - α_0)	Ko/(cp+ α -)	Ko/(cp- α +	Ko/(cp- α_0)	Ko/(cp- α -)
6,84E+02	7,19E+02	7,58E+02	7,64E+02	8,03E+02	8,47E+02
7,48E+02	7,91E+02	8,39E+02	8,26E+02	8,73E+02	9,26E+02
7,28E+02	7,73E+02	8,24E+02	7,97E+02	8,46E+02	9,02E+02
7,14E+02	7,61E+02	8,14E+02	7,74E+02	8,25E+02	8,83E+02
7,39E+02	7,90E+02	8,47E+02	7,98E+02	8,52E+02	9,15E+02

Difusividade térmica aparente: α (m²/s)

Ko/(ρ_0 Cp+)	Ko/(ρ - Cpo)	Ko/(ρ + Cpo)	Ko/(ρ - Cp+)	Ko/(ρ + Cp-)	Ko/(ρ - Cp-)
5,813E-08	6,083E-08	5,884E-08	6,060E-08	5,911E-08	6,265E-08
6,210E-08	6,315E-08	6,111E-08	6,294E-08	6,313E-08	6,503E-08
6,827E-08	6,938E-08	6,723E-08	6,919E-08	6,936E-08	7,140E-08
6,610E-08	6,716E-08	6,511E-08	6,688E-08	6,714E-08	6,898E-08
7,384E-08	7,500E-08	7,274E-08	7,449E-08	7,498E-08	7,680E-08

Condutividade térmica aparente: K (W/ m °C)

(ρ)/(cpo)(α +	(ρ)/(cp+)(α +	(ρ)/(cp-)(α +	(ρ)/(cpo)(α -)	(ρ)/(cp+)(α -)	(ρ)/(cp-)(α -)
1,87E-02	1,92E-02	1,81E-02	1,59E-02	1,63E-02	1,54E-02
2,01E-02	2,07E-02	1,96E-02	1,73E-02	1,78E-02	1,68E-02
2,40E-02	2,47E-02	2,33E-02	2,09E-02	2,15E-02	2,03E-02
2,71E-02	2,78E-02	2,64E-02	2,37E-02	2,44E-02	2,31E-02
3,15E-02	3,22E-02	3,08E-02	2,77E-02	2,84E-02	2,71E-02

Calor específico aparente: Cp(J/Kg °C)

Ko/(ρ_0 α +	Ko/(ρ - α_0)	Ko/(ρ + α_0)	Ko/(ρ - Cp+)	Ko/(ρ + α -)	Ko/(ρ - α -)
9,25E+02	9,54E+02	9,23E+02	9,41E+02	1,07E+03	1,11E+03
9,12E+02	9,39E+02	9,09E+02	9,27E+02	1,05E+03	1,08E+03
9,21E+02	9,46E+02	9,17E+02	9,35E+02	1,04E+03	1,07E+03
9,21E+02	9,46E+02	9,18E+02	9,36E+02	1,03E+03	1,07E+03
1,13E+03	1,16E+03	1,13E+03	1,15E+03	1,27E+03	1,31E+03

Massa específica aparente: (Kg/m³)

Ko/(cp+ α +	Ko/(cp+ - α_0)	Ko/(cp+ α -)	Ko/(cp- α +	Ko/(cp- α_0)	Ko/(cp- α -)
3,62E+02	3,67E+02	4,26E+02	3,84E+02	3,89E+02	4,52E+02
3,60E+02	3,65E+02	4,20E+02	3,82E+02	3,87E+02	4,45E+02
3,72E+02	3,76E+02	4,26E+02	3,93E+02	3,98E+02	4,51E+02

K-/(\rho+ Cp+)	K-/(\rho Cp-)	K-/(\rho Cpo)	K-/(\rho Cp+)	K-/(\rho- Cpo)	K-/(\rho+ Cpo)	K-/(\rho- Cp+)
4,729E-08	5,334E-08	5,039E-08	4,775E-08	5,089E-08	4,990E-08	5,282E-08
4,632E-08	5,162E-08	4,908E-08	4,678E-08	4,956E-08	4,860E-08	5,111E-08
4,174E-08	4,614E-08	4,405E-08	4,215E-08	4,449E-08	4,363E-08	4,569E-08
3,885E-08	4,254E-08	4,081E-08	3,923E-08	4,122E-08	4,042E-08	4,213E-08
3,861E-08	4,209E-08	4,048E-08	3,899E-08	4,087E-08	4,009E-08	4,168E-08

(\rho-)(cpo)(\alpha)	(\rho-)(cp+)(\alpha)	(\rho-)(cp-)(\alpha)	(\rho-)(cpo)(\alpha+)	(\rho-)(cp+)(\alpha+)	(\rho-)(cp-)(\alpha+)	(\rho-)(cpo)(\alpha-)
1,90E-02	2,00E-02	1,79E-02	1,99E-02	2,10E-02	1,88E-02	1,80E-02
1,90E-02	2,00E-02	1,81E-02	2,01E-02	2,11E-02	1,91E-02	1,79E-02
1,92E-02	2,01E-02	1,83E-02	2,04E-02	2,13E-02	1,95E-02	1,80E-02
2,04E-02	2,12E-02	1,96E-02	2,17E-02	2,26E-02	2,08E-02	1,91E-02
2,10E-02	2,18E-02	2,02E-02	2,24E-02	2,33E-02	2,16E-02	1,96E-02

K-/(\rho+ \alpha+)	K-/(\rho \alpha-)	K-/(\rho \alpha)	K-/(\rho \alpha+)	K-/(\rho- \alpha)	K-/(\rho+ \alpha)	K-/(\rho- \alpha+)
4,22E+02	4,72E+02	4,48E+02	4,26E+02	4,52E+02	4,43E+02	4,30E+02
5,16E+02	5,84E+02	5,51E+02	5,21E+02	5,56E+02	5,45E+02	5,26E+02
5,42E+02	6,19E+02	5,81E+02	5,47E+02	5,87E+02	5,75E+02	5,52E+02
5,89E+02	6,79E+02	6,34E+02	5,95E+02	6,40E+02	6,28E+02	6,01E+02
6,40E+02	7,40E+02	6,90E+02	6,46E+02	6,97E+02	6,83E+02	6,52E+02

K-/(\rho \alpha+)	K-/(\rho \alpha-)	K-/(\rho \alpha)	K-/(\rho+ \alpha+)	K-/(\rho+ \alpha-)	K-/(\rho+ \alpha-)	K-/(\rho- \alpha+)
7,05E+02	7,82E+02	7,42E+02	6,68E+02	7,03E+02	7,41E+02	7,47E+02
7,69E+02	8,62E+02	8,13E+02	7,33E+02	7,75E+02	8,22E+02	8,08E+02
7,45E+02	8,43E+02	7,91E+02	7,12E+02	7,57E+02	8,07E+02	7,80E+02
7,27E+02	8,30E+02	7,75E+02	6,99E+02	7,45E+02	7,97E+02	7,58E+02
7,53E+02	8,63E+02	8,04E+02	7,25E+02	7,74E+02	8,31E+02	7,83E+02

K-/(\rho+ Cp+)	K-/(\rho Cp-)	K-/(\rho Cpo)	K-/(\rho Cp+)	K-/(\rho- Cpo)	K-/(\rho+ Cpo)	K-/(\rho- Cp+)
5,558E-08	5,989E-08	5,814E-08	5,650E-08	5,913E-08	5,719E-08	5,891E-08
5,948E-08	6,228E-08	6,047E-08	6,046E-08	6,148E-08	5,950E-08	6,127E-08
6,570E-08	6,870E-08	6,675E-08	6,673E-08	6,782E-08	6,572E-08	6,764E-08
6,371E-08	6,646E-08	6,471E-08	6,469E-08	6,573E-08	6,372E-08	6,545E-08
7,150E-08	7,436E-08	7,261E-08	7,260E-08	7,374E-08	7,152E-08	7,324E-08

(\rho-)(cpo)(\alpha)	(\rho-)(cp+)(\alpha)	(\rho-)(cp-)(\alpha)	(\rho-)(cpo)(\alpha+)	(\rho-)(cp+)(\alpha+)	(\rho-)(cp-)(\alpha+)	(\rho-)(cpo)(\alpha-)
1,78E-02	1,83E-02	1,73E-02	1,81E-02	1,86E-02	1,75E-02	1,54E-02
1,92E-02	1,98E-02	1,87E-02	1,95E-02	2,01E-02	1,89E-02	1,67E-02
2,30E-02	2,36E-02	2,23E-02	2,32E-02	2,39E-02	2,26E-02	2,03E-02
2,60E-02	2,66E-02	2,53E-02	2,62E-02	2,69E-02	2,56E-02	2,30E-02
3,02E-02	3,09E-02	2,95E-02	3,06E-02	3,13E-02	2,98E-02	2,69E-02

K-/(\rho+ \alpha+)	K-/(\rho \alpha-)	K-/(\rho \alpha)	K-/(\rho \alpha+)	K-/(\rho- \alpha)	K-/(\rho+ \alpha)	K-/(\rho- \alpha+)
8,85E+02	1,06E+03	9,12E+02	8,99E+02	9,27E+02	8,97E+02	9,14E+02
8,73E+02	1,03E+03	8,99E+02	8,88E+02	9,14E+02	8,85E+02	9,03E+02
8,86E+02	1,03E+03	9,10E+02	9,00E+02	9,25E+02	8,96E+02	9,14E+02
8,88E+02	1,03E+03	9,12E+02	9,02E+02	9,26E+02	8,98E+02	9,16E+02
1,10E+03	1,26E+03	1,12E+03	1,11E+03	1,14E+03	1,11E+03	1,13E+03

K-/(\rho \alpha+)	K-/(\rho \alpha-)	K-/(\rho \alpha)	K-/(\rho+ \alpha+)	K-/(\rho+ \alpha-)	K-/(\rho+ \alpha-)	K-/(\rho- \alpha+)
3,62E+02	4,26E+02	3,67E+02	3,52E+02	3,57E+02	4,14E+02	3,73E+02
3,61E+02	4,20E+02	3,65E+02	3,51E+02	3,55E+02	4,09E+02	3,71E+02
3,73E+02	4,28E+02	3,78E+02	3,63E+02	3,67E+02	4,16E+02	3,84E+02

$K-/(\rho+ C\rho-)$	$K-/(\rho- C\rho-)$
4,822E-08	5,387E-08
4,724E-08	5,213E-08
4,256E-08	4,660E-08
3,961E-08	4,296E-08
3,937E-08	4,250E-08

$(\rho-)(c\rho+)(\alpha-)$	$(\rho-)(c\rho-)(\alpha-)$
1,90E-02	1,70E-02
1,88E-02	1,71E-02
1,88E-02	1,72E-02
1,98E-02	1,83E-02
2,03E-02	1,88E-02

$K-/(\rho+ \alpha-)$	$K-/(\rho- \alpha-)$
4,67E+02	4,76E+02
5,79E+02	5,90E+02
6,13E+02	6,25E+02
6,72E+02	6,85E+02
7,33E+02	7,48E+02

$K-/(\rho- \alpha\alpha)$	$K-/(\rho- \alpha-)$
7,85E+02	8,27E+02
8,55E+02	9,07E+02
8,28E+02	8,83E+02
8,08E+02	8,65E+02
8,36E+02	8,97E+02

$K-/(\rho+ C\rho-)$	$K-/(\rho- C\rho-)$
5,745E-08	6,090E-08
6,146E-08	6,332E-08
6,780E-08	6,979E-08
6,571E-08	6,751E-08
7,372E-08	7,551E-08

$(\rho-)(c\rho+)(\alpha-)$	$(\rho-)(c\rho-)(\alpha-)$
1,58E-02	1,49E-02
1,72E-02	1,62E-02
2,09E-02	1,97E-02
2,36E-02	2,24E-02
2,75E-02	2,63E-02

$K-/(\rho+ \alpha-)$	$K-/(\rho- \alpha-)$
1,04E+03	1,08E+03
1,02E+03	1,05E+03
1,02E+03	1,05E+03
1,01E+03	1,04E+03
1,25E+03	1,28E+03

$K-/(\rho- \alpha\alpha)$	$K-/(\rho- \alpha-)$
3,78E+02	4,39E+02
3,76E+02	4,33E+02
3,89E+02	4,41E+02

CAJÁ

T = -150 °C

Difusividade

Teor de água (b.u.)	ρ_{AP} (Kg/m ³) mínimo	ρ_{AP} (Kg/m ³)	ρ_{AP} (Kg/m ³) - máximo	α (m ² /s) - mínimo	α (m ² /s)
6,5	184,7	191,36	198,02	6,92E-08	7,12E-08
10,5	197,17	203,83	210,49	6,87E-08	7,07E-08
20,3	217,85	224,51	231,17	6,85E-08	7,05E-08
39,5	309,49	316,15	322,81	6,81E-08	7,01E-08
61,84	380,02	386,68	393,34	6,73E-08	6,93E-08

Condutividade

Teor de água (b.u.)	ρ_{AP} (Kg/m ³) mínimo	ρ_{AP} (Kg/m ³)	ρ_{AP} (Kg/m ³) - máximo	α (m ² /s) - mínimo	α (m ² /s)
6,5	184,7	191,36	198,02	6,92E-08	7,12E-08
10,5	197,17	203,83	210,49	6,87E-08	7,07E-08
20,3	217,85	224,51	231,17	6,85E-08	7,05E-08
39,5	309,49	316,15	322,81	6,81E-08	7,01E-08
61,84	380,02	386,68	393,34	6,73E-08	6,93E-08

Calor específico

Teor de água (b.u.)	ρ_{AP} (Kg/m ³) mínimo	ρ_{AP} (Kg/m ³)	ρ_{AP} (Kg/m ³)	α (m ² /s) - mínimo	α (m ² /s)
6,5	184,7	191,36	198,02	6,92E-08	7,12E-08
10,5	197,17	203,83	210,49	6,87E-08	7,07E-08
20,3	217,85	224,51	231,17	6,85E-08	7,05E-08
39,5	309,49	316,15	322,81	6,81E-08	7,01E-08
61,84	380,02	386,68	393,34	6,73E-08	6,93E-08

Massa específica

Teor de água (b.u.)	ρ_{AP} (Kg/m ³) mínimo	ρ_{AP} (Kg/m ³)	ρ_{AP} (Kg/m ³) - máximo	α (m ² /s) - mínimo	α (m ² /s)
6,5	184,7	191,36	198,02	6,92E-08	7,12E-08
10,5	197,17	203,83	210,49	6,87E-08	7,07E-08
20,3	217,85	224,51	231,17	6,85E-08	7,05E-08
39,5	309,49	316,15	322,81	6,81E-08	7,01E-08
61,84	380,02	386,68	393,34	6,73E-08	6,93E-08

GRAVIOLA

T = -150 °C

Difusividade

Teor de água (b.u.)	ρ_{AP} (Kg/m ³) mínimo	ρ_{AP} (Kg/m ³)	ρ_{AP} (Kg/m ³) - máximo	α (m ² /s) - mínimo	α (m ² /s)
7,32	414,126	427,826	441,526	5,12E-08	5,32E-08
11,46	414,582	428,282	441,982	4,67E-08	4,86E-08
14,62	414,637	428,337	442,037	4,17E-08	4,37E-08
17,6	415,212	428,912	442,612	3,82E-08	4,01E-08
19,52	415,419	429,119	442,819	3,50E-08	3,69E-08

Condutividade

Teor de água (b.u.)	ρ_{AP} (Kg/m ³) mínimo	ρ_{AP} (Kg/m ³)	ρ_{AP} (Kg/m ³) - máximo	α (m ² /s) - mínimo	α (m ² /s)
7,32	414,126	427,826	441,526	4,82E-08	5,32E-08
11,46	414,582	428,282	441,982	4,37E-08	4,86E-08
14,62	414,637	428,337	442,037	3,87E-08	4,37E-08
17,6	415,212	428,912	442,612	3,52E-08	4,01E-08
19,52	415,419	429,119	442,819	3,20E-08	3,69E-08

Calor específico

Teor de água (b.u.)	ρ_{AP} (Kg/m ³) mínimo	ρ_{AP} (Kg/m ³)	ρ_{AP} (Kg/m ³)	α (m ² /s) - mínimo	α (m ² /s)
7,32	414,126	427,826	441,526	4,82E-08	5,32E-08
11,46	414,582	428,282	441,982	4,37E-08	4,86E-08
14,62	414,637	428,337	442,037	3,87E-08	4,37E-08
17,6	415,212	428,912	442,612	3,52E-08	4,01E-08
19,52	415,419	429,119	442,819	3,20E-08	3,69E-08

Massa específica

Teor de água (b.u.)	ρ_{AP} (Kg/m ³) mínimo	ρ_{AP} (Kg/m ³)	ρ_{AP} (Kg/m ³) - máximo	α (m ² /s) - mínimo	α (m ² /s)
7,32	414,126	427,826	441,526	4,82E-08	5,32E-08
11,46	414,582	428,282	441,982	4,37E-08	4,86E-08
14,62	414,637	428,337	442,037	3,87E-08	4,37E-08
17,6	415,212	428,912	442,612	3,52E-08	4,01E-08

α (m ² /s) - máximo	K (W/ m °C) - mínimo	K (W/ m °C)	K (W/ m °C) - máximo	C _p (cal/g°C)	C _p (J/Kg°C) - mínimo
7,32E-08	8,95E-02	0,09117	9,28E-02	1,53E+00	6,258E+03
7,27E-08	9,15E-02	0,09318	9,49E-02	1,48E+00	6,049E+03
7,25E-08	9,69E-02	0,09859	1,00E-01	1,45E+00	5,924E+03
7,21E-08	9,80E-02	0,09967	1,01E-01	1,04E+00	4,210E+03
7,13E-08	1,13E-01	0,11423	1,16E-01	9,70E-01	3,918E+03

α (m ² /s) - máximo	K (W/ m °C) - mínimo	K (W/ m °C)	K (W/ m °C) - máximo	C _p (cal/g°C)	C _p (J/Kg°C) - mínimo
7,32E-08	8,95E-02	0,09117	9,28E-02	1,53E+00	6,258E+03
7,27E-08	9,15E-02	0,09318	9,49E-02	1,48E+00	6,049E+03
7,25E-08	9,69E-02	0,09859	1,00E-01	1,45E+00	5,924E+03
7,21E-08	9,80E-02	0,09967	1,01E-01	1,04E+00	4,210E+03
7,13E-08	1,13E-01	0,11423	1,16E-01	9,70E-01	3,918E+03

α (m ² /s) - máximo	K (W/ m °C) - mínimo	K (W/ m °C)	K (W/ m °C) - máximo	C _p (cal/g°C)	C _p (J/Kg°C) - mínimo
7,32E-08	8,95E-02	0,09117	9,28E-02	1,53E+00	6,258E+03
7,27E-08	9,15E-02	0,09318	9,49E-02	1,48E+00	6,049E+03
7,25E-08	9,69E-02	0,09859	1,00E-01	1,45E+00	5,924E+03
7,21E-08	9,80E-02	0,09967	1,01E-01	1,04E+00	4,210E+03
7,13E-08	1,13E-01	0,11423	1,16E-01	9,70E-01	3,918E+03

α (m ² /s) - máximo	K (W/ m °C) - mínimo	K (W/ m °C)	K (W/ m °C) - máximo	C _p (cal/g°C)	C _p (J/Kg°C) - mínimo
7,32E-08	8,95E-02	0,09117	9,28E-02	1,53E+00	6,258E+03
7,27E-08	9,15E-02	0,09318	9,49E-02	1,48E+00	6,049E+03
7,25E-08	9,69E-02	0,09859	1,00E-01	1,45E+00	5,924E+03
7,21E-08	9,80E-02	0,09967	1,01E-01	1,04E+00	4,210E+03
7,13E-08	1,13E-01	0,11423	1,16E-01	9,70E-01	3,918E+03

α (m ² /s) - máximo	K (W/ m °C) - mínimo	K (W/ m °C)	K (W/ m °C) - máximo	C _p (cal/g°C)	C _p (J/Kg°C) - mínimo
5,51E-08	2,67E-02	0,0272	2,77E-02	0,274	1,124E+03
5,06E-08	2,48E-02	0,0253	2,58E-02	0,285	1,170E+03
4,56E-08	2,97E-02	0,0302	3,07E-02	0,371	1,529E+03
4,21E-08	3,12E-02	0,0317	3,22E-02	0,428	1,767E+03
3,89E-08	3,26E-02	0,0331	3,36E-02	0,482	1,993E+03

α (m ² /s) - máximo	K (W/ m °C) - mínimo	K (W/ m °C)	K (W/ m °C) - máximo	C _p (cal/g°C)	C _p (J/Kg°C) - mínimo
5,81E-08	2,67E-02	0,0272	2,77E-02	0,274	1,124E+03
5,36E-08	2,48E-02	0,0253	2,58E-02	0,285	1,170E+03
4,86E-08	2,97E-02	0,0302	3,07E-02	0,371	1,529E+03
4,51E-08	3,12E-02	0,0317	3,22E-02	0,428	1,767E+03
4,19E-08	3,26E-02	0,0331	3,36E-02	0,482	1,993E+03

α (m ² /s) - máximo	K (W/ m °C) - mínimo	K (W/ m °C)	K (W/ m °C) - máximo	C _p (cal/g°C)	C _p (J/Kg°C) - mínimo
5,81E-08	2,67E-02	0,0272	2,77E-02	0,274	1,124E+03
5,36E-08	2,48E-02	0,0253	2,58E-02	0,285	1,170E+03
4,86E-08	2,97E-02	0,0302	3,07E-02	0,371	1,529E+03
4,51E-08	3,12E-02	0,0317	3,22E-02	0,428	1,767E+03
4,19E-08	3,26E-02	0,0331	3,36E-02	0,482	1,993E+03

α (m ² /s) - máximo	K (W/ m °C) - mínimo	K (W/ m °C)	K (W/ m °C) - máximo	C _p (cal/g°C)	C _p (J/Kg°C) - mínimo
5,81E-08	2,67E-02	0,0272	2,77E-02	0,274	1,124E+03
5,36E-08	2,48E-02	0,0253	2,58E-02	0,285	1,170E+03
4,86E-08	2,97E-02	0,0302	3,07E-02	0,371	1,529E+03
4,51E-08	3,12E-02	0,0317	3,22E-02	0,428	1,767E+03
4,19E-08	3,26E-02	0,0331	3,36E-02	0,482	1,993E+03

C_p (J/Kg ⁰ C)	C_p (J/Kg ⁰ C) - máximo	$K+/(p+ Cp+)$	$K+/(p\alpha Cp-)$	$K+/(p\alpha Cpo)$	$K+/(p\alpha Cp+)$	$K+/(p- Cpo)$
6,395E+03	6,532E+03	7,177E-08	7,752E-08	7,586E-08	7,427E-08	7,860E-08
6,186E+03	6,323E+03	7,126E-08	7,692E-08	7,522E-08	7,359E-08	7,776E-08
6,061E+03	6,198E+03	6,998E-08	7,538E-08	7,368E-08	7,205E-08	7,593E-08
4,347E+03	4,484E+03	7,001E-08	7,613E-08	7,374E-08	7,148E-08	7,532E-08
4,055E+03	4,192E+03	7,030E-08	7,651E-08	7,392E-08	7,151E-08	7,522E-08

C_p (J/Kg ⁰ C)	C_p (J/Kg ⁰ C) - máximo	$(p\alpha)(cpo)(\alpha\alpha)$	$(p\alpha)(cp+)(\alpha\alpha)$	$(p\alpha)(cp-)(\alpha\alpha)$	$(p\alpha)(cp\alpha)(\alpha+)$	$(p\alpha)(cp+)(\alpha+)$
6,395E+03	6,532E+03	8,71E-02	8,90E-02	8,53E-02	8,96E-02	9,15E-02
6,186E+03	6,323E+03	8,92E-02	9,11E-02	8,72E-02	9,17E-02	9,37E-02
6,061E+03	6,198E+03	9,59E-02	9,81E-02	9,38E-02	9,87E-02	1,01E-01
4,347E+03	4,484E+03	9,63E-02	9,94E-02	9,33E-02	9,91E-02	1,02E-01
4,055E+03	4,192E+03	1,09E-01	1,12E-01	1,05E-01	1,12E-01	1,16E-01

C_p (J/Kg ⁰ C)	C_p (J/Kg ⁰ C) - máximo	$K+/(p+ \alpha+)$	$K+/(p\alpha -)$	$K+/(p\alpha \alpha\alpha)$	$K+/(p\alpha +)$	$K+/(p- \alpha\alpha)$
6,395E+03	6,532E+03	6,40E+03	7,01E+03	6,81E+03	6,63E+03	7,06E+03
6,186E+03	6,323E+03	6,20E+03	6,78E+03	6,58E+03	6,40E+03	6,80E+03
6,061E+03	6,198E+03	5,98E+03	6,52E+03	6,33E+03	6,16E+03	6,53E+03
4,347E+03	4,484E+03	4,35E+03	4,71E+03	4,57E+03	4,44E+03	4,67E+03
4,055E+03	4,192E+03	4,13E+03	4,45E+03	4,33E+03	4,20E+03	4,40E+03

C_p (J/Kg ⁰ C)	C_p (J/Kg ⁰ C) - máximo	$K+/(cp\alpha +)$	$K+/(cp\alpha -)$	$K+/(cp\alpha \alpha\alpha)$	$K+/(cp+ \alpha+)$	$K+/(cp+ - \alpha\alpha)$
6,395E+03	6,532E+03	1,983E+02	2,098E+02	2,039E+02	1,941E+02	1,996E+02
6,186E+03	6,323E+03	2,108E+02	2,232E+02	2,169E+02	2,063E+02	2,122E+02
6,061E+03	6,198E+03	2,281E+02	2,416E+02	2,346E+02	2,231E+02	2,295E+02
4,347E+03	4,484E+03	3,232E+02	3,424E+02	3,325E+02	3,134E+02	3,224E+02
4,055E+03	4,192E+03	4,008E+02	4,249E+02	4,125E+02	3,877E+02	3,990E+02

C_p (J/Kg ⁰ C)	C_p (J/Kg ⁰ C) - máximo	$K+/(p+ Cp+)$	$K+/(p\alpha Cp-)$	$K+/(p\alpha Cpo)$	$K+/(p\alpha Cp+)$	$K+/(p- Cpo)$
1,145E+03	1,167E+03	5,382E-08	5,769E-08	5,660E-08	5,554E-08	5,847E-08
1,191E+03	1,213E+03	4,818E-08	5,157E-08	5,063E-08	4,972E-08	5,230E-08
1,551E+03	1,572E+03	4,421E-08	4,692E-08	4,627E-08	4,563E-08	4,779E-08
1,789E+03	1,811E+03	4,022E-08	4,252E-08	4,200E-08	4,150E-08	4,339E-08
2,015E+03	2,036E+03	3,729E-08	3,932E-08	3,890E-08	3,849E-08	4,018E-08

C_p (J/Kg ⁰ C)	C_p (J/Kg ⁰ C) - máximo	$(p\alpha)(cp\alpha)(\alpha\alpha)$	$(p\alpha)(cp+)(\alpha\alpha)$	$(p\alpha)(cp-)(\alpha\alpha)$	$(p\alpha)(cp\alpha)(\alpha+)$	$(p\alpha)(cp+)(\alpha+)$
1,145E+03	1,167E+03	2,60E-02	2,65E-02	2,56E-02	2,85E-02	2,90E-02
1,191E+03	1,213E+03	2,48E-02	2,53E-02	2,44E-02	2,73E-02	2,78E-02
1,551E+03	1,572E+03	2,90E-02	2,94E-02	2,86E-02	3,23E-02	3,28E-02
1,789E+03	1,811E+03	3,08E-02	3,12E-02	3,04E-02	3,46E-02	3,50E-02
2,015E+03	2,036E+03	3,19E-02	3,23E-02	3,16E-02	3,62E-02	3,66E-02

C_p (J/Kg ⁰ C)	C_p (J/Kg ⁰ C) - máximo	$K+/(p+ \alpha+)$	$K+/(p\alpha -)$	$K+/(p\alpha \alpha\alpha)$	$K+/(p\alpha +)$	$K+/(p- \alpha\alpha)$
1,145E+03	1,167E+03	1,08E+03	1,34E+03	1,22E+03	1,12E+03	1,26E+03
1,191E+03	1,213E+03	1,09E+03	1,38E+03	1,24E+03	1,13E+03	1,28E+03
1,551E+03	1,572E+03	1,43E+03	1,85E+03	1,64E+03	1,48E+03	1,70E+03
1,789E+03	1,811E+03	1,62E+03	2,14E+03	1,87E+03	1,67E+03	1,93E+03
2,015E+03	2,036E+03	1,81E+03	2,45E+03	2,12E+03	1,87E+03	2,19E+03

C_p (J/Kg ⁰ C)	C_p (J/Kg ⁰ C) - máximo	$K+/(cp\alpha +)$	$K+/(cp\alpha -)$	$K+/(cp\alpha \alpha\alpha)$	$K+/(cp+ \alpha+)$	$K+/(cp+ - \alpha\alpha)$
1,145E+03	1,167E+03	4,166E+02	5,024E+02	4,555E+02	4,089E+02	4,470E+02
1,191E+03	1,213E+03	4,047E+02	4,967E+02	4,460E+02	3,975E+02	4,380E+02
1,551E+03	1,572E+03	4,075E+02	5,119E+02	4,538E+02	4,019E+02	4,475E+02
1,789E+03	1,811E+03	3,997E+02	5,124E+02	4,491E+02	3,949E+02	4,427E+02
2,015E+03	2,036E+03	3,997E+02	5,124E+02	4,491E+02	3,949E+02	4,427E+02

K+/(p+ Cp0)	K+/(p- Cp+)	K+/(p+ Cp-)	K+/(p- Cp-)	Ko/(p+ Cp+)	Ko/(p0 Cp-)	Ko/(p0 Cp0)
7,331E-08	7,491E-08	7,695E-08	8,032E-08	7,048E-08	7,613E-08	7,450E-08
7,284E-08	7,449E-08	7,608E-08	7,952E-08	7,001E-08	7,557E-08	7,390E-08
7,156E-08	7,321E-08	7,425E-08	7,769E-08	6,881E-08	7,413E-08	7,245E-08
7,221E-08	7,456E-08	7,302E-08	7,777E-08	6,886E-08	7,488E-08	7,252E-08
7,267E-08	7,521E-08	7,276E-08	7,785E-08	6,929E-08	7,541E-08	7,286E-08

(p0)(cp-)(α+)	(p0)(cp0)(α-)	(p0)(cp+)(α-)	(p0)(cp-)(α-)	(p+)(cp0)(α0)	(p+)(cp+)(α0)	(p+)(cp-)(α0)
8,77E-02	8,47E-02	8,65E-02	8,29E-02	9,02E-02	9,21E-02	8,82E-02
8,97E-02	8,66E-02	8,85E-02	8,47E-02	9,21E-02	9,41E-02	9,00E-02
9,65E-02	9,32E-02	9,53E-02	9,11E-02	9,88E-02	1,01E-01	9,65E-02
9,60E-02	9,36E-02	9,65E-02	9,06E-02	9,84E-02	1,01E-01	9,53E-02
1,08E-01	1,05E-01	1,09E-01	1,02E-01	1,11E-01	1,14E-01	1,07E-01

K+/(p+ α0)	K+/(p- α+)	K+/(p+ Cp-)	K+/(p- α-)	Ko/(p+ α+)	Ko/(p0 α-)	Ko/(p0 α0)
6,58E+03	6,86E+03	6,78E+03	7,27E+03	6,29E+03	6,89E+03	6,69E+03
6,37E+03	6,62E+03	6,56E+03	7,00E+03	6,09E+03	6,66E+03	6,47E+03
6,15E+03	6,35E+03	6,33E+03	6,72E+03	5,88E+03	6,41E+03	6,23E+03
4,48E+03	4,54E+03	4,61E+03	4,81E+03	4,28E+03	4,63E+03	4,50E+03
4,25E+03	4,28E+03	4,38E+03	4,53E+03	4,07E+03	4,39E+03	4,26E+03

K+/(cp+ α-)	K+/(cp- α+)	K+/(cp- α0)	K+/(cp- α-)	Ko/(cp0 α+)	Ko/(cp0 α-)	Ko/(cp0 α0)
2,054E+02	2,03E+02	2,08E+02	2,08E+02	1,95E+02	2,06E+02	2,00E+02
2,184E+02	2,16E+02	2,22E+02	2,22E+02	2,07E+02	2,19E+02	2,13E+02
2,362E+02	2,33E+02	2,40E+02	2,40E+02	2,24E+02	2,38E+02	2,31E+02
3,320E+02	3,34E+02	3,43E+02	3,43E+02	3,18E+02	3,37E+02	3,27E+02
4,110E+02	4,15E+02	4,27E+02	4,27E+02	3,95E+02	4,19E+02	4,07E+02

K+/(p+ Cp0)	K+/(p- Cp+)	K+/(p+ Cp-)	K+/(p- Cp-)	Ko/(p+ Cp+)	Ko/(p0 Cp-)	Ko/(p0 Cp0)
5,484E-08	5,590E-08	5,738E-08	5,960E-08	5,279E-08	5,658E-08	5,551E-08
4,906E-08	4,997E-08	5,137E-08	5,327E-08	4,719E-08	5,051E-08	4,959E-08
4,483E-08	4,547E-08	4,713E-08	4,847E-08	4,345E-08	4,611E-08	4,546E-08
4,070E-08	4,120E-08	4,287E-08	4,392E-08	3,955E-08	4,182E-08	4,131E-08
3,770E-08	3,811E-08	3,975E-08	4,062E-08	3,671E-08	3,870E-08	3,828E-08

(p0)(cp-)(α+)	(p0)(cp0)(α-)	(p0)(cp+)(α-)	(p0)(cp-)(α-)	(p+)(cp0)(α0)	(p+)(cp+)(α0)	(p+)(cp-)(α0)
2,79E-02	2,36E-02	2,41E-02	2,32E-02	2,69E-02	2,74E-02	2,64E-02
2,68E-02	2,23E-02	2,27E-02	2,19E-02	2,56E-02	2,61E-02	2,51E-02
3,19E-02	2,57E-02	2,61E-02	2,54E-02	2,99E-02	3,04E-02	2,95E-02
3,42E-02	2,70E-02	2,73E-02	2,67E-02	3,18E-02	3,22E-02	3,14E-02
3,58E-02	2,76E-02	2,79E-02	2,73E-02	3,29E-02	3,33E-02	3,26E-02

K+/(p+ α0)	K+/(p- α+)	K+/(p+ Cp-)	K+/(p- α-)	Ko/(p+ α+)	Ko/(p0 α-)	Ko/(p0 α0)
1,18E+03	1,15E+03	1,30E+03	1,39E+03	1,06E+03	1,32E+03	1,20E+03
1,20E+03	1,16E+03	1,34E+03	1,43E+03	1,07E+03	1,35E+03	1,21E+03
1,59E+03	1,52E+03	1,80E+03	1,91E+03	1,40E+03	1,82E+03	1,61E+03
1,82E+03	1,72E+03	2,07E+03	2,21E+03	1,59E+03	2,10E+03	1,84E+03
2,06E+03	1,93E+03	2,38E+03	2,53E+03	1,79E+03	2,41E+03	2,09E+03

K+/(cp+ α-)	K+/(cp- α+)	K+/(cp- α0)	K+/(cp- α-)	Ko/(cp0 α+)	Ko/(cp0 α-)	Ko/(cp0 α0)
4,930E+02	4,25E+02	4,64E+02	4,64E+02	4,09E+02	4,93E+02	4,47E+02
4,878E+02	4,12E+02	4,54E+02	4,54E+02	3,96E+02	4,86E+02	4,37E+02
5,049E+02	4,13E+02	4,60E+02	4,60E+02	4,00E+02	5,03E+02	4,46E+02
5,063E+02	4,05E+02	4,55E+02	4,55E+02	3,93E+02	5,04E+02	4,43E+02

Difusividade térmica aparente: α (m²/s)

Ko/(ρ_0 Cp+)	Ko/(ρ - Cpo)	Ko/(ρ + Cpo)	Ko/(ρ - Cp+)	Ko/(ρ + Cp-)	Ko/(ρ - Cp-)
7,293E-08	7,718E-08	7,199E-08	7,357E-08	7,556E-08	7,887E-08
7,230E-08	7,639E-08	7,156E-08	7,318E-08	7,474E-08	7,812E-08
7,085E-08	7,467E-08	7,037E-08	7,199E-08	7,302E-08	7,639E-08
7,031E-08	7,408E-08	7,102E-08	7,333E-08	7,182E-08	7,649E-08
7,048E-08	7,414E-08	7,162E-08	7,413E-08	7,171E-08	7,673E-08

Condutividade térmica aparente: K (W/ m °C)

(ρ +)(cpo)(α +)	(ρ +)(cp+)(α +)	(ρ +)(cp-)(α +)	(ρ +)(cpo)(α -)	(ρ +)(cp+)(α -)	(ρ +)(cp-)(α -)
9,27E-02	9,47E-02	9,07E-02	8,76E-02	8,95E-02	8,57E-02
9,47E-02	9,68E-02	9,26E-02	8,94E-02	9,14E-02	8,75E-02
1,02E-01	1,04E-01	9,93E-02	9,59E-02	9,81E-02	9,38E-02
1,01E-01	1,04E-01	9,80E-02	9,55E-02	9,85E-02	9,25E-02
1,14E-01	1,18E-01	1,10E-01	1,07E-01	1,11E-01	1,04E-01

Calor específico aparente: C_p (J/Kg °C)

Ko/(ρ_0 α +)	Ko/(ρ - α_0)	Ko/(ρ + α_0)	Ko/(ρ - Cp+)	Ko/(ρ + α -)	Ko/(ρ - α -)
6,51E+03	6,93E+03	6,47E+03	6,74E+03	6,66E+03	7,14E+03
6,29E+03	6,68E+03	6,26E+03	6,50E+03	6,45E+03	6,88E+03
6,06E+03	6,42E+03	6,05E+03	6,24E+03	6,23E+03	6,61E+03
4,37E+03	4,59E+03	4,40E+03	4,47E+03	4,54E+03	4,73E+03
4,14E+03	4,34E+03	4,19E+03	4,21E+03	4,32E+03	4,47E+03

Massa específica aparente: (Kg/m³)

Ko/(cp+ α +)	Ko/(cp+ - α_0)	Ko/(cp+ α -)	Ko/(cp- α +)	Ko/(cp- α_0)	Ko/(cp- α -)
1,91E+02	1,96E+02	2,02E+02	1,99E+02	2,05E+02	2,11E+02
2,03E+02	2,08E+02	2,15E+02	2,12E+02	2,18E+02	2,24E+02
2,19E+02	2,26E+02	2,32E+02	2,29E+02	2,36E+02	2,43E+02
3,08E+02	3,17E+02	3,26E+02	3,28E+02	3,38E+02	3,48E+02
3,82E+02	3,93E+02	4,05E+02	4,09E+02	4,21E+02	4,33E+02

Difusividade térmica aparente: α (m²/s)

Ko/(ρ_0 Cp+)	Ko/(ρ - Cpo)	Ko/(ρ + Cpo)	Ko/(ρ - Cp+)	Ko/(ρ + Cp-)	Ko/(ρ - Cp-)
5,448E-08	5,735E-08	5,379E-08	5,483E-08	5,628E-08	5,845E-08
4,870E-08	5,123E-08	4,805E-08	4,894E-08	5,031E-08	5,218E-08
4,484E-08	4,697E-08	4,406E-08	4,468E-08	4,632E-08	4,763E-08
4,082E-08	4,267E-08	4,003E-08	4,052E-08	4,216E-08	4,320E-08
3,788E-08	3,955E-08	3,710E-08	3,750E-08	3,913E-08	3,998E-08

Condutividade térmica aparente: K (W/ m °C)

(ρ +)(cpo)(α +)	(ρ +)(cp+)(α +)	(ρ +)(cp-)(α +)	(ρ +)(cpo)(α -)	(ρ +)(cp+)(α -)	(ρ +)(cp-)(α -)
2,94E-02	2,99E-02	2,88E-02	2,44E-02	2,48E-02	2,39E-02
2,82E-02	2,87E-02	2,77E-02	2,30E-02	2,34E-02	2,26E-02
3,33E-02	3,38E-02	3,29E-02	2,65E-02	2,69E-02	2,62E-02
3,57E-02	3,61E-02	3,53E-02	2,78E-02	2,82E-02	2,75E-02
3,74E-02	3,78E-02	3,70E-02	2,85E-02	2,88E-02	2,82E-02

Calor específico aparente: C_p (J/Kg °C)

Ko/(ρ_0 α +)	Ko/(ρ - α_0)	Ko/(ρ + α_0)	Ko/(ρ - Cp+)	Ko/(ρ + α -)	Ko/(ρ - α -)
1,09E+03	1,24E+03	1,16E+03	1,13E+03	1,28E+03	1,36E+03
1,10E+03	1,26E+03	1,18E+03	1,14E+03	1,31E+03	1,40E+03
1,45E+03	1,67E+03	1,56E+03	1,50E+03	1,76E+03	1,88E+03
1,64E+03	1,90E+03	1,79E+03	1,69E+03	2,04E+03	2,17E+03
1,84E+03	2,16E+03	2,03E+03	1,90E+03	2,34E+03	2,49E+03

Massa específica aparente: (Kg/m³)

Ko/(cp+ α +)	Ko/(cp+ - α_0)	Ko/(cp+ α -)	Ko/(cp- α +)	Ko/(cp- α_0)	Ko/(cp- α -)
4,01E+02	4,38E+02	4,84E+02	4,17E+02	4,55E+02	5,02E+02
3,89E+02	4,29E+02	4,78E+02	4,04E+02	4,45E+02	4,95E+02
3,95E+02	4,40E+02	4,96E+02	4,06E+02	4,52E+02	5,10E+02
3,88E+02	4,36E+02	4,98E+02	3,98E+02	4,47E+02	5,10E+02

K-/(\rho+ Cp+)	K-/(\rho Cp-)	K-/(\rho Cp0)	K-/(\rho Cp+)	K-/(\rho- Cp0)	K-/(\rho+ Cp0)	K-/(\rho- Cp+)	K-/(\rho+ Cp-)
6,919E-08	7,473E-08	7,313E-08	7,160E-08	7,577E-08	7,067E-08	7,222E-08	7,418E-08
6,875E-08	7,421E-08	7,257E-08	7,100E-08	7,502E-08	7,027E-08	7,187E-08	7,340E-08
6,764E-08	7,287E-08	7,123E-08	6,965E-08	7,340E-08	6,917E-08	7,077E-08	7,178E-08
6,770E-08	7,362E-08	7,131E-08	6,913E-08	7,284E-08	6,983E-08	7,211E-08	7,062E-08
6,827E-08	7,430E-08	7,179E-08	6,945E-08	7,305E-08	7,058E-08	7,304E-08	7,067E-08

(\rho-)(c\rho)(\alpha0)	(\rho-)(c\rho+)(\alpha0)	(\rho-)(c\rho-)(\alpha0)	(\rho-)(c\rho)(\alpha+)	(\rho-)(c\rho+)(\alpha+)	(\rho-)(c\rho-)(\alpha+)	(\rho-)(c\rho)(\alpha-)	(\rho-)(c\rho+)(\alpha-)
8,41E-02	8,59E-02	8,23E-02	8,65E-02	8,83E-02	8,46E-02	8,17E-02	8,35E-02
8,62E-02	8,81E-02	8,43E-02	8,87E-02	9,07E-02	8,67E-02	8,38E-02	8,56E-02
9,31E-02	9,52E-02	9,10E-02	9,58E-02	9,79E-02	9,36E-02	9,04E-02	9,25E-02
9,43E-02	9,73E-02	9,13E-02	9,70E-02	1,00E-01	9,40E-02	9,16E-02	9,45E-02
1,07E-01	1,10E-01	1,03E-01	1,10E-01	1,14E-01	1,06E-01	1,04E-01	1,07E-01

K-/(\rho+ \alpha+)	K-/(\rho0 \alpha-)	K-/(\rho0 \alpha0)	K-/(\rho0 \alpha+)	K-/(\rho- \alpha0)	K-/(\rho+ \alpha0)	K-/(\rho- \alpha+)	K-/(\rho+ \alpha-)
6,17E+03	6,76E+03	6,57E+03	6,39E+03	6,81E+03	6,35E+03	6,62E+03	6,53E+03
5,98E+03	6,54E+03	6,35E+03	6,17E+03	6,56E+03	6,15E+03	6,38E+03	6,33E+03
5,78E+03	6,30E+03	6,12E+03	5,95E+03	6,31E+03	5,95E+03	6,13E+03	6,12E+03
4,21E+03	4,55E+03	4,42E+03	4,30E+03	4,52E+03	4,33E+03	4,39E+03	4,46E+03
4,01E+03	4,33E+03	4,20E+03	4,08E+03	4,27E+03	4,13E+03	4,15E+03	4,25E+03

K-/(\rho0 \alpha+)	K-/(\rho0 \alpha-)	K-/(\rho0 \alpha0)	K-/(\rho+ \alpha+)	K-/(\rho+ \alpha-)	K-/(\rho+ \alpha0)	K-/(\rho- \alpha+)	K-/(\rho- \alpha0)
1,91E+02	2,02E+02	1,97E+02	1,87E+02	1,92E+02	1,98E+02	1,95E+02	2,01E+02
2,03E+02	2,15E+02	2,09E+02	1,99E+02	2,05E+02	2,11E+02	2,08E+02	2,14E+02
2,21E+02	2,34E+02	2,27E+02	2,16E+02	2,22E+02	2,28E+02	2,26E+02	2,32E+02
3,13E+02	3,31E+02	3,22E+02	3,03E+02	3,12E+02	3,21E+02	3,23E+02	3,32E+02
3,89E+02	4,13E+02	4,01E+02	3,77E+02	3,88E+02	3,99E+02	4,03E+02	4,15E+02

K-/(\rho+ Cp+)	K-/(\rho0 Cp-)	K-/(\rho0 Cp0)	K-/(\rho0 Cp+)	K-/(\rho- Cp0)	K-/(\rho+ Cp0)	K-/(\rho- Cp+)	K-/(\rho+ Cp-)
5,176E-08	5,548E-08	5,442E-08	5,341E-08	5,623E-08	5,274E-08	5,375E-08	5,518E-08
4,620E-08	4,945E-08	4,854E-08	4,768E-08	5,015E-08	4,704E-08	4,791E-08	4,925E-08
4,268E-08	4,530E-08	4,466E-08	4,405E-08	4,614E-08	4,328E-08	4,389E-08	4,550E-08
3,889E-08	4,112E-08	4,062E-08	4,013E-08	4,196E-08	3,936E-08	3,984E-08	4,146E-08
3,612E-08	3,808E-08	3,767E-08	3,727E-08	3,891E-08	3,650E-08	3,690E-08	3,850E-08

(\rho-)(c\rho)(\alpha0)	(\rho-)(c\rho+)(\alpha0)	(\rho-)(c\rho-)(\alpha0)	(\rho-)(c\rho)(\alpha+)	(\rho-)(c\rho+)(\alpha+)	(\rho-)(c\rho-)(\alpha+)	(\rho-)(c\rho)(\alpha-)	(\rho-)(c\rho+)(\alpha-)
2,52E-02	2,57E-02	2,47E-02	2,76E-02	2,81E-02	2,70E-02	2,29E-02	2,33E-02
2,40E-02	2,45E-02	2,36E-02	2,65E-02	2,69E-02	2,60E-02	2,16E-02	2,20E-02
2,81E-02	2,85E-02	2,77E-02	3,13E-02	3,17E-02	3,08E-02	2,49E-02	2,52E-02
2,98E-02	3,02E-02	2,94E-02	3,35E-02	3,39E-02	3,31E-02	2,61E-02	2,64E-02
3,09E-02	3,12E-02	3,06E-02	3,50E-02	3,54E-02	3,47E-02	2,67E-02	2,70E-02

K-/(\rho+ \alpha+)	K-/(\rho0 \alpha-)	K-/(\rho0 \alpha0)	K-/(\rho0 \alpha+)	K-/(\rho- \alpha0)	K-/(\rho+ \alpha0)	K-/(\rho- \alpha+)	K-/(\rho+ \alpha-)
1,04E+03	1,29E+03	1,17E+03	1,07E+03	1,21E+03	1,14E+03	1,11E+03	1,25E+03
1,05E+03	1,32E+03	1,19E+03	1,08E+03	1,23E+03	1,15E+03	1,12E+03	1,28E+03
1,38E+03	1,79E+03	1,59E+03	1,42E+03	1,64E+03	1,54E+03	1,47E+03	1,73E+03
1,56E+03	2,07E+03	1,81E+03	1,61E+03	1,87E+03	1,76E+03	1,67E+03	2,00E+03
1,76E+03	2,38E+03	2,06E+03	1,81E+03	2,12E+03	1,99E+03	1,87E+03	2,30E+03

K-/(\rho0 \alpha+)	K-/(\rho0 \alpha-)	K-/(\rho0 \alpha0)	K-/(\rho+ \alpha+)	K-/(\rho+ \alpha-)	K-/(\rho+ \alpha0)	K-/(\rho- \alpha+)	K-/(\rho- \alpha0)
4,01E+02	4,83E+02	4,38E+02	3,93E+02	4,30E+02	4,74E+02	4,08E+02	4,46E+02
3,88E+02	4,76E+02	4,28E+02	3,81E+02	4,20E+02	4,68E+02	3,95E+02	4,36E+02
3,93E+02	4,94E+02	4,38E+02	3,88E+02	4,32E+02	4,87E+02	3,99E+02	4,44E+02
3,86E+02	4,95E+02	4,34E+02	3,87E+02	4,29E+02	4,90E+02	3,91E+02	4,40E+02

K-/(p- Cp-)
7,743E-08
7,672E-08
7,510E-08
7,521E-08
7,560E-08

(p-)(cp-)(α-)
8,00E-02
8,19E-02
8,84E-02
8,87E-02
1,00E-01

K-/(p- α-)
7,00E+03
6,76E+03
6,50E+03
4,65E+03
4,40E+03

K-/(cp- α-)
2,07E+02
2,20E+02
2,39E+02
3,42E+02
4,27E+02

K-/(p- Cp-)
5,731E-08
5,108E-08
4,679E-08
4,247E-08
3,934E-08

(p-)(cp-)(α-)
2,24E-02
2,12E-02
2,45E-02
2,58E-02
2,65E-02

K-/(p- α-)
1,34E+03
1,37E+03
1,85E+03
2,13E+03
2,45E+03

K-/(cp- α-)
4,92E+02
4,85E+02
5,01E+02
5,07E+02

TAMARINDO

T = -150 °C

Difusividade

Teor de água (b.u.)	ρ_{AP} (Kg/m ³) mínimo	ρ_{AP} (Kg/m ³)	ρ_{AP} (Kg/m ³) - máximo	α (m ² /s) - mínimo	α (m ² /s)
5,89	765,28	772,91	780,54	5,22E-08	5,49E-08
12,34	767,58	775,21	782,84	4,77E-08	5,04E-08
14,67	770,48	778,11	785,74	4,24E-08	4,51E-08
19,5	773,08	780,71	788,34	4,12E-08	4,39E-08
33,5	780,13	787,76	795,39	3,76E-08	4,03E-08

Condutividade

Teor de água (b.u.)	ρ_{AP} (Kg/m ³) mínimo	ρ_{AP} (Kg/m ³)	ρ_{AP} (Kg/m ³) - máximo	α (m ² /s) - mínimo	α (m ² /s)
5,89	765,28	772,91	780,54	5,22E-08	5,49E-08
12,34	767,58	775,21	782,84	4,77E-08	5,04E-08
14,67	770,48	778,11	785,74	4,24E-08	4,51E-08
19,5	773,08	780,71	788,34	4,12E-08	4,39E-08
33,5	780,13	787,76	795,39	3,76E-08	4,03E-08

Calor específico

Teor de água (b.u.)	ρ_{AP} (Kg/m ³) mínimo	ρ_{AP} (Kg/m ³)	ρ_{AP} (Kg/m ³)	α (m ² /s) - mínimo	α (m ² /s)
5,89	765,28	772,91	780,54	5,22E-08	5,49E-08
12,34	767,58	775,21	782,84	4,77E-08	5,04E-08
14,67	770,48	778,11	785,74	4,24E-08	4,51E-08
19,5	773,08	780,71	788,34	4,12E-08	4,39E-08
33,5	780,13	787,76	795,39	3,76E-08	4,03E-08

Massa específica

Teor de água (b.u.)	ρ_{AP} (Kg/m ³) mínimo	ρ_{AP} (Kg/m ³)	ρ_{AP} (Kg/m ³) - máximo	α (m ² /s) - mínimo	α (m ² /s)
5,89	765,28	772,91	780,54	5,22E-08	5,49E-08
12,34	767,58	775,21	782,84	4,77E-08	5,04E-08
14,67	770,48	778,11	785,74	4,24E-08	4,51E-08
19,5	773,08	780,71	788,34	4,12E-08	4,39E-08
33,5	780,13	787,76	795,39	3,76E-08	4,03E-08

UMBU

T = -150 °C

Difusividade

Teor de água (b.u.)	ρ_{AP} (Kg/m ³) mínimo	ρ_{AP} (Kg/m ³)	ρ_{AP} (Kg/m ³) - máximo	α (m ² /s) - mínimo	α (m ² /s)
7,94	350,04	360	369,96	4,57E-08	5,36E-08
16,75	359,93	369,89	379,85	4,91E-08	5,70E-08
26,64	372,12	382,08	392,04	5,22E-08	6,01E-08
35,86	377,13	387,09	397,05	5,71E-08	6,50E-08
40,58	380,67	390,63	400,59	6,19E-08	6,97E-08

Condutividade

Teor de água (b.u.)	ρ_{AP} (Kg/m ³) mínimo	ρ_{AP} (Kg/m ³)	ρ_{AP} (Kg/m ³) - máximo	α (m ² /s) - mínimo	α (m ² /s)
7,94	350,04	360	369,96	4,57E-08	5,36E-08
16,75	359,93	369,89	379,85	4,91E-08	5,70E-08
26,64	372,12	382,08	392,04	5,22E-08	6,01E-08
35,86	377,13	387,09	397,05	5,71E-08	6,50E-08
40,58	380,67	390,63	400,59	6,19E-08	6,97E-08

Calor específico

Teor de água (b.u.)	ρ_{AP} (Kg/m ³) mínimo	ρ_{AP} (Kg/m ³)	ρ_{AP} (Kg/m ³)	α (m ² /s) - mínimo	α (m ² /s)
7,94	350,04	360	369,96	4,57E-08	5,36E-08
16,75	359,93	369,89	379,85	4,91E-08	5,70E-08
26,64	372,12	382,08	392,04	5,22E-08	6,01E-08
35,86	377,13	387,09	397,05	5,71E-08	6,50E-08
40,58	380,67	390,63	400,59	6,19E-08	6,97E-08

Massa específica

Teor de água (b.u.)	ρ_{AP} (Kg/m ³) mínimo	ρ_{AP} (Kg/m ³)	ρ_{AP} (Kg/m ³) - máximo	α (m ² /s) - mínimo	α (m ² /s)
7,94	350,04	360	369,96	4,57E-08	5,36E-08
16,75	359,93	369,89	379,85	4,91E-08	5,70E-08
26,64	372,12	382,08	392,04	5,22E-08	6,01E-08
35,86	377,13	387,09	397,05	5,71E-08	6,50E-08
40,58	380,67	390,63	400,59	6,19E-08	6,97E-08

α (m ² /s) - máximo	K (W/ m ⁰ C) - mínimo	K (W/ m ⁰ C)	K (W/ m ⁰ C) - máximo	C _p (cal/g ⁰ C)
5,76E-08	1,87E-02	0,019091	1,95E-02	0,1054
5,31E-08	1,96E-02	0,020011	2,04E-02	0,1183
4,78E-08	2,03E-02	0,020719	2,11E-02	0,1386
4,66E-08	2,15E-02	0,021958	2,24E-02	0,1479
4,30E-08	2,29E-02	0,023328	2,38E-02	0,1726

α (m ² /s) - máximo	K (W/ m ⁰ C) - mínimo	K (W/ m ⁰ C)	K (W/ m ⁰ C) - máximo	C _p (cal/g ⁰ C)
5,76E-08	1,87E-02	0,019091	1,95E-02	0,1054
5,31E-08	1,96E-02	0,020011	2,04E-02	0,1183
4,78E-08	2,03E-02	0,020719	2,11E-02	0,1386
4,66E-08	2,15E-02	0,021958	2,24E-02	0,1479
4,30E-08	2,29E-02	0,023328	2,38E-02	0,1726

α (m ² /s) - máximo	K (W/ m ⁰ C) - mínimo	K (W/ m ⁰ C)	K (W/ m ⁰ C) - máximo	C _p (cal/g ⁰ C)
5,76E-08	1,87E-02	0,019091	1,95E-02	0,1054
5,31E-08	1,96E-02	0,020011	2,04E-02	0,1183
4,78E-08	2,03E-02	0,020719	2,11E-02	0,1386
4,66E-08	2,15E-02	0,021958	2,24E-02	0,1479
4,30E-08	2,29E-02	0,023328	2,38E-02	0,1726

α (m ² /s) - máximo	K (W/ m ⁰ C) - mínimo	K (W/ m ⁰ C)	K (W/ m ⁰ C) - máximo	C _p (cal/g ⁰ C)
5,76E-08	1,87E-02	0,019091	1,95E-02	0,1054
5,31E-08	1,96E-02	0,020011	2,04E-02	0,1183
4,78E-08	2,03E-02	0,020719	2,11E-02	0,1386
4,66E-08	2,15E-02	0,021958	2,24E-02	0,1479
4,30E-08	2,29E-02	0,023328	2,38E-02	0,1726

α (m ² /s) - máximo	K (W/ m ⁰ C) - mínimo	K (W/ m ⁰ C)	K (W/ m ⁰ C) - máximo	C _p (cal/g ⁰ C)
5,43E-08	1,95E-02	0,020241	2,10E-02	0,246
5,77E-08	2,20E-02	0,022763	2,35E-02	0,253
6,09E-08	2,37E-02	0,024384	2,51E-02	0,259
6,58E-08	2,64E-02	0,027174	2,79E-02	0,262
7,05E-08	3,10E-02	0,031728	3,25E-02	0,269

α (m ² /s) - máximo	K (W/ m ⁰ C) - mínimo	K (W/ m ⁰ C)	K (W/ m ⁰ C) - máximo	C _p (cal/g ⁰ C)
5,43E-08	1,95E-02	0,020241	2,10E-02	0,246
5,77E-08	2,20E-02	0,022763	2,35E-02	0,253
6,09E-08	2,37E-02	0,024384	2,51E-02	0,259
6,58E-08	2,64E-02	0,027174	2,79E-02	0,262
7,05E-08	3,10E-02	0,031728	3,25E-02	0,269

α (m ² /s) - máximo	K (W/ m ⁰ C) - mínimo	K (W/ m ⁰ C)	K (W/ m ⁰ C) - máximo	C _p (cal/g ⁰ C)
5,43E-08	1,95E-02	0,020241	2,10E-02	0,246
5,77E-08	2,20E-02	0,022763	2,35E-02	0,253
6,09E-08	2,37E-02	0,024384	2,51E-02	0,259
6,58E-08	2,64E-02	0,027174	2,79E-02	0,262
7,05E-08	3,10E-02	0,031728	3,25E-02	0,269

α (m ² /s) - máximo	K (W/ m ⁰ C) - mínimo	K (W/ m ⁰ C)	K (W/ m ⁰ C) - máximo	C _p (cal/g ⁰ C)
5,43E-08	1,95E-02	0,020241	2,10E-02	0,246
5,77E-08	2,20E-02	0,022763	2,33E-02	0,253
6,09E-08	2,37E-02	0,024384	2,49E-02	0,259
6,58E-08	2,64E-02	0,027174	2,77E-02	0,262
7,05E-08	3,10E-02	0,031728	3,25E-02	0,269

C_p (J/Kg ⁰ C) - mínimo	C_p (J/Kg ⁰ C)	C_p (J/Kg ⁰ C) - máximo	K+/(ρ+ Cp+)	K+/(ρo Cp-)	K+/(ρo Cpo)
4,147E+02	4,406E+02	4,665E+02	5,360E-08	6,089E-08	5,731E-08
4,686E+02	4,945E+02	5,204E+02	5,017E-08	5,626E-08	5,331E-08
5,534E+02	5,793E+02	6,052E+02	4,446E-08	4,910E-08	4,691E-08
5,923E+02	6,182E+02	6,441E+02	4,408E-08	4,840E-08	4,638E-08
6,956E+02	7,215E+02	7,474E+02	3,996E-08	4,335E-08	4,180E-08

C_p (J/Kg ⁰ C) - mínimo	C_p (J/Kg ⁰ C)	C_p (J/Kg ⁰ C) - máximo	(ρo)(cpo)(αo)	(ρo)(cp+)(αo)	(ρo)(cp-)(αo)
4,147E+02	4,406E+02	4,665E+02	1,87E-02	1,98E-02	1,76E-02
4,686E+02	4,945E+02	5,204E+02	1,93E-02	2,03E-02	1,83E-02
5,534E+02	5,793E+02	6,052E+02	2,03E-02	2,12E-02	1,94E-02
5,923E+02	6,182E+02	6,441E+02	2,12E-02	2,21E-02	2,03E-02
6,956E+02	7,215E+02	7,474E+02	2,29E-02	2,37E-02	2,21E-02

C_p (J/Kg ⁰ C) - mínimo	C_p (J/Kg ⁰ C)	C_p (J/Kg ⁰ C) - máximo	K+/(ρ+ α+)	K+/(ρo α-)	K+/(ρo αo)
4,147E+02	4,406E+02	4,665E+02	4,34E+02	4,84E+02	4,60E+02
4,686E+02	4,945E+02	5,204E+02	4,92E+02	5,53E+02	5,23E+02
5,534E+02	5,793E+02	6,052E+02	5,63E+02	6,41E+02	6,03E+02
5,923E+02	6,182E+02	6,441E+02	6,09E+02	6,96E+02	6,53E+02
6,956E+02	7,215E+02	7,474E+02	6,95E+02	8,03E+02	7,49E+02

C_p (J/Kg ⁰ C) - mínimo	C_p (J/Kg ⁰ C)	C_p (J/Kg ⁰ C) - máximo	K+/(cpo α+)	K+/(cpo α-)	K+/(cpo αo)
4,147E+02	4,406E+02	4,665E+02	7,690E+02	8,485E+02	8,068E+02
4,686E+02	4,945E+02	5,204E+02	7,785E+02	8,666E+02	8,202E+02
5,534E+02	5,793E+02	6,052E+02	7,640E+02	8,614E+02	8,098E+02
5,923E+02	6,182E+02	6,441E+02	7,766E+02	8,784E+02	8,244E+02
6,956E+02	7,215E+02	7,474E+02	7,662E+02	8,764E+02	8,176E+02

C_p (J/Kg ⁰ C) - mínimo	C_p (J/Kg ⁰ C)	C_p (J/Kg ⁰ C) - máximo	K+/(ρ+ Cp+)	K+/(ρo Cp-)	K+/(ρo Cpo)
1,002E+03	1,028E+03	1,054E+03	5,378E-08	5,813E-08	5,666E-08
1,032E+03	1,058E+03	1,083E+03	5,709E-08	6,158E-08	6,007E-08
1,057E+03	1,083E+03	1,109E+03	5,780E-08	6,221E-08	6,072E-08
1,069E+03	1,095E+03	1,121E+03	6,270E-08	6,743E-08	6,583E-08
1,099E+03	1,124E+03	1,150E+03	7,045E-08	7,565E-08	7,391E-08

C_p (J/Kg ⁰ C) - mínimo	C_p (J/Kg ⁰ C)	C_p (J/Kg ⁰ C) - máximo	(ρo)(cpo)(αo)	(ρo)(cp+)(αo)	(ρo)(cp-)(αo)
1,002E+03	1,028E+03	1,054E+03	1,98E-02	2,03E-02	1,93E-02
1,032E+03	1,058E+03	1,083E+03	2,23E-02	2,28E-02	2,17E-02
1,057E+03	1,083E+03	1,109E+03	2,49E-02	2,54E-02	2,43E-02
1,069E+03	1,095E+03	1,121E+03	2,75E-02	2,82E-02	2,69E-02
1,099E+03	1,124E+03	1,150E+03	3,06E-02	3,13E-02	2,99E-02

C_p (J/Kg ⁰ C) - mínimo	C_p (J/Kg ⁰ C)	C_p (J/Kg ⁰ C) - máximo	K+/(ρ+ α+)	K+/(ρo α-)	K+/(ρo αo)
1,002E+03	1,028E+03	1,054E+03	1,04E+03	1,28E+03	1,09E+03
1,032E+03	1,058E+03	1,083E+03	1,07E+03	1,29E+03	1,12E+03
1,057E+03	1,083E+03	1,109E+03	1,05E+03	1,26E+03	1,09E+03
1,069E+03	1,095E+03	1,121E+03	1,07E+03	1,26E+03	1,11E+03
1,099E+03	1,124E+03	1,150E+03	1,15E+03	1,34E+03	1,19E+03

C_p (J/Kg ⁰ C) - mínimo	C_p (J/Kg ⁰ C)	C_p (J/Kg ⁰ C) - máximo	K+/(cpo α+)	K+/(cpo α-)	K+/(cpo αo)
1,002E+03	1,028E+03	1,054E+03	3,753E+02	4,464E+02	3,808E+02
1,032E+03	1,058E+03	1,083E+03	3,815E+02	4,488E+02	3,868E+02
1,057E+03	1,083E+03	1,109E+03	3,781E+02	4,408E+02	3,831E+02
1,069E+03	1,095E+03	1,121E+03	3,847E+02	4,430E+02	3,894E+02
1,099E+03	1,124E+03	1,150E+03	3,817E+02	4,412E+02	3,857E+02

K+/(p0 Cp+)	K+/(p- Cp0)	K+/(p+ Cp0)	K+/(p- Cp+)	K+/(p+ Cp-)	K+/(p- Cp-)	Ko/(p+ Cp+)
5,413E-08	5,789E-08	5,675E-08	6,030E-08	5,467E-08	6,150E-08	5,243E-08
5,066E-08	5,384E-08	5,279E-08	5,571E-08	5,116E-08	5,682E-08	4,912E-08
4,490E-08	4,737E-08	4,645E-08	4,862E-08	4,534E-08	4,959E-08	4,357E-08
4,451E-08	4,683E-08	4,593E-08	4,794E-08	4,495E-08	4,888E-08	4,324E-08
4,035E-08	4,220E-08	4,139E-08	4,294E-08	4,074E-08	4,378E-08	3,924E-08

(p0)(cp0)(α+)	(p0)(cp+)(α+)	(p0)(cp-)(α+)	(p0)(cp0)(α-)	(p0)(cp+)(α-)	(p0)(cp-)(α-)	(p+)(cp0)(α0)
1,96E-02	2,08E-02	1,85E-02	1,78E-02	1,88E-02	1,67E-02	1,89E-02
2,04E-02	2,14E-02	1,93E-02	1,83E-02	1,92E-02	1,73E-02	1,95E-02
2,15E-02	2,25E-02	2,06E-02	1,91E-02	2,00E-02	1,82E-02	2,05E-02
2,25E-02	2,34E-02	2,16E-02	1,99E-02	2,07E-02	1,91E-02	2,14E-02
2,44E-02	2,53E-02	2,35E-02	2,14E-02	2,21E-02	2,06E-02	2,31E-02

K+/(p0 α+)	K+/(p- α0)	K+/(p+ α0)	K+/(p- α+)	K+/(p+ Cp-)	K+/(p- α-)	Ko/(p+ α+)
4,38E+02	4,64E+02	4,55E+02	4,43E+02	4,79E+02	4,88E+02	4,25E+02
4,97E+02	5,28E+02	5,18E+02	5,02E+02	5,47E+02	5,58E+02	4,81E+02
5,69E+02	6,09E+02	5,97E+02	5,75E+02	6,35E+02	6,48E+02	5,52E+02
6,15E+02	6,59E+02	6,46E+02	6,21E+02	6,89E+02	7,02E+02	5,97E+02
7,02E+02	7,56E+02	7,42E+02	7,09E+02	7,95E+02	8,10E+02	6,83E+02

K+/(cp+ α+)	K+/(cp+ - α0)	K+/(cp+ α-)	K+/(cp- α+)	K+/(cp- α0)	K+/(cp- α-)	Ko/(cp0 α+)
7,263E+02	7,620E+02	8,014E+02	8,17E+02	8,57E+02	8,57E+02	7,52E+02
7,397E+02	7,794E+02	8,235E+02	8,22E+02	8,66E+02	8,66E+02	7,62E+02
7,313E+02	7,752E+02	8,245E+02	8,00E+02	8,48E+02	8,48E+02	7,49E+02
7,454E+02	7,912E+02	8,431E+02	8,11E+02	8,60E+02	8,60E+02	7,62E+02
7,397E+02	7,893E+02	8,460E+02	7,95E+02	8,48E+02	8,48E+02	7,52E+02

K+/(p0 Cp+)	K+/(p- Cp0)	K+/(p+ Cp0)	K+/(p- Cp+)	K+/(p+ Cp-)	K+/(p- Cp-)	Ko/(p+ Cp+)
5,527E-08	5,827E-08	5,514E-08	5,656E-08	5,684E-08	5,978E-08	5,190E-08
5,863E-08	6,173E-08	5,849E-08	5,996E-08	6,025E-08	6,328E-08	5,531E-08
5,930E-08	6,235E-08	5,918E-08	6,063E-08	6,089E-08	6,388E-08	5,611E-08
6,431E-08	6,757E-08	6,418E-08	6,574E-08	6,601E-08	6,921E-08	6,105E-08
7,224E-08	7,584E-08	7,207E-08	7,377E-08	7,413E-08	7,763E-08	6,885E-08

(p0)(cp0)(α+)	(p0)(cp+)(α+)	(p0)(cp-)(α+)	(p0)(cp0)(α-)	(p0)(cp+)(α-)	(p0)(cp-)(α-)	(p+)(cp0)(α0)
2,01E-02	2,06E-02	1,96E-02	1,69E-02	1,73E-02	1,65E-02	2,04E-02
2,26E-02	2,31E-02	2,20E-02	1,92E-02	1,97E-02	1,87E-02	2,29E-02
2,52E-02	2,58E-02	2,46E-02	2,16E-02	2,21E-02	2,11E-02	2,55E-02
2,79E-02	2,85E-02	2,72E-02	2,42E-02	2,48E-02	2,36E-02	2,83E-02
3,10E-02	3,17E-02	3,03E-02	2,72E-02	2,78E-02	2,65E-02	3,14E-02

K+/(p0 α+)	K+/(p- α0)	K+/(p+ α0)	K+/(p- α+)	K+/(p+ Cp-)	K+/(p- α-)	Ko/(p+ α+)
1,07E+03	1,12E+03	1,06E+03	1,10E+03	1,24E+03	1,31E+03	1,01E+03
1,10E+03	1,15E+03	1,09E+03	1,13E+03	1,26E+03	1,33E+03	1,04E+03
1,08E+03	1,12E+03	1,07E+03	1,11E+03	1,23E+03	1,29E+03	1,02E+03
1,10E+03	1,14E+03	1,08E+03	1,13E+03	1,23E+03	1,30E+03	1,04E+03
1,18E+03	1,22E+03	1,16E+03	1,21E+03	1,31E+03	1,38E+03	1,12E+03

K+/(cp+ α+)	K+/(cp+ - α0)	K+/(cp+ α-)	K+/(cp- α+)	K+/(cp- α0)	K+/(cp- α-)	Ko/(cp0 α+)
3,661E+02	3,715E+02	4,355E+02	3,85E+02	3,91E+02	3,91E+02	3,62E+02
3,724E+02	3,775E+02	4,380E+02	3,91E+02	3,96E+02	3,96E+02	3,73E+02
3,693E+02	3,741E+02	4,305E+02	3,87E+02	3,92E+02	3,92E+02	3,70E+02
3,758E+02	3,804E+02	4,378E+02	3,94E+02	3,99E+02	3,99E+02	3,77E+02

Difusividade térmica aparente: α (m²/s)

Ko/(po Cp-)	Ko/(po Cpo)	Ko/(po Cp+)	Ko/(p- Cpo)	Ko/(p+ Cpo)	Ko/(p- Cp+)
5,957E-08	5,606E-08	5,295E-08	5,662E-08	5,552E-08	5,898E-08
5,509E-08	5,220E-08	4,960E-08	5,272E-08	5,169E-08	5,455E-08
4,811E-08	4,596E-08	4,399E-08	4,642E-08	4,551E-08	4,764E-08
4,748E-08	4,549E-08	4,367E-08	4,594E-08	4,505E-08	4,702E-08
4,257E-08	4,105E-08	3,962E-08	4,145E-08	4,065E-08	4,217E-08

Condutividade térmica aparente: K (W/ m °C)

(p+)(cp+)(α)	(p+)(cp-)(α)	(p+)(cpo)(α +	(p+)(cp+)(α +	(p+)(cp-)(α +	(p+)(cpo)(α -)
2,00E-02	1,78E-02	1,98E-02	2,10E-02	1,86E-02	1,80E-02
2,05E-02	1,85E-02	2,06E-02	2,16E-02	1,95E-02	1,85E-02
2,14E-02	1,96E-02	2,17E-02	2,27E-02	2,08E-02	1,93E-02
2,23E-02	2,05E-02	2,27E-02	2,37E-02	2,18E-02	2,01E-02
2,39E-02	2,23E-02	2,47E-02	2,55E-02	2,38E-02	2,16E-02

Calor específico aparente: C_p (J/Kg °C)

Ko/(po α -)	Ko/(po α)	Ko/(po α +	Ko/(p- α)	Ko/(p+ α)	Ko/(p- Cp+)
4,73E+02	4,50E+02	4,29E+02	4,54E+02	4,45E+02	4,33E+02
5,41E+02	5,12E+02	4,86E+02	5,17E+02	5,07E+02	4,91E+02
6,28E+02	5,91E+02	5,57E+02	5,97E+02	5,85E+02	5,63E+02
6,82E+02	6,40E+02	6,03E+02	6,47E+02	6,34E+02	6,09E+02
7,88E+02	7,35E+02	6,89E+02	7,43E+02	7,28E+02	6,96E+02

Massa específica aparente: (Kg/m³)

Ko/(cpo α -)	Ko/(cpo α)	Ko/(cp+ α +	Ko/(cp+ - α)	Ko/(cp+ α -)	Ko/(cp- α +
8,30E+02	7,89E+02	7,10E+02	7,45E+02	7,84E+02	7,99E+02
8,49E+02	8,03E+02	7,24E+02	7,63E+02	8,06E+02	8,04E+02
8,44E+02	7,93E+02	7,17E+02	7,60E+02	8,08E+02	7,84E+02
8,62E+02	8,09E+02	7,31E+02	7,76E+02	8,27E+02	7,95E+02
8,61E+02	8,03E+02	7,26E+02	7,75E+02	8,31E+02	7,80E+02

Difusividade térmica aparente: α (m²/s)

Ko/(po Cp-)	Ko/(po Cpo)	Ko/(po Cp+)	Ko/(p- Cpo)	Ko/(p+ Cpo)	Ko/(p- Cp+)
5,609E-08	5,468E-08	5,334E-08	5,623E-08	5,321E-08	5,458E-08
5,965E-08	5,819E-08	5,680E-08	5,980E-08	5,667E-08	5,809E-08
6,039E-08	5,895E-08	5,757E-08	6,053E-08	5,745E-08	5,886E-08
6,565E-08	6,410E-08	6,262E-08	6,579E-08	6,249E-08	6,401E-08
7,394E-08	7,224E-08	7,061E-08	7,413E-08	7,044E-08	7,210E-08

Condutividade térmica aparente: K (W/ m °C)

(p+)(cp+)(α)	(p+)(cp-)(α)	(p+)(cpo)(α +	(p+)(cp+)(α +	(p+)(cp-)(α +	(p+)(cpo)(α -)
2,09E-02	1,99E-02	2,07E-02	2,12E-02	2,02E-02	1,74E-02
2,34E-02	2,23E-02	2,32E-02	2,38E-02	2,26E-02	1,97E-02
2,61E-02	2,49E-02	2,58E-02	2,65E-02	2,52E-02	2,22E-02
2,89E-02	2,76E-02	2,86E-02	2,93E-02	2,79E-02	2,48E-02
3,21E-02	3,07E-02	3,18E-02	3,25E-02	3,10E-02	2,79E-02

Calor específico aparente: C_p (J/Kg °C)

Ko/(po α -)	Ko/(po α)	Ko/(po α +	Ko/(p- α)	Ko/(p+ α)	Ko/(p- Cp+)
1,23E+03	1,05E+03	1,03E+03	1,08E+03	1,02E+03	1,06E+03
1,25E+03	1,08E+03	1,07E+03	1,11E+03	1,05E+03	1,10E+03
1,22E+03	1,06E+03	1,05E+03	1,09E+03	1,04E+03	1,08E+03
1,23E+03	1,08E+03	1,07E+03	1,11E+03	1,05E+03	1,10E+03
1,31E+03	1,16E+03	1,15E+03	1,20E+03	1,14E+03	1,18E+03

Massa específica aparente: (Kg/m³)

Ko/(cpo α -)	Ko/(cpo α)	Ko/(cp+ α +	Ko/(cp+ - α)	Ko/(cp+ α -)	Ko/(cp- α +
4,31E+02	3,68E+02	3,53E+02	3,58E+02	4,20E+02	3,72E+02
4,38E+02	3,78E+02	3,64E+02	3,69E+02	4,28E+02	3,82E+02
4,31E+02	3,75E+02	3,61E+02	3,66E+02	4,21E+02	3,79E+02
4,31E+02	3,75E+02	3,61E+02	3,66E+02	4,21E+02	3,79E+02

Ko/(p+ Cp-)	Ko/(p- Cp-)	K-/(p+ Cp+)	K-/(p0 Cp-)	K-/(p0 Cp0)	K-/(p0 Cp+)	K-/(p- Cp0)
5,348E-08	6,016E-08	5,126E-08	5,824E-08	5,481E-08	5,177E-08	5,536E-08
5,010E-08	5,564E-08	4,807E-08	5,391E-08	5,109E-08	4,855E-08	5,160E-08
4,443E-08	4,859E-08	4,267E-08	4,712E-08	4,502E-08	4,309E-08	4,546E-08
4,410E-08	4,795E-08	4,240E-08	4,656E-08	4,461E-08	4,282E-08	4,505E-08
4,001E-08	4,299E-08	3,853E-08	4,180E-08	4,030E-08	3,890E-08	4,069E-08

(p+)(cp+)(α-)	(p+)(cp-)(α-)	(p-)(cp0)(α0)	(p-)(cp+)(α0)	(p-)(cp-)(α0)	(p-)(cp0)(α+)	(p-)(cp+)(α+)
1,90E-02	1,69E-02	1,85E-02	1,96E-02	1,74E-02	1,94E-02	2,06E-02
1,94E-02	1,75E-02	1,91E-02	2,01E-02	1,81E-02	2,02E-02	2,12E-02
2,01E-02	1,84E-02	2,01E-02	2,10E-02	1,92E-02	2,13E-02	2,23E-02
2,09E-02	1,92E-02	2,10E-02	2,19E-02	2,01E-02	2,23E-02	2,32E-02
2,23E-02	2,08E-02	2,27E-02	2,35E-02	2,19E-02	2,42E-02	2,51E-02

Ko/(p+ α-)	Ko/(p- α-)	K-/(p+ α+)	K-/(p0 α-)	K-/(p0 α0)	K-/(p0 α+)	K-/(p- α0)
4,68E+02	4,78E+02	4,15E+02	4,63E+02	4,40E+02	4,19E+02	4,44E+02
5,36E+02	5,47E+02	4,71E+02	5,30E+02	5,01E+02	4,76E+02	5,06E+02
6,22E+02	6,35E+02	5,41E+02	6,16E+02	5,79E+02	5,46E+02	5,84E+02
6,76E+02	6,89E+02	5,86E+02	6,69E+02	6,28E+02	5,92E+02	6,34E+02
7,81E+02	7,96E+02	6,70E+02	7,74E+02	7,22E+02	6,77E+02	7,29E+02

Ko/(cp- α0)	Ko/(cp- α-)	K-/(cp0 α+)	K-/(cp0 α-)	K-/(cp0 α0)	K-/(cp+ α+)	K-/(cp+ α0)
8,38E+02	8,82E+02	7,35E+02	8,11E+02	7,72E+02	6,95E+02	7,29E+02
8,47E+02	8,95E+02	7,46E+02	8,30E+02	7,86E+02	7,09E+02	7,47E+02
8,31E+02	8,84E+02	7,33E+02	8,27E+02	7,77E+02	7,02E+02	7,44E+02
8,44E+02	8,99E+02	7,47E+02	8,45E+02	7,93E+02	7,17E+02	7,61E+02
8,33E+02	8,93E+02	7,39E+02	8,45E+02	7,88E+02	7,13E+02	7,61E+02

Ko/(p+ Cp-)	Ko/(p- Cp-)	K-/(p+ Cp+)	K-/(p0 Cp-)	K-/(p0 Cp0)	K-/(p0 Cp+)	K-/(p- Cp0)
5,485E-08	5,769E-08	5,002E-08	5,406E-08	5,270E-08	5,140E-08	5,420E-08
5,837E-08	6,130E-08	5,353E-08	5,773E-08	5,632E-08	5,497E-08	5,787E-08
5,911E-08	6,201E-08	5,442E-08	5,858E-08	5,717E-08	5,584E-08	5,870E-08
6,427E-08	6,739E-08	5,940E-08	6,388E-08	6,237E-08	6,093E-08	6,402E-08
7,246E-08	7,587E-08	6,726E-08	7,223E-08	7,056E-08	6,898E-08	7,241E-08

(p+)(cp+)(α-)	(p+)(cp-)(α-)	(p-)(cp0)(α0)	(p-)(cp+)(α0)	(p-)(cp-)(α0)	(p-)(cp0)(α+)	(p-)(cp+)(α+)
1,78E-02	1,69E-02	1,93E-02	1,98E-02	1,88E-02	1,96E-02	2,01E-02
2,02E-02	1,92E-02	2,17E-02	2,22E-02	2,12E-02	2,20E-02	2,25E-02
2,27E-02	2,16E-02	2,42E-02	2,48E-02	2,36E-02	2,45E-02	2,51E-02
2,54E-02	2,42E-02	2,68E-02	2,75E-02	2,62E-02	2,72E-02	2,78E-02
2,85E-02	2,72E-02	2,98E-02	3,05E-02	2,92E-02	3,02E-02	3,09E-02

Ko/(p+ α-)	Ko/(p- α-)	K-/(p+ α+)	K-/(p0 α-)	K-/(p0 α0)	K-/(p0 α+)	K-/(p- α0)
1,20E+03	1,27E+03	9,70E+02	1,19E+03	1,01E+03	9,97E+02	1,04E+03
1,22E+03	1,29E+03	1,00E+03	1,21E+03	1,05E+03	1,03E+03	1,07E+03
1,19E+03	1,26E+03	9,91E+02	1,19E+03	1,03E+03	1,02E+03	1,06E+03
1,20E+03	1,26E+03	1,01E+03	1,20E+03	1,05E+03	1,04E+03	1,08E+03
1,28E+03	1,35E+03	1,10E+03	1,28E+03	1,14E+03	1,13E+03	1,17E+03

Ko/(cp- α0)	Ko/(cp- α-)	K-/(cp0 α+)	K-/(cp0 α-)	K-/(cp0 α0)	K-/(cp+ α+)	K-/(cp+ α0)
3,77E+02	4,42E+02	3,49E+02	4,15E+02	3,54E+02	3,40E+02	3,45E+02
3,87E+02	4,49E+02	3,61E+02	4,24E+02	3,66E+02	3,52E+02	3,57E+02
3,84E+02	4,42E+02	3,59E+02	4,18E+02	3,64E+02	3,51E+02	3,55E+02
3,81E+02	4,45E+02	3,67E+02	4,22E+02	3,72E+02	3,58E+02	3,62E+02

K-/(\rho+ Cp0)	K-/(\rho- Cp+)	K-/(\rho+ Cp-)	K-/(\rho- Cp-)
5,428E-08	5,767E-08	5,229E-08	5,882E-08
5,059E-08	5,339E-08	4,903E-08	5,445E-08
4,458E-08	4,666E-08	4,352E-08	4,759E-08
4,418E-08	4,611E-08	4,324E-08	4,702E-08
3,991E-08	4,140E-08	3,928E-08	4,221E-08

(\rho-)(cp-)(\alpha+)	(\rho-)(cp0)(\alpha-)	(\rho-)(cp+)(\alpha-)	(\rho-)(cp-)(\alpha-)
1,83E-02	1,76E-02	1,86E-02	1,66E-02
1,91E-02	1,81E-02	1,90E-02	1,72E-02
2,04E-02	1,89E-02	1,98E-02	1,81E-02
2,13E-02	1,97E-02	2,05E-02	1,89E-02
2,33E-02	2,11E-02	2,19E-02	2,04E-02

K-/(\rho+ \alpha0)	K-/(\rho- \alpha+)	K-/(\rho+ \alpha-)	K-/(\rho- \alpha-)
4,35E+02	4,23E+02	4,58E+02	4,67E+02
4,96E+02	4,81E+02	5,25E+02	5,35E+02
5,73E+02	5,51E+02	6,10E+02	6,22E+02
6,22E+02	5,97E+02	6,63E+02	6,76E+02
7,15E+02	6,83E+02	7,66E+02	7,81E+02

K-/(\rho+ \alpha-)	K-/(\rho- \alpha+)	K-/(\rho+ \alpha0)	K-/(\rho- \alpha-)
7,66E+02	7,81E+02	8,20E+02	8,62E+02
7,89E+02	7,87E+02	8,29E+02	8,76E+02
7,91E+02	7,68E+02	8,14E+02	8,65E+02
8,11E+02	7,80E+02	8,28E+02	8,82E+02
8,16E+02	7,66E+02	8,18E+02	8,76E+02

K-/(\rho+ Cp0)	K-/(\rho- Cp+)	K-/(\rho+ Cp-)	K-/(\rho- Cp-)
5,128E-08	5,260E-08	5,286E-08	5,560E-08
5,484E-08	5,622E-08	5,649E-08	5,933E-08
5,572E-08	5,709E-08	5,733E-08	6,014E-08
6,080E-08	6,228E-08	6,254E-08	6,557E-08
6,881E-08	7,043E-08	7,078E-08	7,412E-08

(\rho-)(cp-)(\alpha+)	(\rho-)(cp0)(\alpha-)	(\rho-)(cp+)(\alpha-)	(\rho-)(cp-)(\alpha-)
1,91E-02	1,64E-02	1,69E-02	1,60E-02
2,14E-02	1,87E-02	1,91E-02	1,82E-02
2,39E-02	2,10E-02	2,15E-02	2,05E-02
2,65E-02	2,36E-02	2,41E-02	2,30E-02
2,95E-02	2,65E-02	2,71E-02	2,59E-02

K-/(\rho+ \alpha0)	K-/(\rho- \alpha+)	K-/(\rho+ \alpha-)	K-/(\rho- \alpha-)
9,84E+02	1,03E+03	1,15E+03	1,22E+03
1,02E+03	1,06E+03	1,18E+03	1,25E+03
1,00E+03	1,04E+03	1,16E+03	1,22E+03
1,02E+03	1,07E+03	1,17E+03	1,23E+03
1,11E+03	1,15E+03	1,25E+03	1,32E+03

K-/(\rho+ \alpha-)	K-/(\rho- \alpha+)	K-/(\rho+ \alpha0)	K-/(\rho- \alpha-)
4,05E+02	3,58E+02	3,63E+02	4,26E+02
4,14E+02	3,70E+02	3,75E+02	4,35E+02
4,09E+02	3,68E+02	3,73E+02	4,29E+02
4,13E+02	3,76E+02	3,81E+02	4,33E+02