

As Engenharias frente a Sociedade, a Economia e o Meio Ambiente 4

Henrique Ajuz Holzmann
(Organizador)



Henrique Ajuz Holzmann
(Organizador)

As Engenharias frente a Sociedade, a
Economia e o Meio Ambiente 4

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora
Copyright © Atena Editora
Copyright do Texto © 2019 Os Autores
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora
Editora Executiva: Prof^a Dr^a Antonella Carvalho de Oliveira
Diagramação: Natália Sandrini
Edição de Arte: Lorena Prestes
Revisão: Os Autores

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

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^a Dr^a Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof^a Dr^a Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof^a Dr^a Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof^a Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof^a Dr^a Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof^a Dr^a Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Prof^a Dr^a Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof^a Dr^a Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof.^a Dr.^a Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Conselho Técnico Científico

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof.ª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista
Prof.ª Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof.ª Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
E57	<p>As engenharias frente a sociedade, a economia e o meio ambiente 4 [recurso eletrônico] / Organizador Henrique Ajuz Holzmann. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (As Engenharias Frente a Sociedade, a Economia e o Meio Ambiente; v. 4)</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-433-7 DOI 10.22533/at.ed.337192506</p> <p>1. Engenharia – Aspectos sociais. 2. Engenharia – Aspectos econômicos. 3. Desenvolvimento sustentável. I. Holzmann, Henrique Ajuz. II. Série.</p> <p style="text-align: right;">CDD 658.5</p>
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

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

APRESENTAÇÃO

As obras As Engenharias frente a Sociedade, a Economia e o Meio Ambiente Volume 1, 2, 3 e 4 abordam os mais diversos assuntos sobre métodos e ferramentas nas diversas áreas das engenharias a fim de melhorar a relação do homem com o meio ambiente e seus recursos.

O Volume 1 está disposto em 31 capítulos, com assuntos voltados a engenharia do meio ambiente, apresentando processos de recuperação e reaproveitamento de resíduos e uma melhor aplicação dos recursos disponíveis no ambiente, além do panorama sobre novos métodos de obtenção limpa da energia.

Já o Volume 2, está organizado em 32 capítulos e apresenta uma vertente ligada ao estudo dos solos e águas, com estudos de sua melhor utilização, visando uma menor degradação do ambiente; com aplicações voltadas a construção civil de baixo impacto.

O Volume 3 apresenta estudos de materiais para aplicação eficiente e econômica em projetos, bem como o desenvolvimento de projetos mecânico e eletroeletrônicos voltados a otimização industrial e a redução de impacto ambiental, sendo organizados na forma de 28 capítulos.

No último Volume, são apresentados capítulos com temas referentes a engenharia de alimentos, e a melhoria em processos e produtos.

Desta forma um compendio de temas e abordagens que facilitam as relações entre ensino-aprendizado são apresentados, a fim de se levantar dados e propostas para novas discussões em relação ao ensino nas engenharias, de maneira atual e com a aplicação das tecnologias hoje disponíveis.

Boa leitura

Henrique Ajuz Holzmann

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
VARIAÇÃO ESTACIONAL DA OFERTA E DO PREÇO DE TOMATE LONGA VIDA EM MINAS GERAIS	
Luis Felipe Lima e Silva Douglas Correa de Souza Wilson Roberto Maluf	
DOI 10.22533/at.ed.3371925061	
CAPÍTULO 2	13
ANÁLISE DA CINÉTICA DE SECAGEM DO NABO JAPONES (<i>Raphanus Sativus Var. Acanthioformis</i>) E DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DIFUSIVO DE TRANSFERÊNCIA DE MASSA	
Thayná de Lima Costa Keyvlin dos Santos Pais Marcela Felix dos Santos Monique Mendes dos Santos Raquel Manozzo Galante Leandro Osmar Werle	
DOI 10.22533/at.ed.3371925062	
CAPÍTULO 3	22
CINÉTICA DE SECAGEM DE YACON (<i>Smallanthus sonchifolius</i>) E AVALIAÇÃO DE MODELOS MATEMÁTICOS	
Luan Gustavo dos Santos Thais de Freitas Brauna Joice Cristina Catache Menezes Rosângela Cacho Ferreira Raquel Manozzo Galante Leandro Osmar Werle	
DOI 10.22533/at.ed.3371925063	
CAPÍTULO 4	31
CINÉTICA DE SECAGEM DA FRUTA DE NONI (<i>Morinda citrifolia linn</i>): INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA NA DIFUSIVIDADE EFETIVA	
Thayná de Lima Costa Fernanda de Oliveira Coaresma Bruna Martinhago Raquel Manozzo Galante Leandro Osmar Werle	
DOI 10.22533/at.ed.3371925064	
CAPÍTULO 5	40
AVALIAÇÃO DE MODELOS DE SECAGEM E DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DIFUSIVO DE CARÁ (<i>Dioscorea alata</i>)	
Luan Gustavo dos Santos Cristian Rocha da Silva Marcela Felix dos Santos Raquel Manozzo Galante Leandro Osmar Werle	
DOI 10.22533/at.ed.3371925065	

CAPÍTULO 6 49

TRATAMENTO DE CASTANHA DE CAJU POR RADIAÇÃO UV-C DE LED PARA REDUÇÃO DE BOLORES

Leticia Cabrera Parra Bortoluzzi
Iasmim Pereira de Moraes
Ana Rita Zulim Leite
Brenda Dall Molin
Sidnei Macedo Pereira Filho
Márcia Regina Ferreira Geraldo Perdoncini
Fabio Henrique Poliseli Scopel
Roberto Ribeiro Neli
Roberta de Souza Leone
Heron Oliveira dos Santos Lima

DOI 10.22533/at.ed.3371925066

CAPÍTULO 7 58

AVALIAÇÃO DA AÇÃO ANTIFÚNGICA DOS EXTRATOS BRUTOS DE MUTAMBA E CATUABA CONTRA O FUNGO *Botrytis cinerea*

Amanda Correia Gardenal
Ana Rita Zulim Leite
Iasmim Pereira de Moraes
João Carlos Palazzo de Mello
Daniela Cristina de Medeiros
Danielly Chierrito de Oliveira Tolentino
Mariane Roberta Ritter
Naiara Cássia Gancedo
Sharize Betoni Galende
André Oliveira Fernandes da Silva
Leila Larisa Medeiros Marques
Márcia Regina Ferreira Geraldo Perdoncini

DOI 10.22533/at.ed.3371925067

CAPÍTULO 8 67

COMPARAÇÃO DE LEVEDURAS CERVEJEIRAS SECA E ÚMIDA

Camila A. Carazzato
Mário L. Lopes
Sandra H. da Cruz

DOI 10.22533/at.ed.3371925068

CAPÍTULO 9 76

INFLUÊNCIA DO USO DE TRAÇADOR COLORIDO NO CULTIVO EM ESTADO SÓLIDO

Marianny Silva Canedo
Lucas Portilho da Cunha
João Paulo Henrique
João Cláudio Thoméo

DOI 10.22533/at.ed.3371925069

CAPÍTULO 10 85

AVALIAÇÃO SENSORIAL DE DIFERENTES FORMULAÇÕES DE CUPCAKES COM FARINHA DE TARO (*Colocasia esculenta*) COMO ALTERNATIVA NO DESENVOLVIMENTO DE NOVOS PRODUTOS PARA PORTADORES DE DOENÇA CELÍACA

Pedro Garcia Pereira da Silva
Aline Rodrigues Pontes
Gisele Fernanda Alves da Silva
Marcello Lima Bertuci
Tuany Yuri Kuboyama Nogueira

DOI 10.22533/at.ed.33719250610

CAPÍTULO 11 91

OTIMIZAÇÃO DE FORMULAÇÃO DE BISCOITO TIPO COOKIE ISENTO DE GLÚTEN UTILIZANDO FARINHA DE ARROZ, TEFF E SORGO

Geovana Teixeira de Castro
Luiza Pelinson Tridapalli
Angélica Maria Delovo Fernandes
Flávia Aparecida Reitz Cardoso
Leila Larisa Medeiros Marques
Renata Hernandez Barros Fuchs
Adriana Aparecida Droval
Hellen Fernanda da Silva Paulino
Lucas de Souza Nespeca
Beatriz Musi Sarris Gomes Lourenço
Leonardo Vasconcelos Jacovassi
Pamela da Silva Souza

DOI 10.22533/at.ed.33719250611

CAPÍTULO 12 100

AVALIAÇÃO SENSORIAL DE TRÊS MARCAS DE BACON COMERCIAL

Bruna Grassetti Fonseca
Bianca Guimarães
Maria Julia Neves Martins
Ana Carolina Conti e Silva

DOI 10.22533/at.ed.33719250612

CAPÍTULO 13 108

DESENVOLVIMENTO DE LOMBO DEFUMADO PRODUZIDO COM CARNE DE JAVALI

Lucas de Souza Nespeca
Camila da Silva Venancio
Ana Claudia Montuan de Sousa
Adriana Aparecida Droval
Leila Larisa Medeiros Marques
Renata Hernandez Barros Fuchs
Flávia Aparecida Reitz Cardoso
Natália da Silva Leitão Peres
Angélica Maria Delovo Fernandes
Lucas Shinti Iwamura
Larissa Correa

DOI 10.22533/at.ed.33719250613

CAPÍTULO 14 118

OTIMIZAÇÃO DE MORTADELA COM APLICAÇÃO DE MACA PERUANA

Natália da Silva Leitão Peres
Letícia Cabrera Parra Bortoluzzi
Adriana Aparecida Droval
Leila Larisa Medeiros Marques
Flávia Aparecida Reitz Cardoso
Renata Hernandez BarrosFuchs
Camila da Silva Venancio
Lucas de Souza Nespeca
Luiza Pelinson Tridapalli
Lucas Shinti Iwamura
Larissa Correa
Angélica Maria Delovo Fernandes

DOI 10.22533/at.ed.33719250614

CAPÍTULO 15 127

CARACTERIZAÇÃO DA GELATINA OBTIDA DA PELE DE TILÁPIA DO NILO (*Oreochromis niloticus*)

Bárbara de Sena Nunes Menezes
Beatriz Helena Paschoalinotto
Camila da Silva Venancio
Flávia Aparecida Reitz Cardoso
Adriana Aparecida Droval
Renata Hernandez Barros Fuchs
Pâmela da Silva Souza
Natália da Silva Leitão Peres
Maria Gabriella Felipe Silva
Leila Larisa Medeiros Marques
Larissa Correa
Lucas Shinti Iwamura

DOI 10.22533/at.ed.33719250615

CAPÍTULO 16 137

PREPARAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE MICROCÁPSULAS POLI (UREIA-FORMALDEÍDO) PREENCHIDAS COM ÓLEO DE SILICONE COMO INIBIDOR DE CORROSAO PARA APLICAÇÃO EM TINTAS

Renata França Palhano
Rogério Gomes de Araújo

DOI 10.22533/at.ed.33719250616

CAPÍTULO 17 152

REMOÇÃO DE Cu(II) POR ADSORÇÃO EMPREGANDO CASCA DE COCO MODIFICADA COM FORMALDEÍDO POLIMERIZADO

José Eduardo da Silva
Francisco Idelbrando Lima Rodrigues
Sara Nóbrega Pacífico
Aline Sales Ferreira
Leonardo Félix Santiago
Luisa Celia Melo Pacheco
Francisco André Andrade Aguiar
Vicente Oliveira de Sousa Neto

DOI 10.22533/at.ed.33719250617

CAPÍTULO 18 163

ENTALPIA E ENTROPIA DE SORÇÃO DE ÁGUA DA FARINHA DE CAÑIHUA (*Chenopodium pallidicaule Aellen*)

Julles Mitoura dos Santos Junior
Mona Mellissa Oliveira Cruz
Augusto Pumacahua Ramos
Diana Maria Cano Higueta
Romildo Martins Sampaio
Harvey Alexander Villa Vélez

DOI 10.22533/at.ed.33719250618

CAPÍTULO 19 178

NANOTECNOLOGIA E MEDICINA: NOVAS PERSPECTIVAS PARA O FUTURO

Gustavo Marquezi Borges
Douglas Daniel Dalle Corte
Iago Bissani Pesavento
Odirlei Antônio Magnagnagno

DOI 10.22533/at.ed.33719250619

CAPÍTULO 20 186

RISCO E DOLO EVENTUAL NA INTERFACE ENTRE ENGENHARIA E DIREITO

Antonio Maria Claret-Gouveia
Alberto Frederico Vieira de Sousa-Gouveia
Miguel Paganin Neto

DOI 10.22533/at.ed.33719250620

CAPÍTULO 21 199

AVALIAÇÃO ANTROPOMÉTRICA EM POSTOS DE TRABALHO DE MARCENARIAS NA CIDADE DE MOSSORÓ – RN

Bruno Ítalo Franco de Oliveira
Fabrícia Nascimento de Oliveira
Carolina Mendes Lemos
João Márcio Rebouças Araújo
Thaynon Brendon Pinto Noronha
Wandick Nascimento Dantas
Pedro Renato Moraes Salgado
Anderson Nunes Silva
Ana Victoria Carlos Almeida
Luara Karolinny Machado de Oliveira
Jerfson Moura Lima

DOI 10.22533/at.ed.33719250621

CAPÍTULO 22 216

COMO A DISSEMINAÇÃO EFICIENTE DAS POLÍTICAS DE TI PODE INFLUENCIAR NA MELHORIA DOS SERVIÇOS PRESTADOS À CIDADE

Luiz Fernando Rocha Pombo
Ana Paula Guzela Bertolin

DOI 10.22533/at.ed.33719250622

CAPÍTULO 23 228

ESTUDO COMPARATIVO DE DESEMPENHO DE EXECUÇÃO DE ALGORITMOS NO CUDA E NO OPENCL

Antonio Raian de Lima Mendes

Angelo Amâncio Duarte

DOI 10.22533/at.ed.33719250623

SOBRE O ORGANIZADOR..... 234

ENTALPIA E ENTROPIA DE SORÇÃO DE ÁGUA DA FARINHA DE CAÑIHUA (*Chenopodium pallidicaule Aellen*)

Julles Mitoura dos Santos Junior

Universidade Federal do Maranhão
São Luís – Maranhão

Mona Mellissa Oliveira Cruz

Universidade Federal do Maranhão
São Luís – Maranhão

Augusto Pumacahua Ramos

Universidad Nacional Intercultural de Quillabamba
Quillabamba, Cusco – Perú

Diana Maria Cano Higueta

Universidade Estadual Paulista
São José do Rio Preto – São Paulo

Romildo Martins Sampaio

Universidade Federal do Maranhão
São Luís – Maranhão

Harvey Alexander Villa Vélez

Universidade Federal do Maranhão
São Luís – Maranhão

RESUMO: Utilizou-se o método gravimétrico estático para determinar o calor isostérico da farinha de cañihua (*Chenopodium pallidicaule Aellen*) a três temperaturas (30, 45 e 60°C) e atividades de água na faixa de 0,000 até 0,769. Para a modelagem dos dados experimentais foram utilizados 5 modelos matemáticos, os modelos teóricos de GAB e BET, e os modelos empíricos de Oswin, Henderson e Halsey. O modelo de GAB apresentou a melhor simulação

dos dados experimentais, apresentando $R^2 > 0,99$ e $RMSE < 3,6 \times 10^{-3}$ e, dessa forma, utilizou-se os parâmetros do mesmo para a determinação do calor isostérico e entropia de sorção da água. A umidade de equilíbrio foi analisada em função das temperaturas e percebe-se que a absorção de água é menor para maiores temperaturas. Aplicou-se a equação de Clausius-Clapeyron a um teor de umidade constante para determinar o calor isostérico de sorção da farinha cañihua. Os pontos mais homogêneos, em termos de energia, foram encontrados na faixa de teor de umidade de 0,042 a 0,0379 Kg/kg,bs, onde foi obtido o valor máximo de entalpia. Os resultados obtidos para as propriedades termodinâmicas, com uso dos modelos matemáticos, apresentam-se coerentes e passíveis de discussão acerca das propriedades da farinha de cañihua.

PALAVRAS-CHAVE: denominação de origem, modelagem e simulação, propriedades diferenciais, termodinâmica estatística.

WATER SORPTION ENTHALPY AND ENTROPY OF CAÑIHUA FLOUR (*Chenopodium pallidicaule Aellen*)

ABSTRACT: The static gravimetric method was used to determine the water sorption enthalpy of cañihua (*Chenopodium pallidicaule Aellen*)

at three temperatures (30, 45 and 60 ° C) and water activities with a maximum value of 0,769. Five models were used to modeling the experimental data: the theoretical models of GAB and BET, and the empirical models of Oswin, Henderson and Halsey. The GAB model has the best fitting results with the experimental data, showing $R^2 > 0,99$ and $RMSE < 3,6 \times 10^{-3}$ and, using the same parameters to determine the water sorption enthalpy and entropy. The equilibrium moisture was analyzed as a function of the temperatures and it is perceived that the water absorption is lower for higher temperatures. The Clausius-Clapeyron equation was applied to a constant moisture content to determine the sorption enthalpy of Cañihua flour. The most homogeneous points in terms of energy were found in the range of moisture content of 0,042 a 0,0379 kg/kg, d.b, being have the maximum value of differential enthalpy. The results obtained for the thermodynamic properties with the use of the mathematical models are coherent and can be discussed about the properties of Cañihua flour.

KEYWORDS: designation of origin, modeling and simulation, differential properties, statistic thermodynamics.

NOMENCLATURA

X_e	-	umidade de equilíbrio em base seca (kg/kg, b.s).
m_u	-	massa úmida da amostra (g).
m_s	-	massa seca da amostra (g).
a_w	-	atividade de água.
X_m	-	umidade de equilíbrio na monocamada.
C	-	constante de BET.
$C e K$	-	constantes de adsorção relacionadas às interações energéticas entre moléculas da monocamada e moléculas próximas dos sítios ativos.
$a e b$	-	constantes dos modelos empíricos que dependem da temperatura e da natureza do produto.
λ	-	calor latente de vaporização da água pura (KJ/mol).
α	-	parâmetro de correlação equação de segundo grau proveniente do modelo de GAB (adimensional)
β	-	parâmetro de correlação equação de segundo grau proveniente do modelo de GAB (adimensional)
q_s	-	calor líquido de sorção (kJ/kg).
Q_s	-	calor isostérico de sorção (kJ/kg).
ΔS	-	entropia molar diferencial (kJ/mol K).
ΔG	-	energia livre de Gibbs (kJ/mol).
R	-	constante universal dos gases (kJ/ mol K).
$RMSE$	-	raiz quadrática do erro médio relativo.
Y'	-	dados de umidade de equilíbrio predita pelos modelos.
Y	-	dados de umidade de equilíbrio experimental.
\bar{y}	-	dados de umidade de equilíbrio média.

1 | INTRODUÇÃO

A cañihua (*Chenopodium pallidicaule*) é uma planta agrícola cultivada na região dos Andes do sul do Peru e na Bolívia, em condições climáticas e ecológicas consideradas as mais difíceis do mundo (REPO-CARRASCO-VALENCIA, 1998). A cañihua contribuiu para a sobrevivência dos povos andinos há centena de anos, sendo comumente confundida com a quinoa, por isso que regionalmente é conhecida como “quinoa silvestre” (PAEZ; EYZAGUIRRE, 2004). A Tabela 1 apresenta a classificação botânica da cañihua.

Sub-reino	Vegetal
Divisão	Phanerogamae
Classe	Angiospermae
Subclasse	Dicotyledoneae
Ordem	Archychlamydease
Família	Centrospermae
Gênero	Chenopodium
Espécie	Chenopodium pallidicaule Aellen

Tabela 1 – Classificação botânica da Cañihua.
(IPGRI, 2005).

O grão da cañihua possui alto conteúdo de amido (53-66%), elevadas proporções de proteínas (16-19%), o que está um pouco acima do encontrado em outros cereais, possui boas proporções de aminoácidos, ácidos graxos, além de ser boa fonte de polifenóis e outros antioxidantes (PEÑARRIETA et al., 2008; REPO-CARRASCO-VALENCIA et al., 2009). Sala-Valero (2017) estudou a extração do amido da cañihua para aplicações em filmes biodegradáveis e obteve filmes com boa resistência mecânica.

Apesar do seu alto valor nutritivo e da importância do seu cultivo, o consumo de cañihua tem diminuído entre os povos andinos devido à inserção de produtos industrializados de baixo custo, tais como arroz e macarrão. Paez e Eyzaguirre (2004) indicam que a redução do consumo de cañihua, tem causado enorme pressão socioeconômica nas comunidades do Altiplano, sendo pressionadas a introduzir outros cultivos, o que provoca a migração para as cidades.

O cultivo da cañihua é encontrado em climas de 3600 a 4400 m de altitude e baixas temperaturas, de -3°C a -10°C (MUJICA, 1992). As condições de cultivo da cañihua revelam uma das maiores importâncias para o cultivo da mesma, pois para dadas condições climáticas e ecológicas, é pouco provável o cultivo de outros cereais, por esse motivo, a cañihua tem fornecido alimento para os povos do altiplano peruano e boliviano durante muitos anos (REPO-CARRASCO-VALENCIA et al., 2009).

Dentre os fatores que desencadeiam a desutilidade do alimento durante o seu armazenamento, as condições de temperatura e umidade relativa do meio apresentam enorme significância quando estas não são condicionadas de acordo com as propriedades individuais de cada alimento. Faz-se necessário o conhecimento de propriedades físicas e químicas dos mesmos que apresentem alternativas para otimizar as condições de armazenamento (KUMAR, 1974).

A água presente nos alimentos é o principal fator a ser considerado quando se tem interesse em avaliar o comportamento de um alimento com relação às propriedades do ambiente, pois esta é o principal meio para o crescimento microbiano e funciona como solvente nas transformações químicas e bioquímicas no alimento. A atividade de água é o indicativo da quantidade de moléculas livres de água disponíveis para ocasionar deterioração das propriedades do alimento (LABUZA, 1977).

As isotermas de sorção correspondem ao espaço geométrico que relaciona a umidade de equilíbrio de um alimento a determinadas condições de atividade de água e temperatura do meio. O conhecimento das interações do alimento com o ambiente é de fundamental importância para o controle da umidade relativa do ar para a garantia da estabilidade do produto, tendo em vista que quando a pressão de vapor de água na superfície do material não é igual à do ar que o envolve, espontaneamente ocorre o fenômeno de transferência de massa até que o equilíbrio seja alcançado. As isotermas de sorção de água de um alimento fornecem informações fundamentais para evitar a migração de água entre o alimento e o ambiente, para determinar a permeabilidade requerida no material embalado, para determinar o teor de umidade que impede o crescimento de microrganismos no alimento e para determinar a estabilidade física e química dos alimentos em função do seu conteúdo de umidade (OLIVERA, 2008).

As propriedades termodinâmicas obtidas através das isotermas de sorção são indispensáveis para a busca de melhores condições de processamento de alimentos. Dentre as mais importantes estimativas feitas acerca do conhecimento destas, tem-se a energia de ligação de água e a estimativa dos resultados para a monocamada molecular de água, estes indicam a relação com as reações químicas que determinam a deterioração dos materiais biológicos (PARK et al., 2008).

O calor isostérico ou entalpia de sorção, é a propriedade termodinâmica que apresenta uma estimativa da quantidade de calor mínima requerida para remover uma determinada quantidade de água de um alimento. Além disso, o calor isotérico permite tomar conclusões sobre a microestrutura e as possíveis mudanças física que ocorrem na superfície do alimento (ALMEIDA; FONSECA; GOUVEIA, 1999).

Outra propriedade de ampla interpretação é a entropia molar diferencial. A entropia diferencial estima o grau de desordem de um sistema, dessa forma, é um bom indicativo para a organização das partículas de água nos sítios ativos de um produto (RIZVI, 1986).

Mediante o exposto previamente, o presente trabalho tem como objetivo determinar as propriedades termodinâmicas de sorção de água da farinha de cañihua,

ampliando os conhecimentos sobre este produto na busca das melhores condições para seu armazenamento e processo de secagem.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Matéria prima

No trabalho foi utilizada a cañihua (*Chenopodium pallidicaule*) a qual foi adquirida no mercado local da cidade de Juliaca, Peru.

2.2 Isotermas de Sorção

Para obtenção das isotermas de adsorção de água, utilizou-se o método gravimétrico estático (JOWITT et al., 1983). Amostras em triplicata foram pesadas com aproximadamente 1 g de farinha de cañihua em cadinhos de plástico e armazenados em recipientes herméticos contendo soluções diluídas de ácido sulfúrico (H_2SO_4). Foram preparadas 6 soluções diluídas de ácido sulfúrico, cada uma destinada a um recipiente hermético. As temperaturas de 30, 45 e 60 °C foram mantidas constantes utilizando uma câmara tipo B.O.D. (modelo NT 703, Novatecnica, Brasil). As amostras foram pesadas em intervalos de 24h até alcançar o equilíbrio higroscópico, onde o material deixa de doar ou receber conteúdo de umidade. A tabela 2 apresenta as concentrações das soluções diluídas de ácido sulfúrico utilizadas com as atividades de água em função da temperatura.

[H ₂ SO ₄]	a _w		
	30°C	45°C	60°C
30%	0,7549	0,7624	0,7691
40%	0,5711	0,5848	0,5986
50%	0,3574	0,3770	0,3956
60%	0,1677	0,1833	0,1986
70%	0,0470	0,0544	0,0621
80%	0,0000	0,0000	0,0000

Tabela 2 – Atividade de água do ácido sulfúrico em função da concentração da solução e temperatura.
(RIZVI, 1986).

Para obtenção da massa seca, as amostras foram levadas à uma estufa de desidratação à 105°C. A análise do equilíbrio higroscópico da farinha de cañihua foi feita seguindo a metodologia AOAC (1997). As umidades de equilíbrio apresentam uma relação da massa de equilíbrio de cada amostra com a massa seca da mesma. Para obtenção destas, utilizou-se a Equação 1.

$$X_e = \frac{m_u - m_s}{m_s} \quad (1)$$

2.3 Modelagem matemática das isotermas de sorção

As isotermas de sorção podem ser preditas seguindo ajustes de dados experimentais por modelos propostos na literatura, estes são úteis no conhecimento das características dos produtos. A Tabela 3 apresenta os modelos teóricos (GAB e BET) e empíricos (Oswin, Henderson, Halsey) utilizados no trabalho para modelar as isotermas de adsorção de água da farinha de cañihua.

Modelo	Equação	Referência
GAB	$X_e = \frac{X_m CKa_w}{(1 - Ka_w)[1 + (C - 1)Ka_w]}$ (2)	(VAN DEN BERG, 1985)
BET	$X_e = \frac{X_m Ca_w}{(1 - a_w)[1 + (C - 1)a_w]}$ (3)	(BRUNAUER et al., 1940)
Oswin	$X_e = a \left(\frac{a_w}{1 - a_w} \right)^b$ (4)	(LOMAURO; BAKSHI; LABUZA, 1985)
Henderson	$X_e = \left(\frac{-a}{\ln a_w} \right)^{\frac{1}{b}}$ (5)	(HENDERSON, 1952)
Halsey	$X_e = \left(\frac{-\ln(1 - a_w)}{a} \right)^{\frac{1}{b}}$ (6)	(HALSEY, 1948)

Tabela 3 – Modelos de ajuste de isotermas de sorção.

Na validação estatística da modelagem e simulação foi empregado o coeficiente de determinação (R^2) (Eq. 7) e a raiz quadrática do erro médio relativo ($RMSE$) (Eq. 8). O R^2 determina a eficiência dos modelos propostos frente à variação dos dados. Já o parâmetro estatístico $RMSE$ é um critério que avalia a precisão das estimativas (SABLANI; BAIK; MARCOTTE, 2002).

$$R^2 = \frac{\sum_{k=1}^{\beta} (y_k^* - \bar{y})^2}{\sum_{k=1}^{\beta} (y_k - \bar{y})^2} \quad (7)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{k=1}^n (y_k - y_k^*)^2} \quad (8)$$

2.4 Determinação das propriedades termodinâmicas

As propriedades termodinâmicas das isotermas de sorção de água são formas muito úteis para avaliar as interações água/material e o comportamento das moléculas e água na superfície e no interior dos alimentos (VILLA-VÉLEZ et al., 2012). Essas propriedades são importantes para avaliar do alimento acerca de operações de processamento como secagem, mistura e armazenamento (PÉREZ-ALONSO et al., 2006).

O cálculo do calor isostérico de vários alimentos são obtidos através da equação de Clausius-Clapeyron (Eq. 9) (IGLESIAS; CHIRIFE, 1976).

$$\frac{\partial(\ln a_w)}{\partial(1/T)} = -\frac{q_s}{R} \quad (9)$$

O calor isostérico de sorção representa a quantidade de energia necessária para evaporar a água adsorvida na fase líquida do produto (YOSHIDA, 1997). Essa propriedade é definida como a soma do calor líquido de sorção com a energia de vaporização da água pura.

$$Q_s = q_s + \lambda \quad (10)$$

Outro parâmetro termodinâmico de grande importância para o estudo da interação água/produto é a entropia molar diferencial. Esta parâmetro está associado com as forças de ligação ou repulsão no sistema (VILLA-VÉLEZ et al., 2012). A equação de Gibbs-Helmholtz (Eq. 11) apresenta a entropia relacionada com o calor isostérico de sorção, energia livre de Gibbs e a temperatura do sistema.

$$\Delta S = \frac{Q_s - \Delta G}{T} \quad (11)$$

A energia livre de Gibbs (ΔG) (Eq. 12) é descrita como:

$$\Delta G = RT \ln a_w \quad (12)$$

Combinando as Eqs. 11 e 12, obtém-se uma relação linear para o calor isostérico de sorção e a entropia molar diferencial variando com a temperatura.

$$-\ln(a_w) = -\frac{Q_s}{RT} - \frac{\Delta S}{R} \quad (13)$$

Desta forma pode ser obtida uma relação linear para estimar as propriedades termodinâmicas de interesse. Os valores de atividade de água podem ser preditos pelos modelos de ajuste apresentados na Tabela 3 utilizando os coeficientes das mesmas. O calor latente de vaporização da água pura é relacionado com a temperatura média de operação através da equação (AVIARA; AJIBOLA, 2002):

$$\lambda = 2502,2 - 2,39\bar{T} \quad (14)$$

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Isotermas de adsorção de água e modelagem matemática

A Tabela 4 apresenta os resultados experimentais da umidade de equilíbrio da farinha de cañihua em função da atividade de água e temperatura do meio.

T=30°C		T=45°C		T=60°C	
a_w	X_e (kg/kg, b.s.)	a_w	X_e (kg/kg, b.s.)	a_w	X_e (kg/kg, b.s.)
0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
0,0470	0,0083	0,0544	0,0051	0,0621	0,0030
0,1677	0,0149	0,1833	0,0113	0,1986	0,0061
0,3574	0,0266	0,3770	0,0233	0,3956	0,0180
0,5711	0,0611	0,5848	0,0468	0,5986	0,0381
0,7549	0,1086	0,7624	0,0858	0,7691	0,0772

Tabela 4 – Umidade de equilíbrio experimental da cañihua.

Utilizando a metodologia de regressão não-linear, os modelos foram ajustados de forma a minimizar o erro relativo médio entre os dados experimentais e preditos. A Tabela 5 apresenta os valores dos parâmetros calculados para os ajustes acompanhados dos parâmetros estatísticos que indicam a eficiência dos ajustes.

Modelo	Parâmetros	T=30°C	T=45°C	T=60°C
GAB	X_m	0,0290	0,0223	0,0170
	C_G	3,7173	3,1754	2,3760
	K	1,0000	1,0010	1,0415
	R^2	0,9982	0,9993	0,9990
	RMSE	0,0036	0,0003	0,0004

BET	X_m	0,0290	0,0224	0,0187
	C	3,7173	3,1416	1,1065
	R^2	0,9982	0,9993	0,9990
	$RMSE$	0,0036	0,0003	0,0014
Oswin	a	0,0479	0,0354	0,0264
	b	0,7286	0,7605	0,9004
	R^2	0,9979	0,9998	0,9997
	$RMSE$	0,0021	0,0008	0,0007
Henderson	a	1,0081	1,0363	0,7533
	b	13,1769	20,9824	10,3561
	R^2	0,9949	0,9950	0,9988
	$RMSE$	0,0045	0,0018	0,0017
Halsey	a	0,0358	0,0338	0,0415
	b	0,9284	0,8747	0,7204
	R^2	0,9958	0,9956	0,9938
	$RMSE$	0,0015	0,0011	0,0013

Tabela 5 – Resultados dos parâmetros de ajuste para as isotermas de adsorção de água da cañihua.

Os resultados apresentados na Tabela 5 demonstram que todos os modelos testados descrevem satisfatoriamente as isotermas de adsorção, uma vez que seus coeficientes de determinação apresentam valores acima de 0,99. Porém, a melhor representação das isotermas de adsorção de água da farinha de cañihua foi obtida pelo ajuste com o modelo de GAB, pois apresentou maiores valores de coeficiente de determinação (R^2).

As isotermas de adsorção para a farinha de cañihua evidenciam curvas com comportamento sigmoidal (Figura 1), classificadas como isotermas do tipo II, segundo Brunauer et al. citado por Rizvi (1986). Isotermas de formas semelhantes foram verificadas para o coentro e para a farinha de milho (KUMAR, 1974; SILVA et al., 2010).

As isotermas de adsorção para as temperaturas em estudo, indicam que o aumento da atividade de água desencadeia em aumentos da umidade de equilíbrio da farinha. Verifica-se também, decréscimos da umidade de equilíbrio com o aumento da temperatura. Esse comportamento é justificado pelo aumento da pressão de vapor de água no ar e na superfície do produto, sendo maior na superfície do produto, pois esta apresenta maior número de moléculas de água que o ar. O aumento da pressão de vapor na superfície do produto implica em perdas mais significativas do conteúdo de umidade a fim de atingir o equilíbrio (FERREIRA; PENA, 2003).

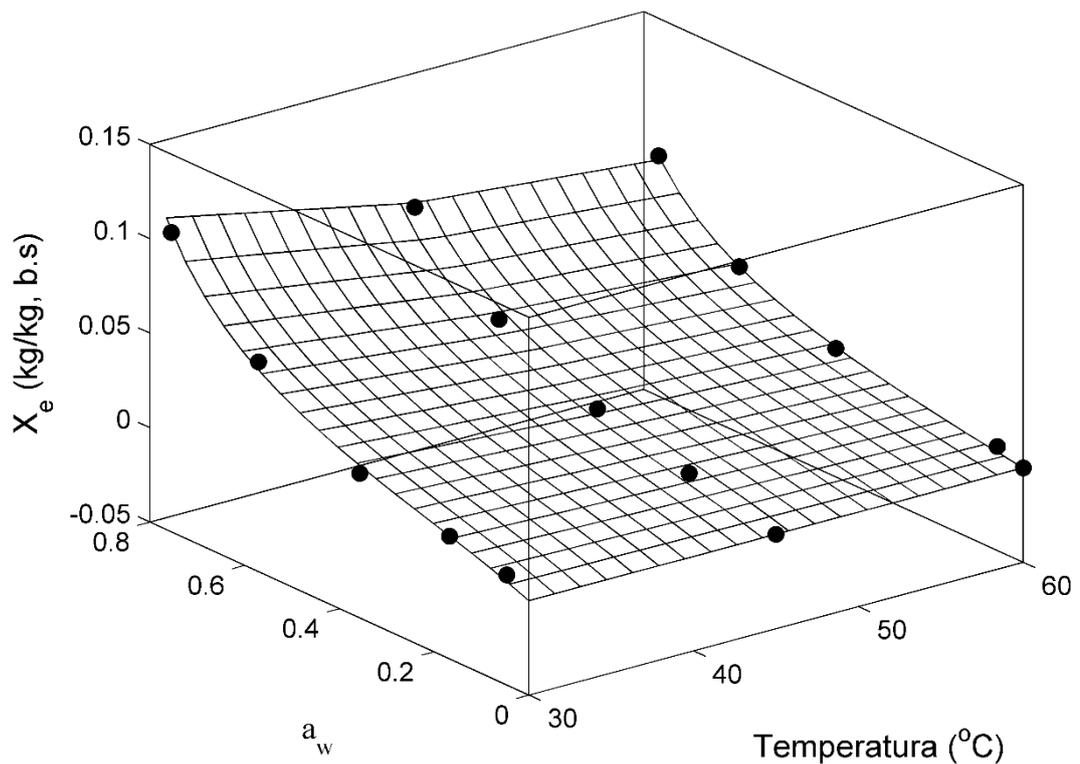


Figura 1 – Valores experimentais do conteúdo de umidade de equilíbrio da cañihua (●) e calculados (malha) através do modelo de GAB.

3.2 Propriedades termodinâmicas de sorção da água

O conhecimento do calor isostérico de sorção é fundamental para a análise dos fenômenos de transferência de calor e massa de um produto com respeito ao meio que o contém (AVIARA; AJIBOLA, 2002). Tendo em vista que o modelo de GAB é o que melhor ajusta os dados experimentais, faz-se necessário expressar a atividade de água em função dos parâmetros do modelo. Para isto, foram realizados tratamentos matemáticos para facilitar o procedimento. A (Eq. 15) apresenta o modelo de GAB reescrito de uma forma alternativa.

$$(C-1)K^2 a_w^2 + \left[2 - C \left(1 - \frac{X_m}{X_e} \right) \right] K a_w - 1 = 0 \quad (15)$$

Sendo que os parâmetros α e β foram criados para realizar substituições na (Eq. 15), fazendo que:

$$\alpha = (C-1)K^2 \quad (16)$$

$$\beta = \left[2 - C \left(1 - \frac{X_m}{X_e} \right) \right] K \quad (17)$$

Substituindo α e β na Eq. 15, obtém-se:

$$\alpha a_w^2 + \beta a_w - 1 = 0 \quad (18)$$

A (Eq. 18) é uma equação do segundo grau que apresenta duas soluções, no entanto, para obtenção da atividade de água será utilizada somente a raiz positiva da desta como foi feito por Villa-Vélez et al. (2012).

$$a_w = \frac{-\beta + \sqrt{\beta^2 + 4\alpha}}{2\alpha} \quad (19)$$

A Figura 2 apresenta as linearizações da equação de Clausius-Clapeyron, onde o coeficiente angular de cada reta relaciona o calor isostérico de adsorção de água da farinha de cañihua a um determinado valor de umidade de equilíbrio. Os coeficientes lineares relacionam a entropia diferencial molar de adsorção a um dado valor de umidade de equilíbrio.

A Figura 3 apresenta o calor isostérico e a entropia molar diferencial de sorção da farinha de cañihua. O calor isostérico se apresenta como função inversa da umidade de equilíbrio, apresentando crescimento exponencial com o decréscimo da umidade de equilíbrio da farinha de cañihua, sendo mais expressivo para umidades de equilíbrio abaixo de 0,02 (kg/kg, b.s). Resultados similares foram obtidos para o estudo das isotermas de adsorção do trigo (CORREA et al., 2005). Iglesias & Chirife (1976) atribuem esse comportamento ao fenômeno de sorção.

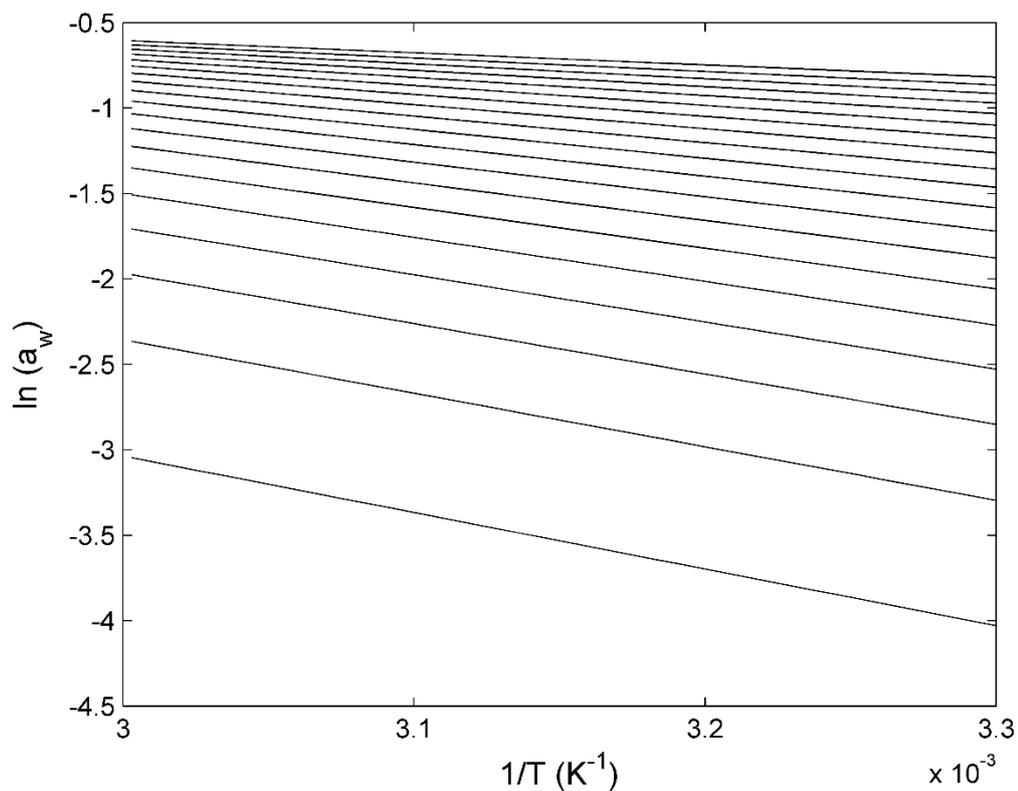


Figura 2 – Linearizações da equação Clausius-Clapeyron.

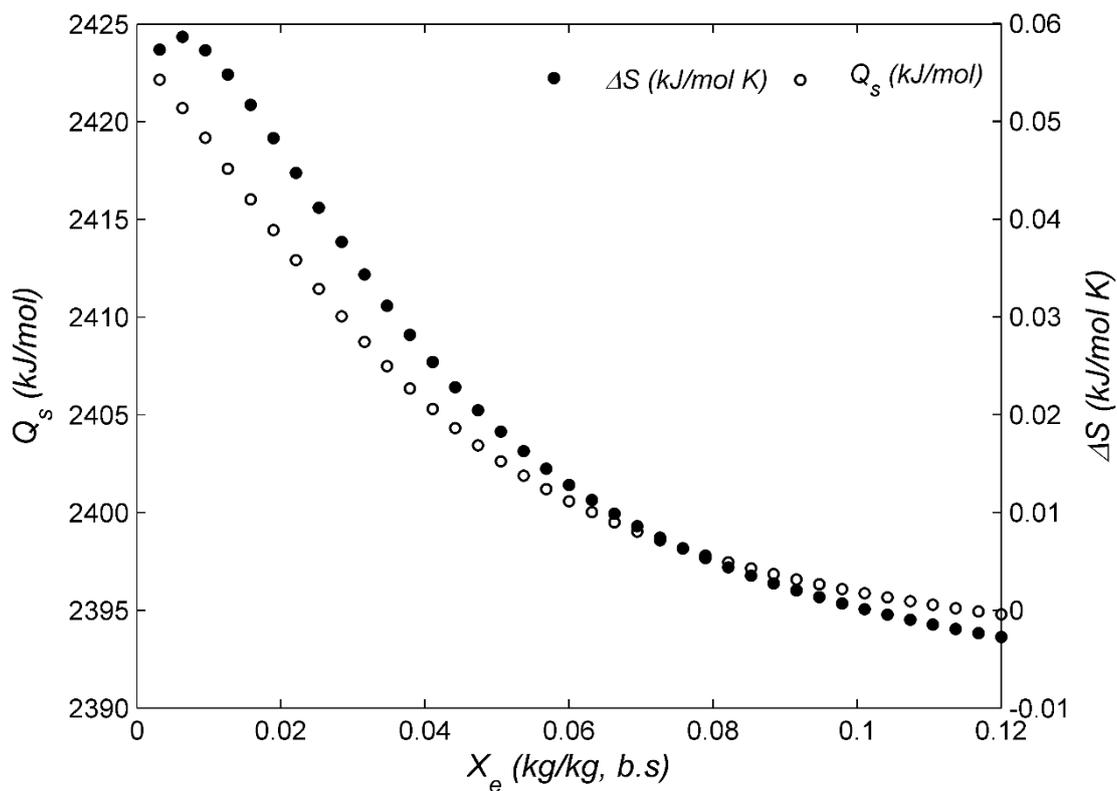


Figura 3 – Calor isostérico e entropia molar diferencial de sorção de água da farinha de cañihua.

O aumento do calor isostérico de sorção para baixas umidades de equilíbrio, justifica-se pelas diferenças nas forças de ligação da água com a superfície da farinha,

pois nos estágios iniciais de adsorção, existem sítios de sorção muito ativos, onde há altos níveis de energia de interação na superfície adsorvente (AL-MUHTASEB; MCMINN; MAGEE, 2004).

Durante o processo de adsorção, as moléculas de água vão se ligando aos locais de sorção com maior potencial ativo por ligações químicas. À medida que o conteúdo de umidade da farinha aumenta, restam locais menos ativos para a adsorção de água, locais onde há menor energia de interação água/produto, conseqüentemente, menor calor isostérico de sorção (WANG; BRENNAN, 1991).

O comportamento decrescente do calor isostérico, implica que com a redução do conteúdo de umidade presente na farinha, ocorre aumento de energia necessária para remoção de água do produto, o que implica em maior necessidade energética para secagem da farinha (PÉREZ-ALONSO et al., 2006).

A entropia molar diferencial apresenta comportamento semelhante ao calor isostérico, sendo função inversa da umidade de equilíbrio. Esta apresenta uma estimativa quanto a quantidade de sítios ativos disponíveis a um dado nível energético (AL-MUHTASEB; MCMINN; MAGEE, 2002). A medida em que a farinha de cañihua ganhar conteúdo de umidade do meio, os sítios ativos da mesma tendem a preencher-se de água, restando menos sítios ativos livres para a ocorrência do fenômeno de adsorção, por esse motivo as entropias associadas aos sítios ativos livres tornam-se menores.

4 | CONCLUSÕES

O modelo de GAB teve o melhor comportamento preditivo para as isotermas de adsorção da farinha de cañihua na faixa de temperatura de 30 até 60 °C. Este modelo continua sendo um dos mais importantes na predição do comportamento da umidade de equilíbrio frente à atividade de água, onde a cañihua inclui-se como outro material na vasta base de dados representada pelo modelo. Além disso, com os parâmetros linearizados do modelo de GAB foi possível determinar a entalpia e entropia diferenciais de sorção de água do material, sendo que para futuros trabalhos deverão ser exploradas propriedades integrais a fim de determinar as melhores condições de estabilidade do produto em função da atividade de água e/ou umidade de equilíbrio.

REFERÊNCIAS

AL-MUHTASEB, A. H.; MCMINN, W. A. M.; MAGEE, T. R. A. Moisture Sorption Isotherm Characteristics of Food Products: A Review. **Food and Bioproducts Processing**, v. 80, n. 2, p. 118-128, 2002.

_____. Water sorption isotherms of starch powders: Part 1: mathematical description of experimental data. **Journal of Food Engineering**, v. 61, n. 3, p. 297-307, 2004.

ALMEIDA, F. D. A. C.; FONSECA, K. S.; GOUVEIA, J. P. G. D. SECAGEM NATURAL DE GERGELIM

E DETERMINAÇÃO DA UMIDADE DE EQUILÍBRIO. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 3, p. 343-348, 1999.

AOAC. **Official Methods of Analysis of AOAC International**. Gaithersburg: Association of Official Analytical Chemists International AOAC 1997.

AVIARA, N. A.; AJIBOLA, O. O. Thermodynamics of moisture sorption in melon seed and cassava. **Journal of Food Engineering**, v. 55, n. 2, p. 107-113, 2002.

BRUNAUER, S.; DEMING, L. S.; DEMING, W. E.; TELLER, E. On a Theory of the van der Waals Adsorption of Gases. **Journal of the American Chemical Society**, v. 62, n. 7, p. 1723-1732, 1940.

CORREA, P.; GONELI, A.; RESENDE, O.; MARTINAZZO, A. P.; BOTELHO, F. **COMPARAÇÃO ENTRE OS MÉTODOS ESTÁTICO E DINÂMICO NA DETERMINAÇÃO DO EQUILÍBRIO HIGROSCÓPICO DAS ESPÍGAS DE MILHO**. ed. 2005. 141-149 p.

FERREIRA, C. D.; PENA, R. S. Comportamento higroscópico da farinha de pupunha (*Bactris gasipaes*). **Food Science and Technology**, v. 23, p. 251-255, 2003.

HALSEY, G. Physical adsorption on non-uniform surfaces. **The Journal of chemical physics**, v. 16, n. 10, p. 931-937, 1948.

HENDERSON, S. A basic concept of equilibrium moisture. **Agricultural engineering**, v. 33, p. 29-32, 1952.

IGLESIAS, H. A.; CHIRIFE, J. Prediction of the effect of temperature on water sorption isotherms of food material. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 11, n. 2, p. 109-116, 1976.

IPGRI. **Descritores para Cañahua (*Chenopodium pallicaule* Aellen)**. Roma: International Plant Genetic Resources Institute: 54 p. 2005.

JOWITT, R.; ESCHER, F.; HALLSTOM, B.; MEFFERT, H. F. T.; SPIESS, W. E. L.; VOS, G. **Physical properties methods of foods**. ed. London: Applied Science Publishers, 1983. p.

KUMAR, M. Water vapour adsorption on whole corn flour, degermed corn flour, and germ flour. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 9, n. 4, p. 433-444, 1974.

LABUZA, T. P. THE PROPERTIES OF WATER IN RELATIONSHIP TO WATER BINDING IN FOODS: A REVIEW^{1,2}. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 1, n. 2, p. 167-190, 1977.

LOMAURO, C. J.; BAKSHI, A. S.; LABUZA, T. Evaluation of food moisture sorption isotherm equations. Part II: Milk, coffee, tea, nuts, oilseeds, spices and starchy foods. **LWT - Food Science and Technology**, v. 18, p. 118-124, 1985.

MUJICA, A. Granos y leguminosas Andinas. In: HARNÁNDEZ, J.; BERMEJO, J., *et al* (Ed.). **Cultivos marginados: otra perspectiva de 1492**. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación - FAO, 1992. p.129-146.

OLIVERA, F. C. **Estudos tecnológicos e de engenharia para o armazenamento e processamento do pinhão**. 2008.

PAEZ, A. W.; EYZAGUIRRE, P. **La cañahua merece regresar**. Lima: LEISA - Revista agroecológica 2004.

PARK, K. J. B.; PARK, K. J.; CORNEJO, F. E. P.; FABBRO, I. Considerações termodinâmicas das isotermas. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 10, n. 1, p. 83-94, 2008.

PEÑARRIETA, J. M.; ALVARADO, J. A.; ÅKESSON, B.; BERGENSTÅHL, B. Total antioxidant capacity and content of flavonoids and other phenolic compounds in canihua (*Chenopodium pallidicaule*): An Andean pseudocereal. **Molecular Nutrition & Food Research**, v. 52, n. 6, p. 708-717, 2008.

PÉREZ-ALONSO, C.; BERISTAIN, C. I.; LOBATO-CALLEROS, C.; RODRÍGUEZ-HUEZO, M. E.; VERNON-CARTER, E. J. Thermodynamic analysis of the sorption isotherms of pure and blended carbohydrate polymers. **Journal of Food Engineering**, v. 77, n. 4, p. 753-760, 2006.

REPO-CARRASCO-VALENCIA, R. **Introducción a la ciencia y tecnología de cereales y de granos andinos**. ed. Lima, Perú: Edi-Agraria, 1998. p.

REPO-CARRASCO-VALENCIA, R.; ACEVEDO DE LA CRUZ, A.; ICOCHEA ALVAREZ, J. C.; KALLIO, H. Chemical and Functional Characterization of Kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*) Grain, Extrudate and Bran. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 64, n. 2, p. 94-101, 2009.

RIZVI, S. S. H. Thermodynamic Properties of Foods in Dehydration. In: RAO, M. A.; RIZVI, S. S. H., *et al* (Ed.). **Engineering Properties of Foods**. New York: Taylor and Francis Group, v.7, 1986. cap. 7, p.1-88.

SABLANI, S. S.; BAIK, O.-D.; MARCOTTE, M. Neural networks for predicting thermal conductivity of bakery products. **Journal of Food Engineering**, v. 52, n. 3, p. 299-304, 2002.

SALAS-VALERO, L. M. **Produção e caracterização de filmes biodegradáveis a base do pseudocereal canihua (*Chenopodium pallidicaule*)**. 2017. (PhD). Departamento de Tecnologia de Alimentos Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

SILVA, A. S. A.; ALMEIDA, F. D. A. C.; ALVES, N. M. C.; MELO, K. D. S.; GOMES, J. P. Característica higroscópica e termodinâmica do coentro desidratado. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 41, p. 237-244, 2010.

VAN DEN BERG, C. Development of B.E.T.-Like Models for Sorption of Water on Foods, Theory and Relevance. In: SIMATOS, D. e MULTON, J. L. (Ed.). **Properties of Water in Foods: in Relation to Quality and Stability**. Dordrecht: Springer Netherlands, 1985. p.119-131.

VILLA-VÉLEZ, H. A.; VÁQUIRO, H. A.; BON, J.; TELIS-ROMERO, J. Modelling Thermodynamic Properties of Banana Waste by Analytical Derivation of Desorption Isotherms. **International Journal of Food Engineering**, v. 8, n. 1, p. 11, 2012.

WANG, N.; BRENNAN, J. G. Moisture sorption isotherm characteristics of potatoes at four temperatures. **Journal of Food Engineering**, v. 14, n. 4, p. 269-287, 1991.

YOSHIDA, C. M. P. **Cinética de secagem do milho superdoce**. 1997. 149 (MSc). Tecnologia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-433-7

