

UNIPAMPA – UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA

Campus Bagé  
Curso de Engenharia Química

Relatório Técnico  
**PSICROMETRIA**

Diulen Vargas  
Gabriela Guimarães  
Juliana Bertoi  
Yuri Seixas

**Bagé**  
**2022**

## RESUMO

A psicrometria é um processo de fundamental importância em diversos setores científicos e tecnológicos, analisa e compreende o ar úmido, mistura do vapor d'água e ar seco. As propriedades foram analisadas utilizando uma coluna de absorção/resfriamento gás-líquido com recheio. Construindo gráficos e tabelas relacionando as propriedades de corrente de ar para diferentes vazões de água comparou-se os resultados com relação aos diferentes graus de saturação do ar nos módulos da coluna, realizou-se o balanço de massa para o processo, determinando a quantidade de água presente no ar. Os dados foram analisados por diferentes métodos, entre eles estão a análise pelo *Software Aided Thermodynamic Tables 3*, carta *on-line*.

Palavras-Chave: Carta Psicrométrica; Psicrometria; Propriedades do ar.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dados obtidos via carta psicométrica <i>on-line</i> .....	4
Tabela 2 - Dados obtidos via <i>Software Aided Thermodynamic Tables</i> .....	5
Tabela 3 - Balanço de massa para vazão de água a 20 L/min.....	5
Tabela 4 - Balanço de massa para vazão de água a 30 L/min.....	5

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Carta Psicométrica.....2

Figura 2 - Gráfico dos dados obtidos da carta psicométrica *online*.....6

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. DESENVOLVIMENTO .....	2
3. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	3
REFERÊNCIAS .....	7

## 1. INTRODUÇÃO

A Psicrometria é a ciência que estuda o envolvimento das propriedades do ar úmido e do processo (secagem, umidificação, resfriamento, aquecimento) na mudança da temperatura ou do conteúdo de vapor d'água e ar seco. Existem diferentes propriedades relacionadas à temperatura, tais como o volume ocupado pelo ar, quantidade de vapor de água e energia nele contida (Britt, 2015; Moreira, 1999).

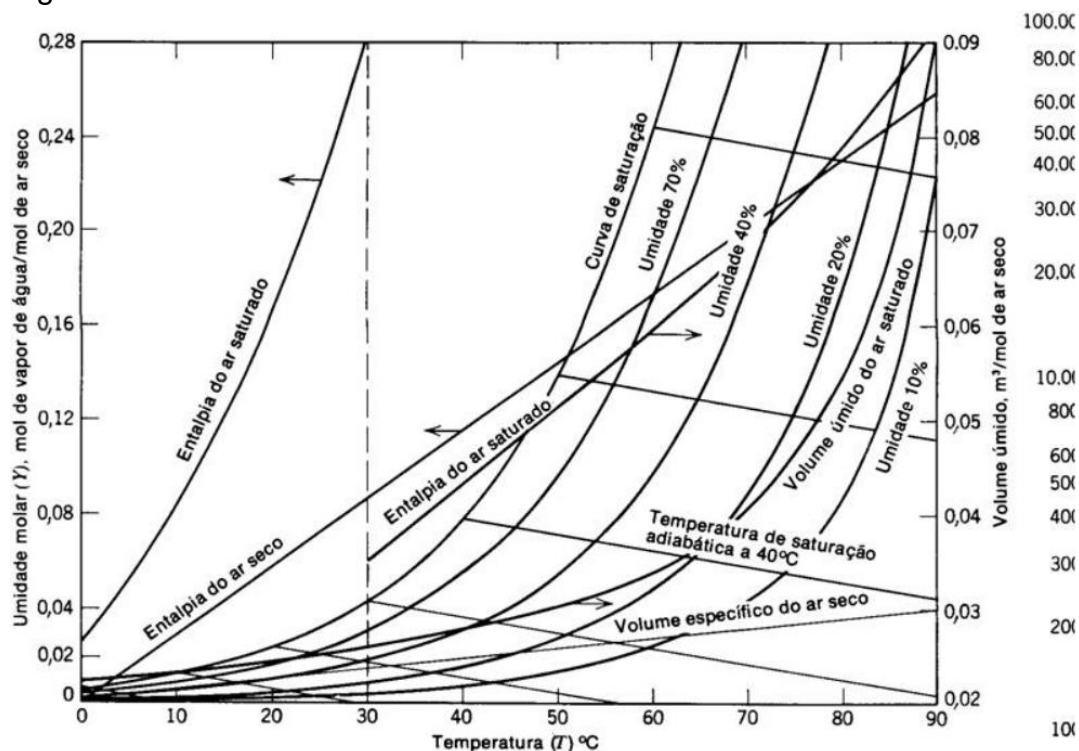
Este processo é utilizado em diversas aplicações industriais, é de fundamental importância em diversos setores tecnológicos e científicos. O conhecimento das condições de umidade do ar é de grande importância para muitos setores da atividade humana, como a conservação de alimentos, o dimensionamento de sistemas para acondicionamento térmico, os sistemas de refrigeração ou a estimativa de energia e tempo necessários por processos de umidificação, resfriamento, secagem, armazenamento e processamento de grãos.

Na secagem de processos agrícolas e de grãos, existem medidas de temperaturas utilizadas como a temperatura do bulbo úmido (t<sub>bu</sub>) e bulbo seco (t<sub>bs</sub>), são medidos normalmente com um termômetro comum (Moreira, 1999). O bulbo seco e molhado (t<sub>e</sub> t<sub>m</sub>) é expresso em graus Celsius (°C), essas medidas são determinadas com o auxílio de meios psicrômetros, através do uso de gráficos, tabelas ou equações (Moreira, 1999).

As propriedades termodinâmicas da mistura ar seco – vapor d'água que constituem o ar atmosférico podem ser apresentadas em forma de diagramas, denominados Diagramas Psicrométricos (Cartas Psicrométricas). Estes são construídos para determinada pressão atmosférica, embora, existam curvas de correção disponíveis para outras pressões.

Há diferentes diagramas psicrométricos em uso. Os gráficos diferem com respeito à pressão barométrica, faixa de temperaturas, número de propriedades incluídas, escolha das coordenadas e temperatura de referência para a entalpia. O mais usado é Carta psicrométrica de Carrier, aquela em que a razão de umidade e/ou a pressão de vapor (que é uma das coordenadas) são traçadas “versus” temperatura de bulbo seco juntamente com uma outra coordenada oblíqua, a entalpia.

Figura 1: Carta Psicrométrica



Fonte: FOUST (1980)

## 2. DESENVOLVIMENTO

Este relatório técnico baseia-se em uma consultoria exercida a uma empresa, onde a mesma apresenta problema em uma de suas torres de recheios com entrada de ar na parte inferior e entrada de fluido (água) na parte superior.

O fluido tem sua pressão ajustada através de um rotâmetro, e o seu fluxo de ar não é avaliado, pois não há um equipamento adequado. Observa-se a presença de dois termômetros, na entrada e na saída de ar, um do bulbo úmido e um do bulbo seco.

O processo consiste inicialmente em verificar as temperaturas de ( $t$ ) e ( $t_m$ ) do ar de entrada fornecidas pelo compressor. Em seguida o mesmo foi ligado para o fornecimento de ar ao fundo da torre e da bomba peristáltica, para que ocorresse a alimentação no topo, depois deste procedimento foi possível observar o nível da umidade nos termômetros e com isso as travessias foram acionadas, sendo suas vazões reguladas para 12 L/min de ar para 20 L/min e 30 L/min do fluido e 24 L/min de ar para 20 L/min e 30 L/min de fluido.

Após o sistema alcançar o estado estacionário, averiguou-se as medidas das temperaturas psicrométricas das entradas e saídas, além das medições do bulbo seco e do bulbo úmido, as temperaturas foram monitoradas, analisando seus comportamentos. Os dados obtidos serão analisados de acordo com a solicitação do cliente, buscando uma solução eficaz.

### 3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O problema da empresa é a obtenção da relação dos diferentes graus de saturação do ar (umidade absoluta) nos módulos da coluna de adsorção, dois diferentes métodos foram analisados, entre eles estão a análise por uma plataforma de dados via carta psicrométrica *on-line* e pelo *Software Aided Thermodynamic Tables 3*. Foi possível constatar que os dados tratados, tiveram leituras muito próximas, entretanto, dentre esses métodos de análise, a carta psicrométrica *on-line* foi a que obteve resultados mais precisos e com quantidades significativas de parâmetros analisados. Já o *Software Aided Thermodynamic Tables 3* possui dados com baixa confiabilidade devido a imprecisão nas casas decimais.

No procedimento experimental com a coluna de adsorção, analisou-se três posições distintas sendo essas, 2, 4 e o topo, em diferentes vazões de água (20 L/min e 30 L/min) e ar (12 L/min e 24 L/min).

No ANEXO 1 com os dados provenientes do ensaio de umidificação, foram obtidos diversos parâmetros essenciais tais como, umidade relativa, ponto de orvalho, entalpia, volume específico e umidade absoluta, através da carta psicrométrica *on-line*. Por intermédio dos dados, verificou-se que a quanto maior for a diferença entre as temperaturas de bulbo seco e bulbo úmido, menor serão as umidades relativas e absolutas, da mesma forma que quanto menores são as diferenças entre as temperaturas de bulbos, menores serão os índices de umidades relativas e absolutas. Quando as temperaturas de bulbos forem idênticas como ocorre nas vazões de ar a 20L/min e de água a 12 L/min, onde ambas são 21°C, o ar está saturado e logo não ocorre a evaporação

No ANEXO 2 onde os dados foram obtidos através do *Software Aided Thermodynamic Tables 3*, sendo esse analisando os parâmetros como, umidade relativa, ponto de orvalho, entalpia e umidade absoluta, foi feita a mesma analogia do ANEXO 1 para a interpretação –dos resultados encontrados, porém como o *software* possui uma precisão inferior foi obtido um valor diferente para a umidade absoluta nas vazões de ar a 20L/min e de água a 12 L/min, onde ambas são 21°C, logo por essa razão a umidade absoluta é de 0,0156 kg/kg.

Já nos ANEXOS 3 e 4, foi encontrada a vazão mássica de água da coluna de adsorção para as vazões 20 e 30 L/min. Como a corrente de interesse é da massa de água absorvida no topo, isto é, a corrente de ar úmido, despreza-se a geração e o consumo por tratar-se de um balanço físico, ou seja, entrará água e ar e as variáveis são vazão, temperatura e tempo, portanto não há geração pois não há reação química e não há uma fonte de calor, logo não há nada consumido por tratar-se de uma experiência de psicrométrica, isto é, análise da quantidade de água presente no ar da coluna.

Por último, o ANEXO 5 diz respeito a análise gráfica dos dados obtidos da carta psicrométrica *on-line* relacionando os parâmetros de umidade relativa e absoluta em relação a vazão, onde através dela é verificado que quanto menor é a diferença entre as temperaturas de bulbo, maior são as umidades relativa e absoluta, e que quando



ambas as temperaturas de bulbos são iguais, ocorre a saturação do ar e não ocasionando a evaporação, logo a umidade relativa é 100% como observado no topo.

Portanto, com o aumento da vazão de água percebe-se que a temperatura de bulbo seco e bulbo úmido ficam mais próximas, ou seja, atinge-se a saturação do ar. O aumento de água na coluna dificulta a passagem do ar para o topo, fazendo com que haja mais queda de pressão e conseqüentemente queda na temperatura.

## ANEXOS

### ANEXO 1- Tabela com dados obtidos via carta psicométrica *on-line* para ensaio de umidificação

Tabela 1: Dados obtidos via carta psicométrica *on-line*

Vazão		Psicrometria							
Ar (L/min)	Água (L/min)	Posição	T bulbo seco (°C)	T bulbo úmido (°C)	Umidade Relativa (%)	Ponto de Orvalho (°C)	Entalpia (kJ/kg)	Volume específico (m³/kg)	Umidade Absoluta (kg/kg)
20	12	4	20,9	20,7	98,25	20,61	59,96	0,854	0,0153
		topo	21	21	100	21	64,03	0,854	0,0171
		2	21,1	20,4	93,96	20,09	58,92	0,854	0,0148
20	24	2	21,2	19,3	84	19,28	55,13	0,852	0,0133
		4	21,3	20,2	90,62	19,70	58,19	0,854	0,0144
		topo	21,4	21,1	97,41	20,97	61,37	0,856	0,0156
30	12	2	21,5	20,8	94,01	20,49	60,29	0,855	0,0152
		4	21,5	21,2	97,41	21,07	61,73	0,856	0,0157
		topo	21,6	21,5	99,13	21,46	62,81	0,857	0,0161
30	24	2	21,7	20,1	86,61	19,37	57,83	0,854	0,0141
		4	21,7	21,1	94,88	20,84	61,36	0,856	0,0155
		topo	21,8	21,8	100	21,80	63,91	0,858	0,0165

Fonte: EQUIPE X, (2022)

ANEXO 2- Tabela com os dados obtidos via *Software Aided Thermodynamic Tables* 3 para ensaio de umidificação

Tabela 2: Dados obtidos via *Software Aided Thermodynamic Tables* 3

Vazão		Psicrometria						
Ar (L/ min)	Água (L/ min)	Posição	T bulbo seco (°C)	T bulbo úmido (°C)	Umidade Relativa (%)	Ponto de Orvalho (°C)	Entalpia (kJ/kg)	Umidade Absoluta (kg/kg)
20	12	4	20,9	20,7	98,25	20,61	79,83	0,0152
		topo	21	21	100	21	80,89	0,0156
		2	21,1	20,4	93,95	20,09	78,77	0,0147
20	24	2	21,2	19,3	83,98	18,34	75,02	0,0132
		4	21,3	20,2	90,61	19,70	78,07	0,0144
		topo	21,4	21,1	97,41	20,97	81,24	0,0156
30	12	2	21,5	20,8	94,01	20,50	80,16	0,0151
		4	21,5	21,2	97,47	21,07	81,59	0,0157
		topo	21,6	21,5	99,14	21,46	82,68	0,0161
30	24	2	21,7	20,1	86,6	19,37	77,71	0,0141
		4	21,7	21,1	94,88	20,84	81,23	0,0155
		topo	21,8	21,8	100	21,80	83,77	0,0164

Fonte: EQUIPE X, (2022)

ANEXO 3- Tabela com balanço de massa para vazão de água a 20 L/min

Tabela 3: Balanço de massa para vazão de água a 20 L/min

Posição	Vazão ar (L/min)	Vazão água (L/min)	Vazão mássica ar entrada	Vazão mássica água saída (	Vazão mássica água (
Topo	12	20	8,03E-05	2,41E-04	1,61E-04
	24		1,61E-04	4,83E-04	3,22E-04

Fonte: EQUIPE X, (2022)

ANEXO 4- Tabela com balanço de massa para a vazão de água a 30 L/min

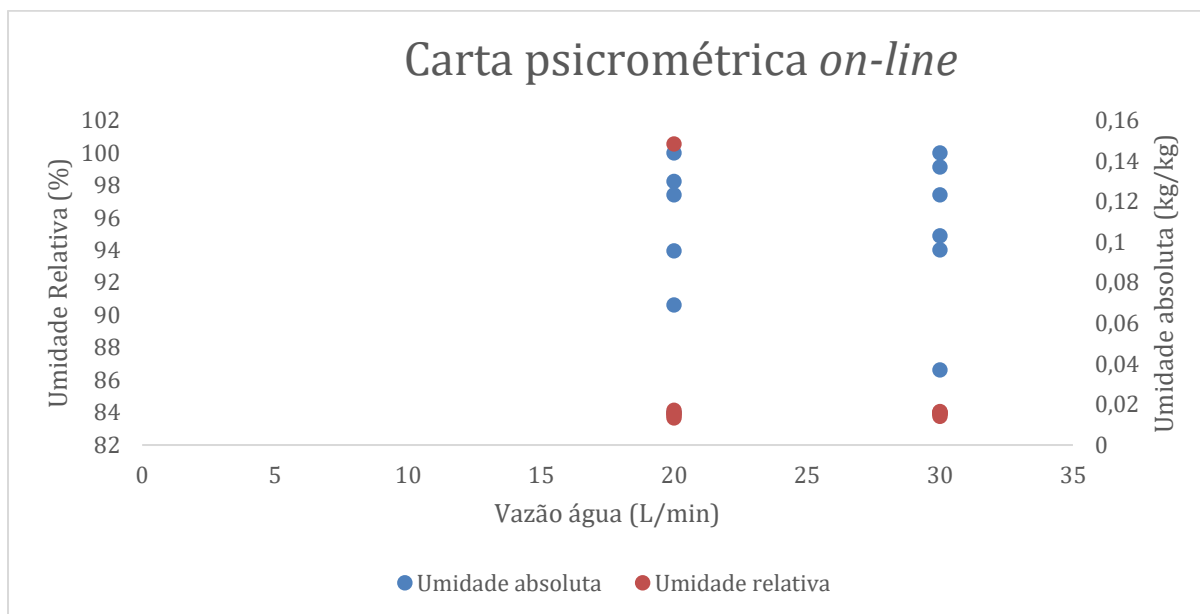
Tabela 4: Balanço de massa para a vazão de água a 30 L/min

Posição	Vazão ar (L/min)	Vazão água (L/min)	Vazão mássica ar entrada	Vazão mássica água saída (	Vazão mássica água (
Topo	12	30	8,03E-05	2,27E-04	1,46E-04
	24		1,61E-04	4,53E-04	3,29E-04

Fonte: EQUIPE X, (2022)

ANEXO 5- Figura do gráfico com os dados obtidos via carta psicrométrica *on-line*

Figura 2: Gráfico dos dados obtidos da carta psicrométrica *on-line*



Fonte: EQUIPE X, (2022)

## REFERÊNCIAS

ARAÚJO, S. D. O. **Análise do Desempenho Térmico de Fibras Vegetais em Sistemas de Resfriamento Evaporativo**. 2006. Tese de Doutorado. Dissertação de Mestrado. Recife: Universidade Federal de Pernambuco, Pernambuco-UFPE. Curso de Engenharia Mecânica. Departamento de Engenharia Mecânica. Disponível em: [https://attena.ufpe.br/bitstream/123456789/5577/1/arquivo7623\\_1.pdf](https://attena.ufpe.br/bitstream/123456789/5577/1/arquivo7623_1.pdf). Acesso em: 12 de Maio de 2022.

ASHRAE; “1997 ASHRAE HANDBOOK – Fundamentals”; Capítulo 6 – Psychrometrics.

BRITT, J. Fernando B. Considerações sobre psicrométrica. 45. Ed. SBCC. 2016. Disponível em: <http://www.adriferco.com.br/resources/Artigo%20SBCC%20-%20Ed%2045%20-%20Considera%C3%A7%C3%B5es%20sobre%20psicrometria.pdf>. Acesso em: 11 de Maio de 2022.

FOUST, A.S.; WENZEL, L.A.; CLUMP, C. W.; MAUS, L.; ANDERSEN, L.B. Principles of Unit Operations, 2nd ed., John Wiley & Sons, 1980.  
MOREIRA, José Roberto Simões. FUNDAMENTOS E APLICAÇÕES DA PSICROMETRIA. 1. ed. São Paulo: RPA Editorial LTDA., 1999. 194 p.

MENDES, LUIZ MAGNO DE OLIVEIRA; “Refrigeração e Ar-Condicionado – Teoria, Prática, Defeitos”; Editora Ediouro, SP, 1994.

MELLO, Lilian Cardoso de. Estudo do processo de absorção de CO<sub>2</sub> em soluções de aminas empregando-se colunas recheadas. 2013. 125 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia Química, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3137/tde-18082014-114022/en.php>. Acesso em: 13 de Maio de 2022.

Stoecker, W. F. e Jones, J. W.; “Refrigeração e Ar Condicionado”; Editora McGraw-Hill; 1985; SP