

OPERAZIONI UNITARIE CON APPLICAZIONI OPERAZIONI UNITARIE CON TRASFERIMENTO DI CALORE

L'ESSICCAMENTO



- FENOMENO
- OBIETTIVI
- VARIABILI
- PSICROMETRIA

CONSERVAZIONE DI LUNGO TERMINE			
OPERAZIONI DI CONGELAMENTO	OPERAZIONI DI STERILIZZAZIONE	OPERAZIONI DI DISIDRATAZIONE	
Carne congelata, Carne surgelata	Carne in scatola	Prosciutto crudo e salumi analoghi, Carne liofilizzata, Carne sotto sale, Carne essiccata, Carne affumicata	La dis
	Latti sterilizzati, Latte concentrato	Latte in polvere, Siero di latte in polvere	Panna
Pesce, crostacei e frutti di mare congelati, Pesci, crostacei e frutti di mare congelati	Pesce, crostacei e frutti di mare in scatola	Pesce essiccato, Pesce affumicato, Pesce sotto sale, Pesce liofilizzato	Oli di pesce, Ca
OPERAZIONI DI CONGELAMENTO	OPERAZIONI DI STERILIZZAZIONE	Uovo in polvere, Uovo liofilizzato in polvere	Miel

FENOMENO

L'ESSICCAMENTO È UN'OPERAZIONE UNITARIA NELLA TECNOLOGIA ALIMENTARE CHE CONSISTE NELLA RIMOZIONE DELL'ACQUA DA UN PRODOTTO MEDIANTE EVAPORAZIONE. QUESTO PROCESSO È ESSENZIALE PER LA CONSERVAZIONE DEGLI ALIMENTI, RIDUCENDO L'ATTIVITÀ DELL'ACQUA (A_w) E PREVENENDO LO SVILUPPO MICROBICO E LE REAZIONI ENZIMATICHE INDESIDERATE.

OBIETTIVI

- **CONSERVAZIONE:** RIDUZIONE DELL'ATTIVITÀ DELL'ACQUA PER PREVENIRE CRESCITA MICROBICA
- **RIDUZIONE PESO E VOLUME:** MASSIMA EFFICACIA NEL PROCESSO FACILITANDO IL TRASPORTO E LO STOCCAGGIO, MINIMIZZANDO I COSTI
- **STABILIZZAZIONE:** BLOCCO DELLE REAZIONI CHIMICHE ED ENZIMATICHE
- **PREPARAZIONE INDUSTRIALE:** OTTENIMENTO DI PRODOTTI INTERMEDI PER ULTERIORI LAVORAZIONI

TIPOLOGIE DI ACQUA NEGLI ALIMENTI

ACQUA LIBERA:

- **FACILMENTE RIMOVIBILE** PER EVAPORAZIONE
- SI TROVA SULLA SUPERFICIE O IN CAVITÀ FACILMENTE ACCESSIBILI
- RESPONSABILE DELLA MAGGIOR PARTE DELL'ATTIVITÀ DELL'ACQUA

ACQUA DEBOLMENTE LEGATA:

- **TRATTENUTA** NELLA STRUTTURA CELLULARE (PARETI, FIBRE, PROTEINE)
- RICHIEDE MAGGIORE ENERGIA PER ESSERE RIMOSSA
- INCLUDE ACQUA DI IDRATAZIONE E ACQUA INTRAPPOLATA

ACQUA FORTEMENTE LEGATA:

- **INGLOBATA** NELLA STRUTTURA DEL PRODOTTO (PARETI CELLULARI, FIBRE)
- LA PIÙ DIFFICILE DA RIMUOVERE

L'ATTIVITÀ DELL'ACQUA

È DI VITALE IMPORTANZA PER LO SVILUPPO DI DETERMINATE SPECIE MICROBICHE O ATTIVITÀ ENZIMATICHE DI UN ALIMENTO. RAPPRESENTA LO STATO ENERGETICO DELL'ACQUA IN UN DATO SISTEMA.

$$AW = P/P^{\circ}$$

- **P** = PRESSIONE PARZIALE DELL'ACQUA PRESENTE NELL'ALIMENTO IN EQUILIBRIO CON L'AMBIENTE ;
- **P°** = PRESSIONE DI VAPORE DELL'ACQUA PURA ALLA STESSA TEMPERATURA

TRASFERIMENTO DI MATERIA

LA MATERIA, INTESA COME VAPORE D'ACQUA, DEVE SPOSTARSI:

-DALLA SUPERFICIE ALL'ARIA CIRCOSTANTE (EVAPORAZIONE)

-DALL'INTERNO DEL PRODOTTO VERSO LA SUPERFICIE (DIFFUSIONE INTERNA)

MECCANISMI DI DIFFUSIONE INTERNA:

- **DIFFUSIONE MOLECOLARE:** IN SOLIDI OMOGENEI (GEL, PASTE)
- **FLUSSO CAPILLARE:** IN MATERIALI POROSI (PANE, FRUTTA SECCA)
- **FLUSSO CAUSATO DA GRADIENTI DI PRESSIONE:** IN ALCUNI SISTEMI PARTICOLARI

TRASFERIMENTO DI CALORE

L'ESSICCAMENTO RICHIEDE ENERGIA TERMICA PER:

- FORNIRE IL CALORE LATENTE NECESSARIO PER L'EVAPORAZIONE DELL'ACQUA
- MANTENERE LA TEMPERATURA DURANTE TUTTO IL PROCESSO

MODALITÀ DI TRASFERIMENTO:

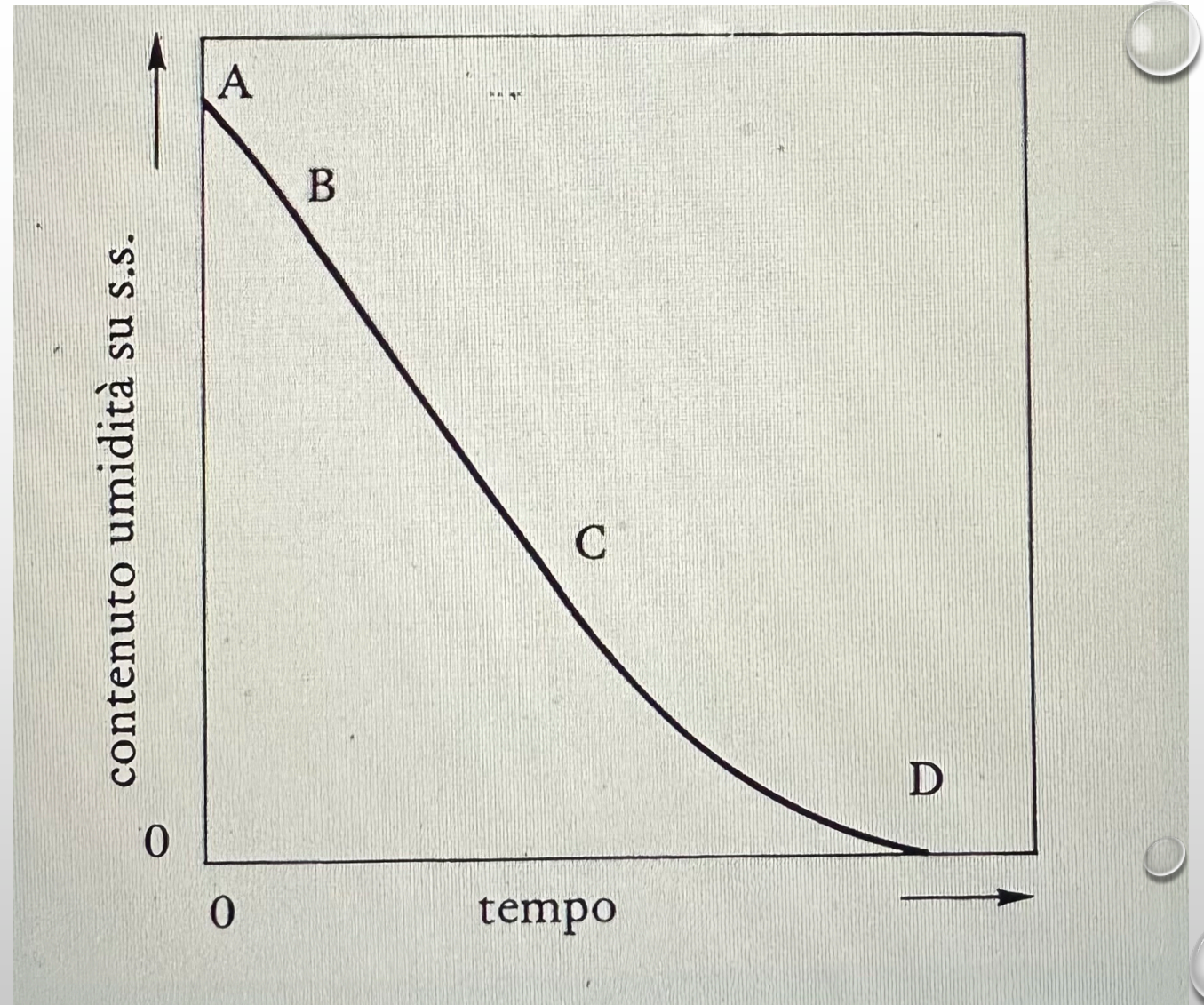
- **CONVEZIONE** (ARIA CALDA → PRODOTTO)
- **CONDUZIONE** (SUPERFICI RISCALDATE → PRODOTTO)
- **IRRAGGIAMENTO** (ONDE ELETTROMAGNETICHE)

VARIABILI

- TEMPERATURA(T): DETERMINA LA QUANTITÀ DI CALORE FORNITA AL PRODOTTO, INFLUENZANDO DIRETTAMENTE LA VELOCITÀ DI ESSICCAMENTO
- UMIDITÀ(H): RIGUARDA SIA L'UMIDITÀ DELL'ARIA SIA QUELLA DEL PRODOTTO; UN'UMIDITÀ INFERIORE ACCELERA LA PERDITA D'ACQUA NELL'ALIMENTO
- FLUSSO E VELOCITÀ DEL FLUIDO ESSICCANTE: AD ESEMPIO, LA PORTATA E LA VELOCITÀ DELL'ARIA CHE LAMBISCE IL PRODOTTO REGOLANO LO SCAMBIO TERMICO E DI MASSA
- SUPERFICIE ESPOSTA: PIÙ È ALTA LA SUPERFICIE A CONTATTO CON L'ARIA, MAGGIORE SARÀ LA VELOCITÀ DI ESSICCAMENTO
- DISPOSIZIONE E SPESSORE DEL MATERIALE: LA DISPOSIZIONE DEL SOLIDO (COME LO SPESSORE DELLA FETTA) E LA DENSITÀ INFLUENZANO I TEMPI E L'EFFICACIA DEL PROCESSO

L'ANDAMENTO DEL PROCESSO DI ESSICCAMENTO VIENE SEGUITO RIPORTANDO SU DI UN DIAGRAMMA IL CAMBIAMENTO DEL CONTENUTO IN ACQUA, RISPETTO AL TEMPO.

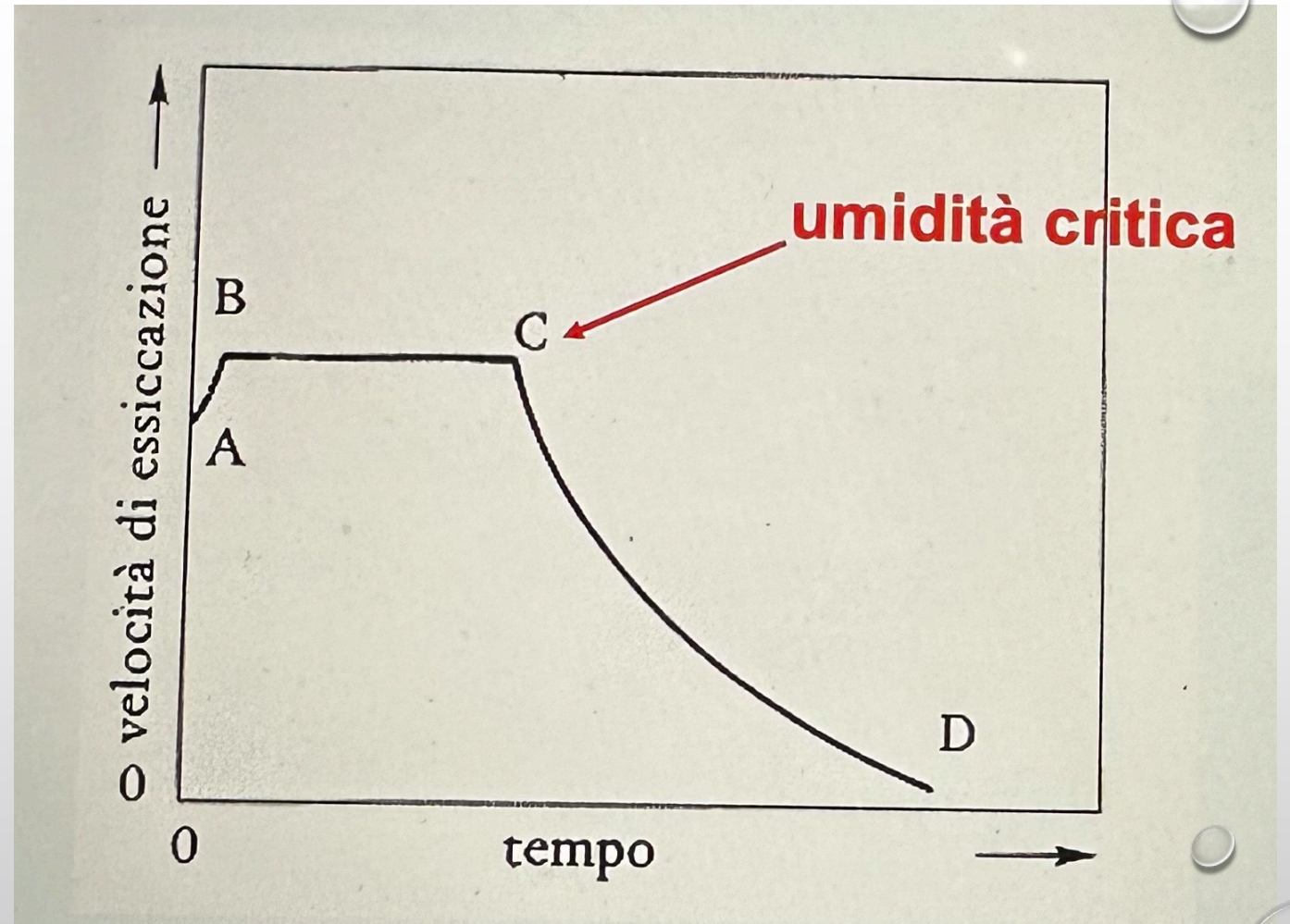
- **(A-B)** PERDITA DI ACQUA PER EVAPORAZIONE DA UNA SUPERFICIE UMIDA (ACQUA LIBERA)
- **(B-C)** L'ACQUA SI ALLONTANA DA UNA SUPERFICIE SATURA (ACQUA LIBERA)
- **(C-D)** L'ACQUA MIGRA DALL'INTERNO VERSO LA SUPERFICIE NON COMPLETAMENTE SATURA DI ACQUA. (ACQUA DEBOLMENTE LEGATA)



VELOCITÀ DI ESSICCAMENTO

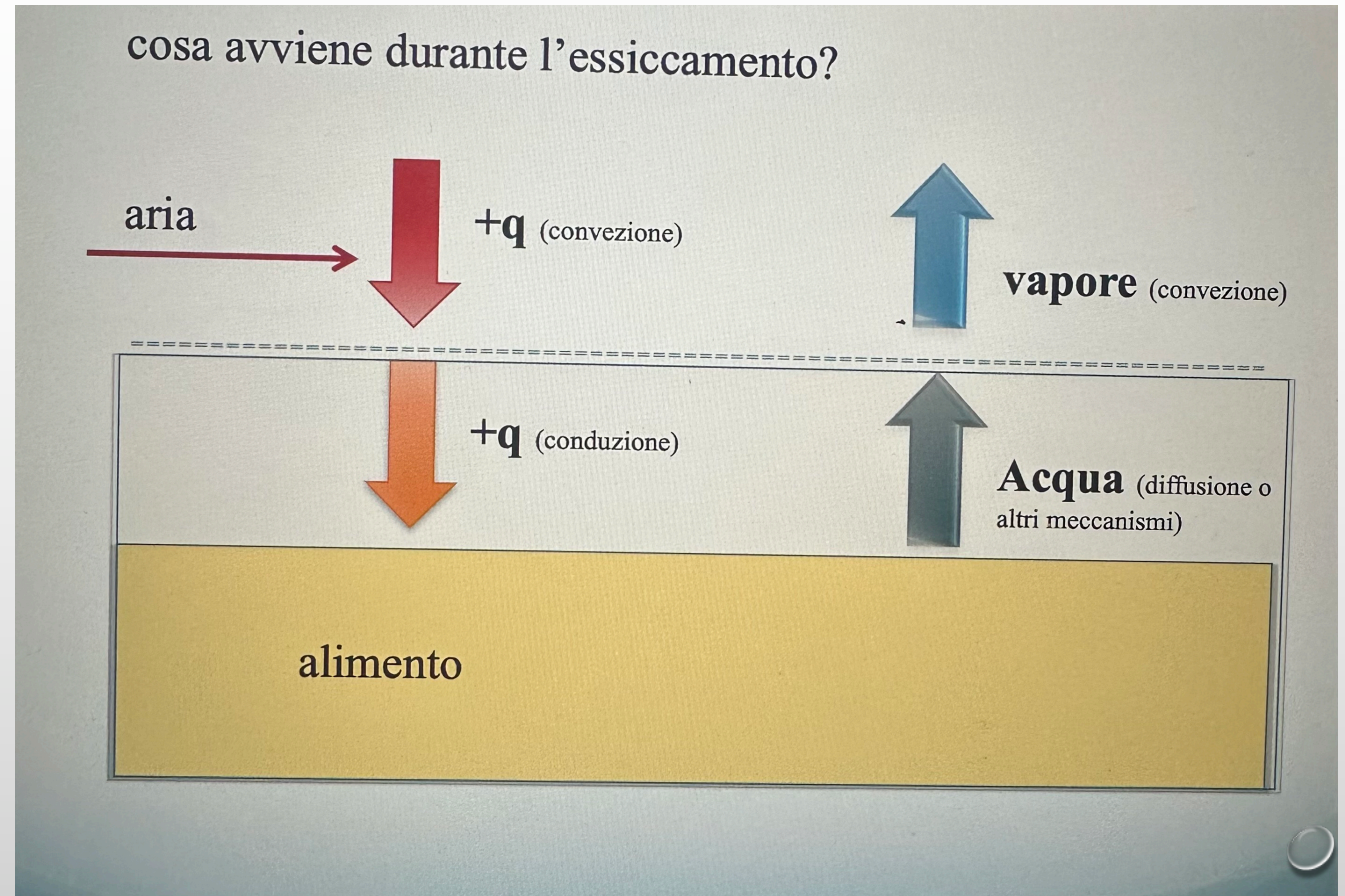
SI IDENTIFICANO DUE PERIODI IN CUI
L'ESSICCAMENTO PROCEDE CON ANDAMENTO
NETTAMENTE DIVERSO:

- - PERIODO **B-C**: ESSICCAMENTO A VELOCITÀ COSTANTE
- • PERIODO **C-D**: ESSICCAMENTO A VELOCITÀ DECRESCENTE (ANDAMENTO RALLENTATO).
- L PERIODO **A-B**, INIZIO DEL PROCESSO, NON RIVESTE MOLTA IMPORTANZA ESSENDO RELATIVO ALLE CONDIZIONI ESTERNE ADOTTATE.
- IL PUNTO **C** CORRISPONDE AL VALORE DI **UMIDITÀ CRITICA**.



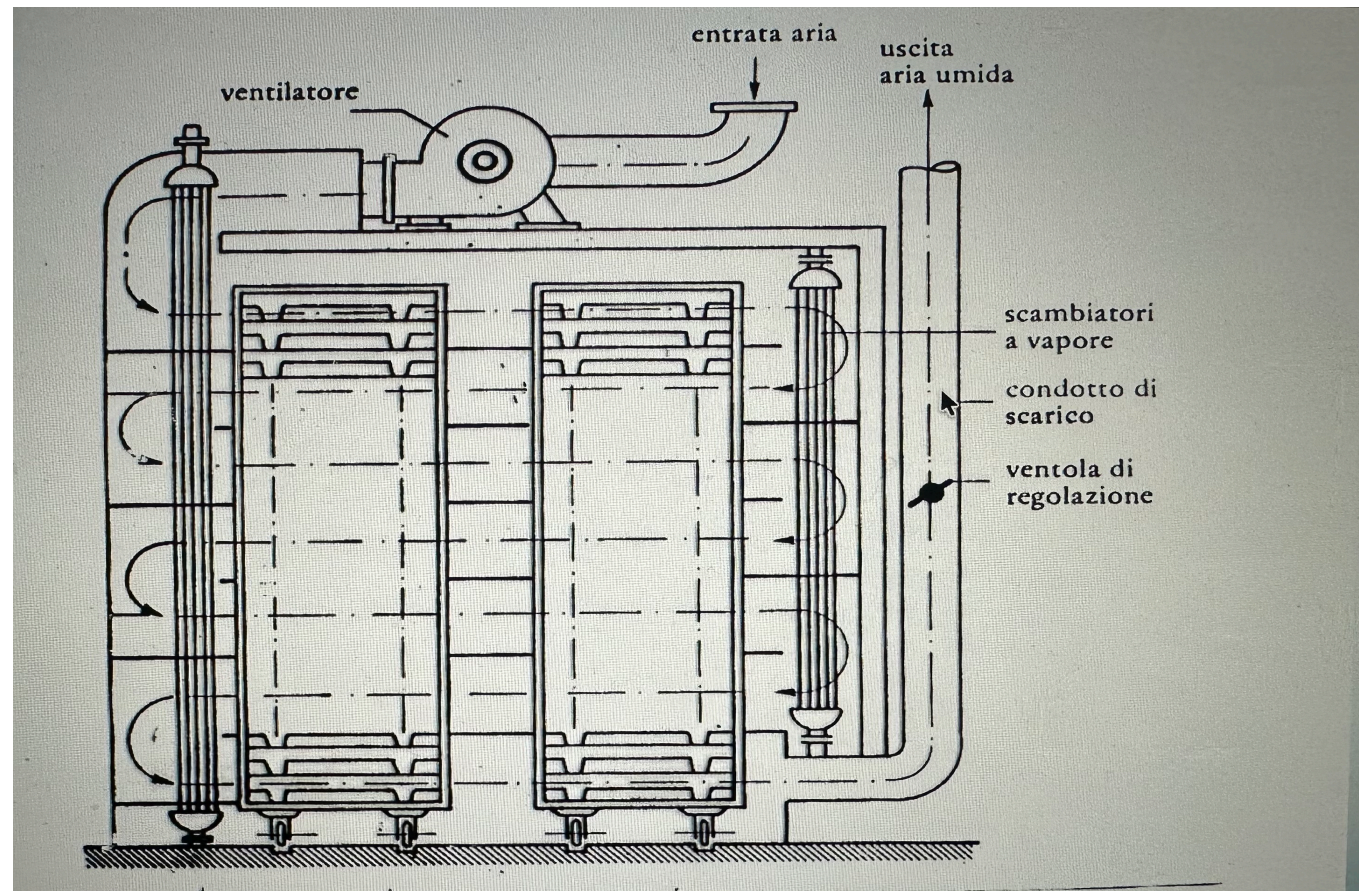
SCOMPOSIZIONE IN FASI

- TRASPORTO CONVETTIVO (FASE AD **ANDAMENTO COSTANTE**)
- TRASPORTO DIFFUSIVO (FASE AD **ANDAMENTO RALLENTATO**)



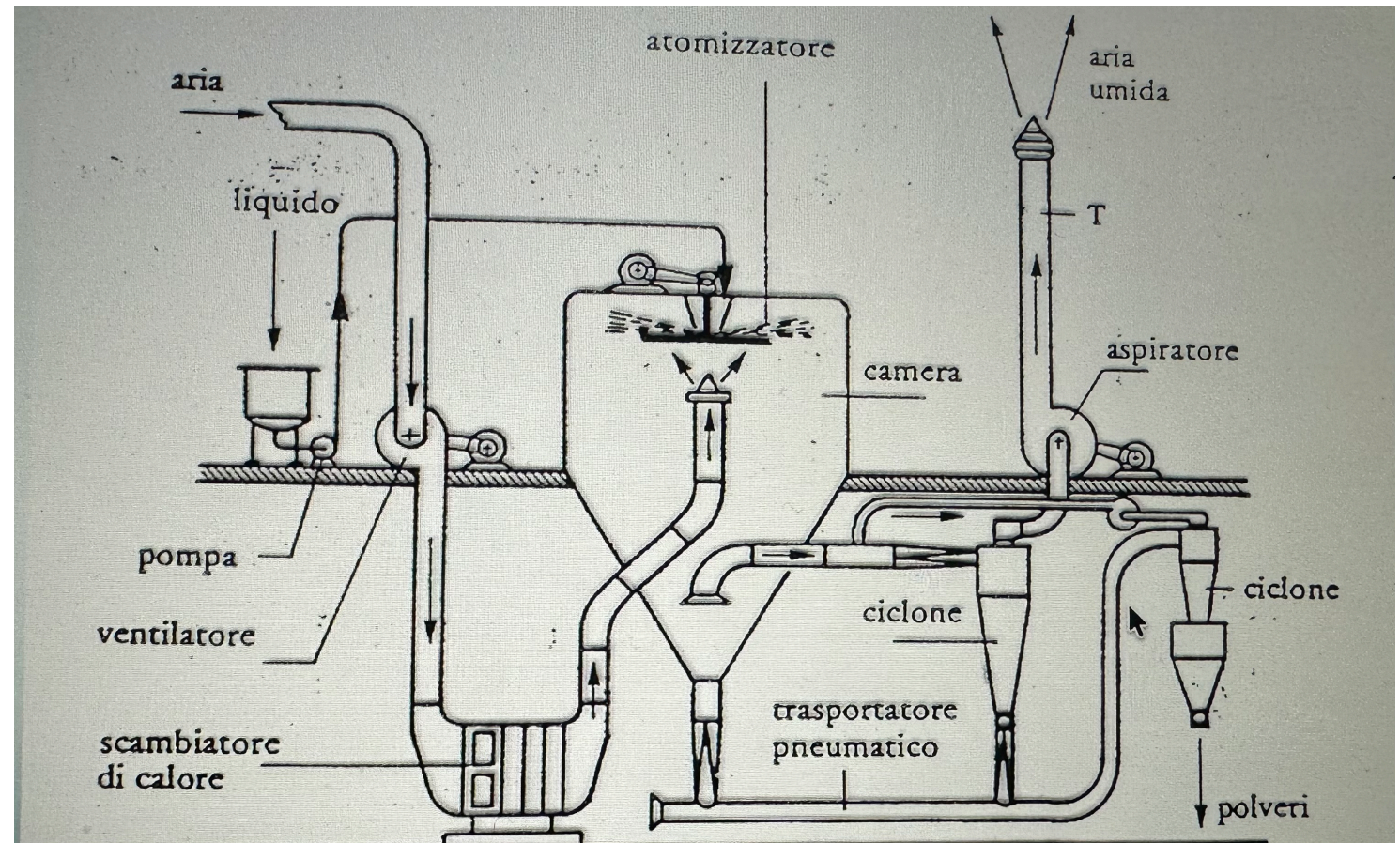
TIPOLOGIE DI ESSICCATOI
PER CARATTERISTICHE E
TRASMISSIONE DI CALORE

- ESSICCATOI PER MATERIALI A CONTATTO CON SUPERFICI SOLIDE (TRASMISSIONE DI CALORE O PER CONVEZIONE O CONDUZIONE)



TIPOLOGIE DI ESSICCATOI
PER CARATTERISTICHE E
TRASMISSIONE DI CALORE

- ESSICCATOI PER MATERIALI SOSPESI IN UN FLUIDO
(TRASMISSIONE DI CALORE SOLO PER CONVEZIONE)



CARTE PSICROMETRICHE

UTILIZZO DEL DIAGRAMMA

LE CARTE PSICROMETRICHE PERMETTONO DI:

- DETERMINARE LE PROPRIETÀ DELL'ARIA (TEMPERATURA, UMIDITÀ, ENTALPIA)
- SEGUIRE LE TRASFORMAZIONI DELL'ARIA DURANTE L'ESSICCAMENTO
- CALCOLARE IL POTERE ESSICCANTE DELL'ARIA
- DIMENSIONARE GLI IMPIANTI

LETTURA DI UN DIAGRAMMA

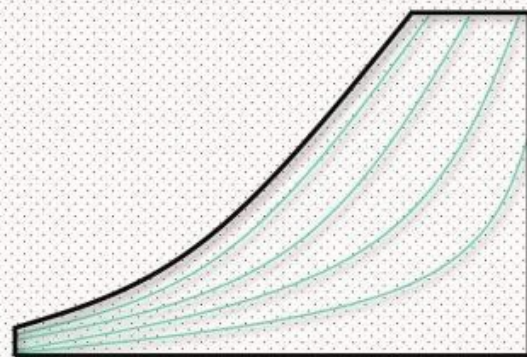
ASSI PRINCIPALI:

- ASSE ORIZZONTALE: TEMPERATURA DEL BULBO SECCO ($^{\circ}\text{C}$)
- ASSE VERTICALE (DESTRO): UMIDITÀ ASSOLUTA (KG ACQUA/KG ARIA SECCA)

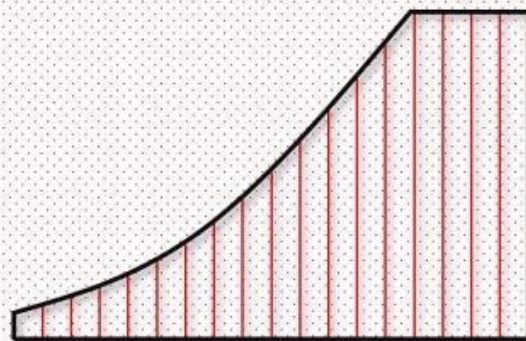
CURVE CARATTERISTICHE:

- CURVE DI UMIDITÀ RELATIVA COSTANTE (DA 0% A 100%)
- CURVE DI ENTALPIA COSTANTE (LINEE OBLIQUE)
- CURVA DI SATURAZIONE ($\text{UR} = 100\%$)
- CURVA DI TEMPERATURA A BULBO UMIDO

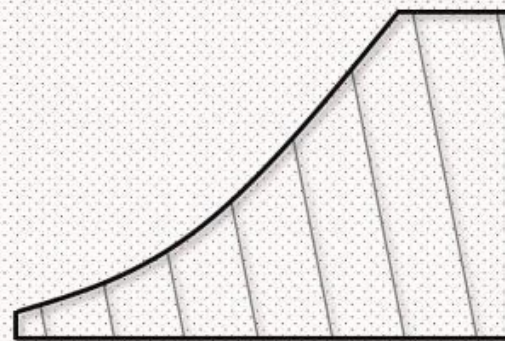
DIAGRAMMA PSICROMETRICO



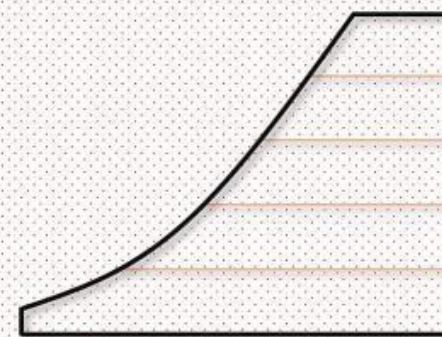
Umidità relativa (UR)



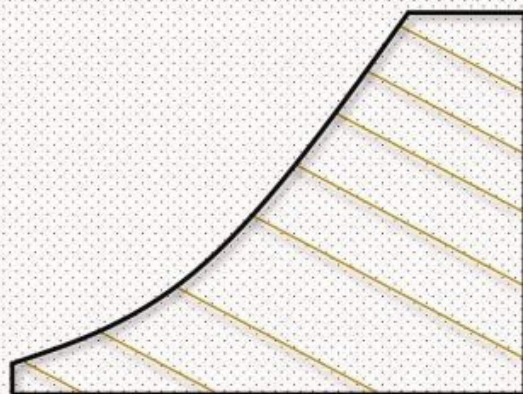
Temperatura a bulbo secco (TS)



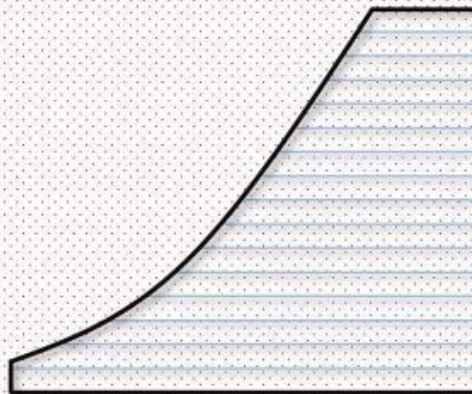
Volume specifico (Vsp)



Temperatura al punto di
rugiada (PR)



Temperatura a bulbo umido (TH)

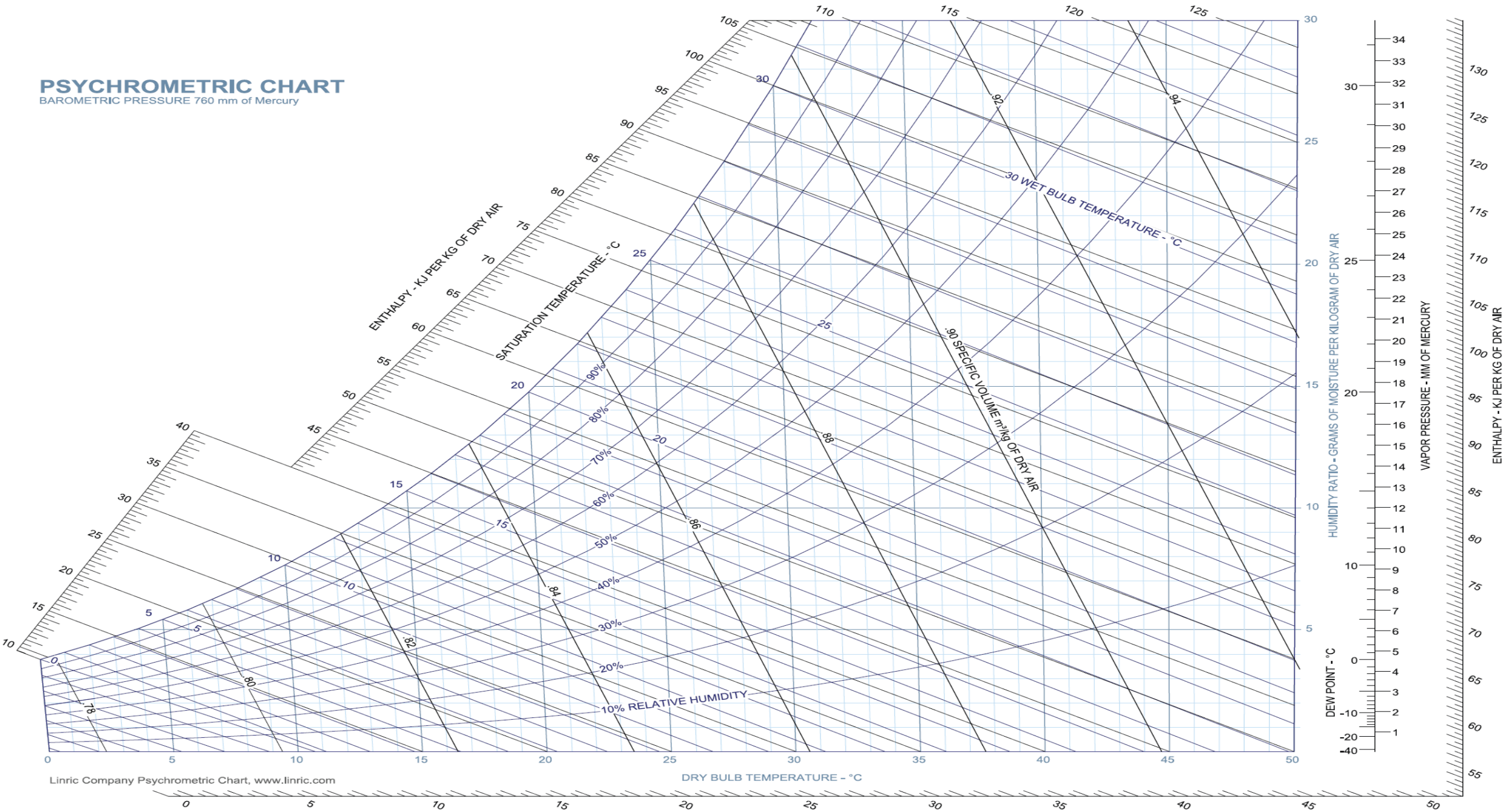


Umidità assoluta (X)



Entalpia (H)

PSYCHROMETRIC CHART
BAROMETRIC PRESSURE 760 mm of Mercury





CALCOLARE :

1. VALORE DELL' UMIDITÀ ASSOLUTA DI ARIA CON IL 50% R.H. E UNA TEMPERATURA DI BULBO SECCO DI 30°C
2. LA TEMPERATURA DI BULBO UMIDO ALLE STESSE CONDIZIONI;
3. L'R.H. DI ARIA CON TEMPERATURA DEL BULBO UMIDO DI 20°C E QUELLA DI BULBO SECCO DI 41°C ;
4. PUNTO DI RUGIADA DI ARIA RAFFREDDATA ADIABATICAMENTE DA UNA TEMPERATURA DI BULBO SECCO DI 25°C E UN R.H.% DEL 60;
5. IL CAMBIAMENTO DI R.H.% DI ARIA CON TEMPERATURA DEL BULBO UMIDO DI 25°C RISCALDATA DA UNA TEMPERATURA DI BULBO SECCO DI 33°C AD UNA DI 48°C ;
6. IL CAMBIAMENTO DI R.H.% DI ARIA CON TEMPERATURA DEL BULBO UMIDO DI 15°C RAFFREDDATA ADIABATICAMENTE DA UNA TEMPERATURA DI BULBO SECCO DI 30°C AD UNA DI 18°C

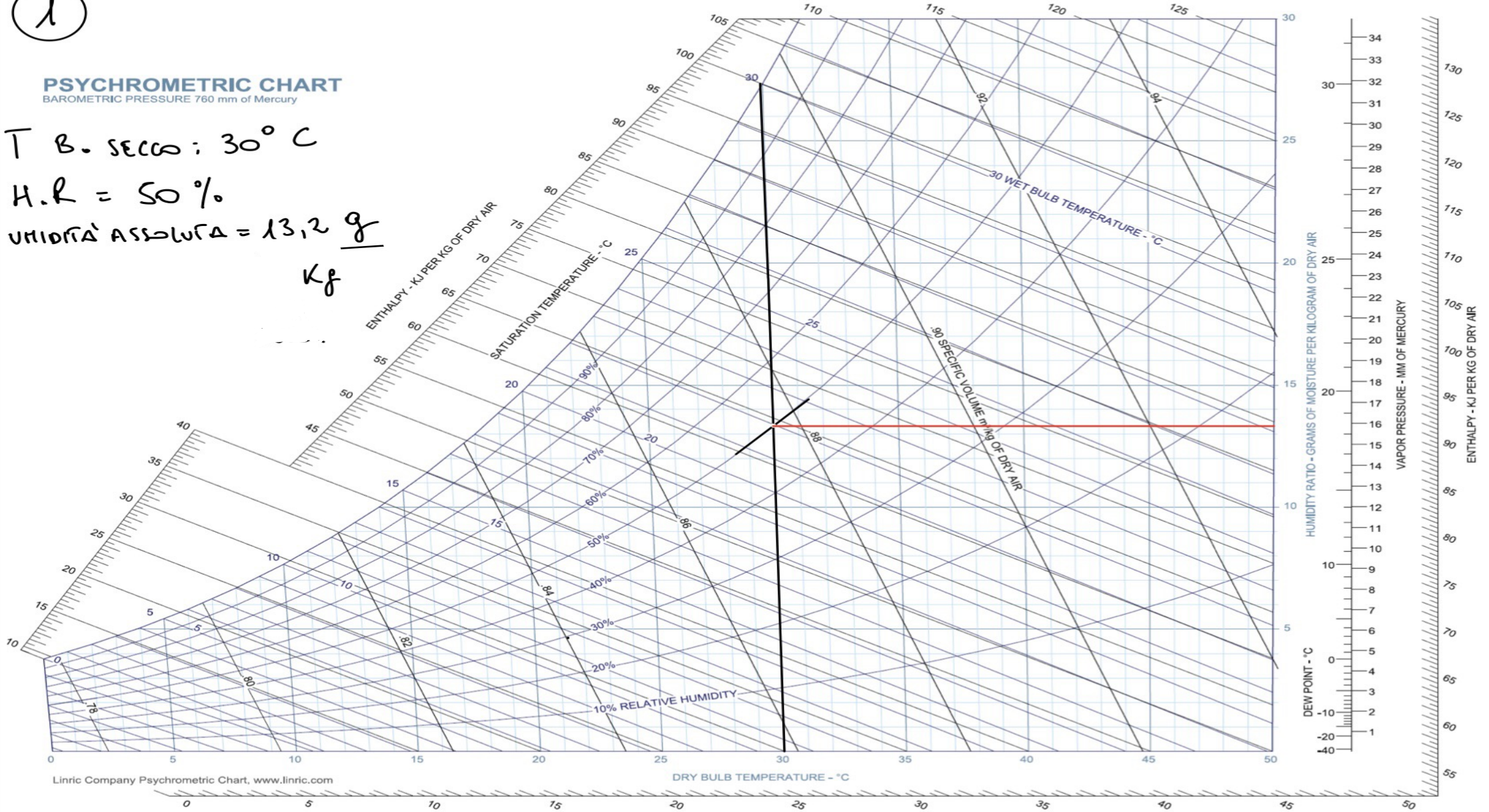
1

PSYCHROMETRIC CHART BAROMETRIC PRESSURE 760 mm of Mercury

T B. SECW : 30° C

H.R = 50 %

UMIDITA' ASSOLUTA = 13,2 g
Kg



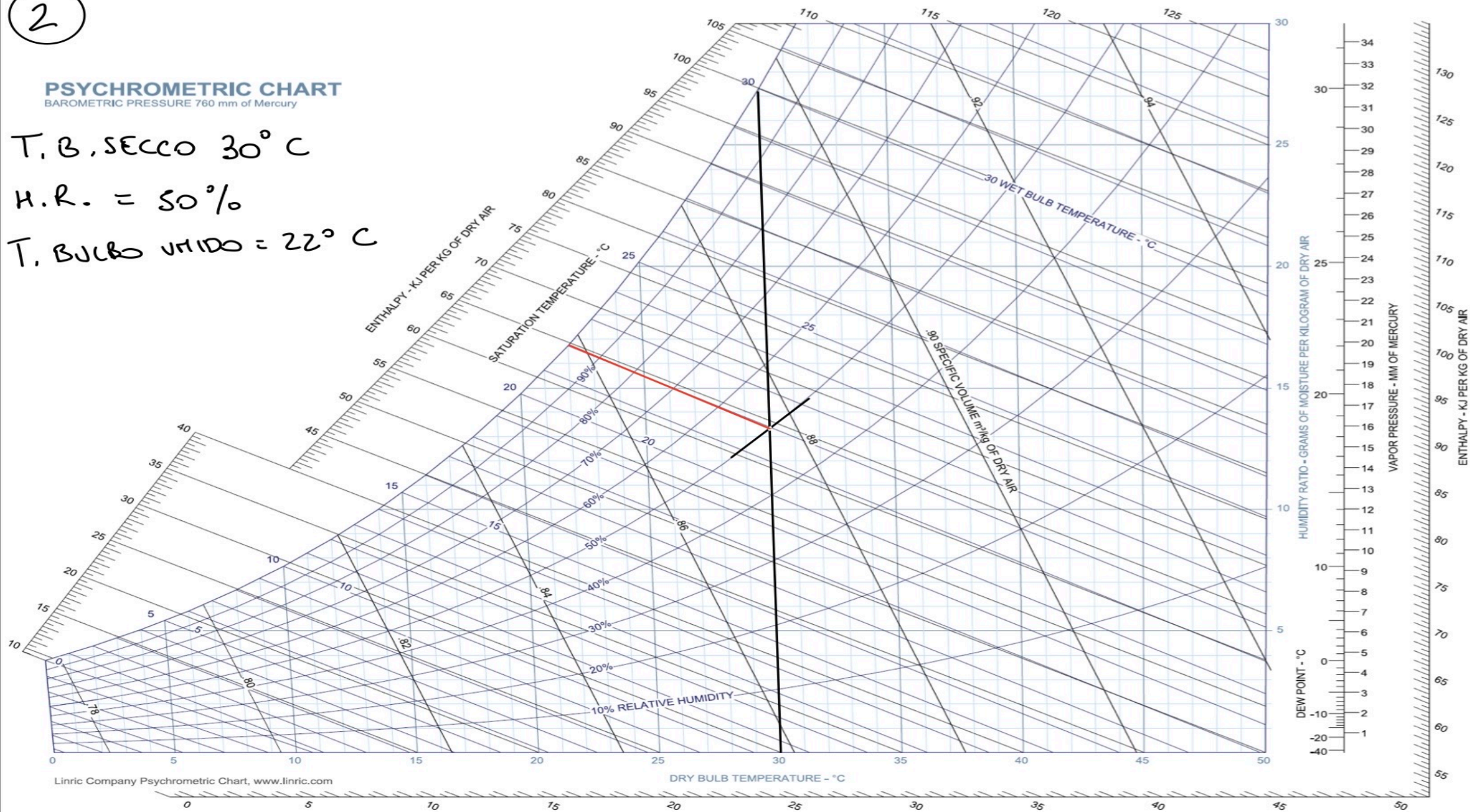
2

PSYCHROMETRIC CHART BAROMETRIC PRESSURE 760 mm of Mercury

T. B. SECCO 30°C

H. R. = 50%

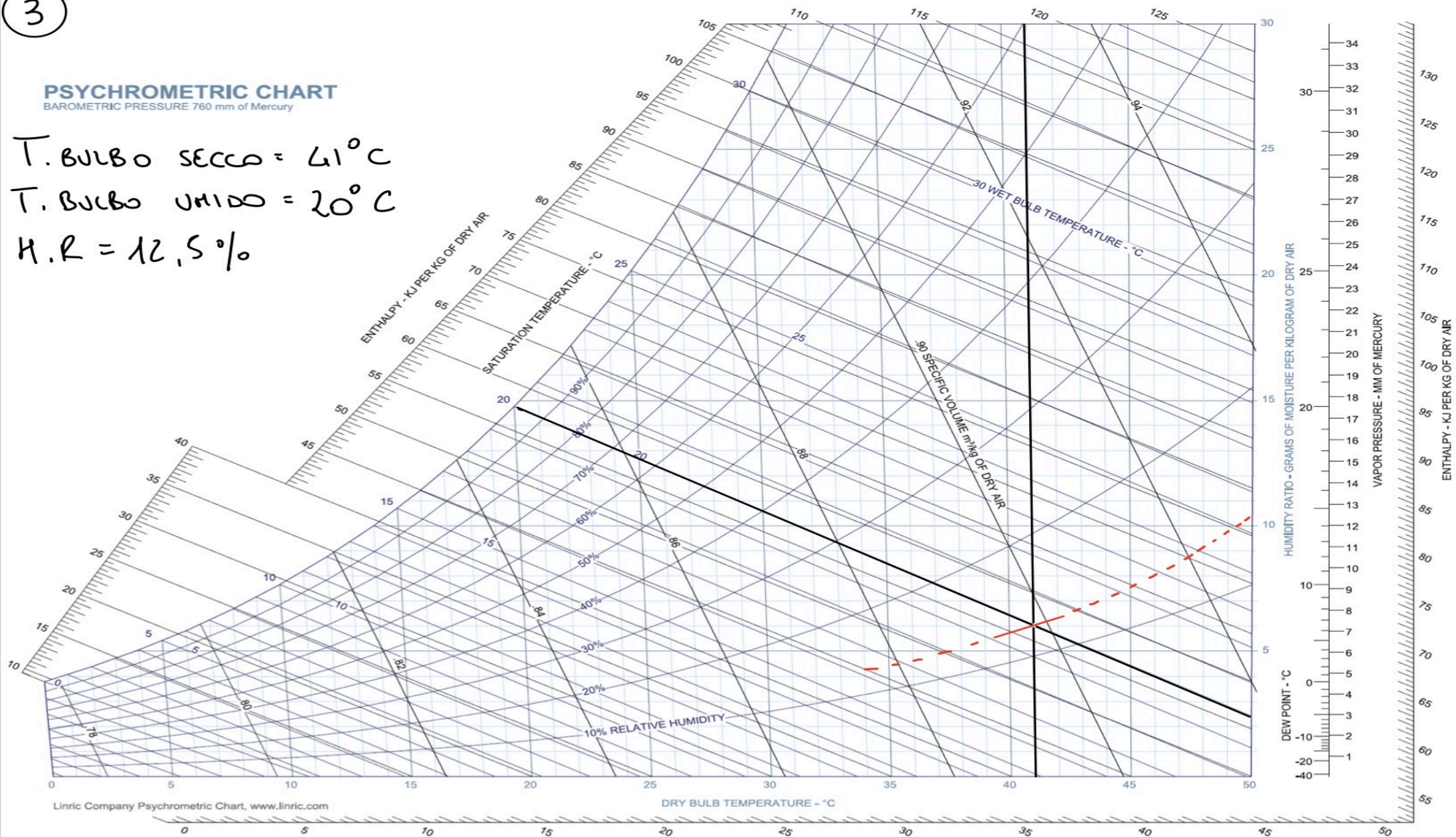
T. BULBO UMIDO = 22°C



3

PSYCHROMETRIC CHART BAROMETRIC PRESSURE 760 mm of Mercury

T. BULBO SECCO = 41°C
T. BULBO UMIDO = 20°C
H.R. = 12,5%



4

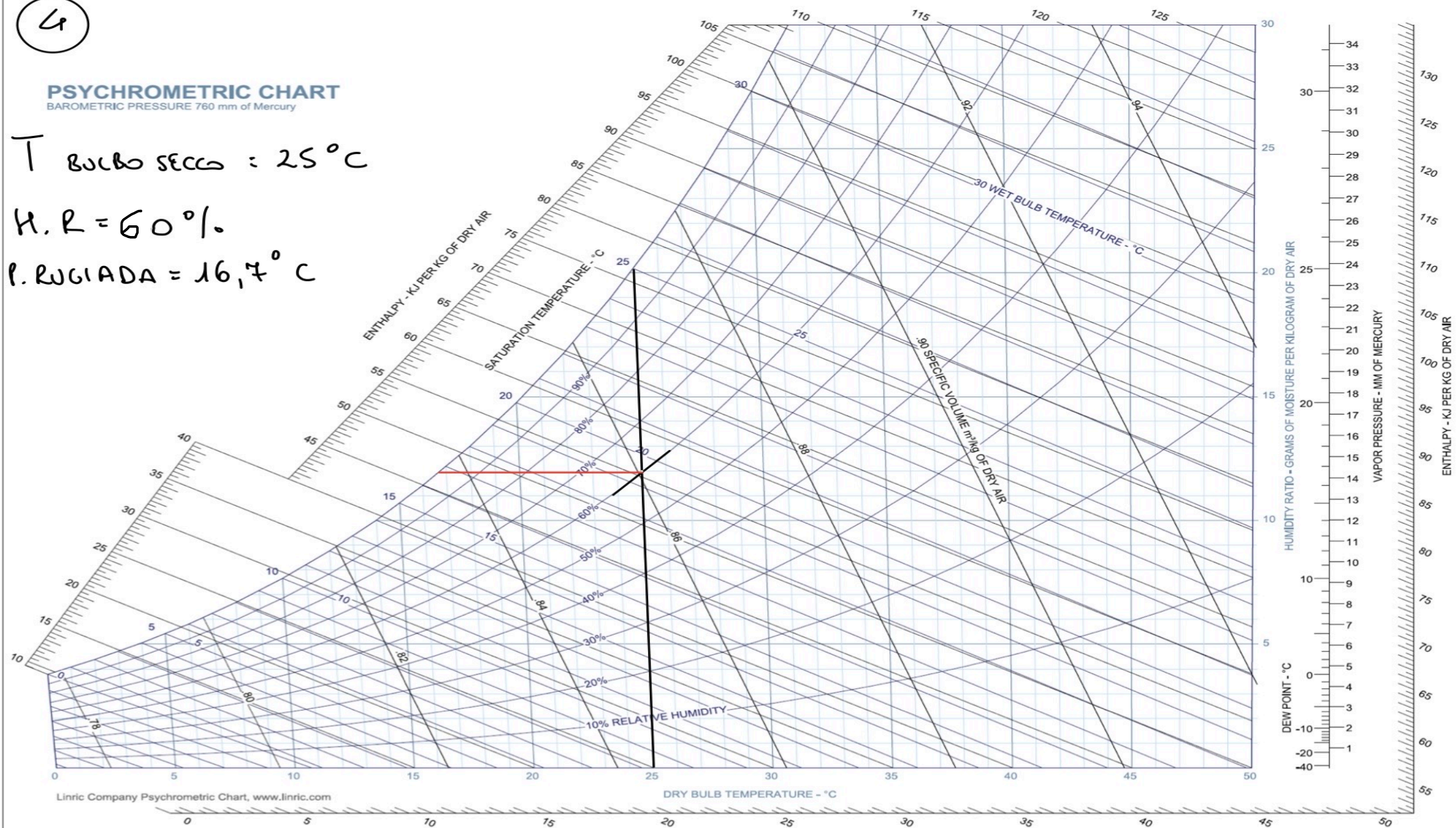
PSYCHROMETRIC CHART

BAROMETRIC PRESSURE 760 mm of Mercury

$T_{\text{bulbo seco}} = 25^{\circ}\text{C}$

$H.R. = 60\%$

$P. \text{LUGIADA} = 16,7^{\circ}\text{C}$



5

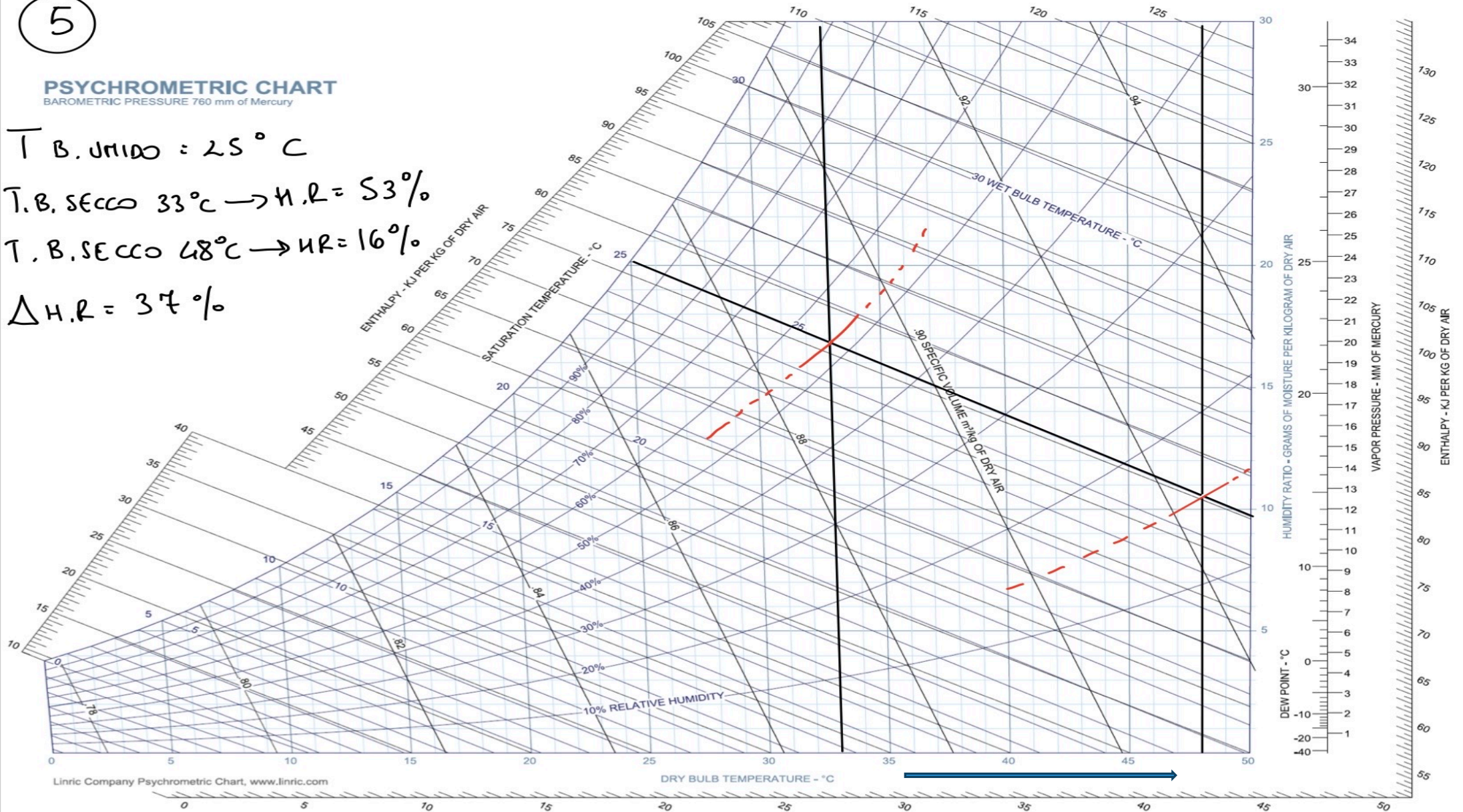
PSYCHROMETRIC CHART BAROMETRIC PRESSURE 760 mm of Mercury

$T_{B, \text{umido}} = 25^{\circ}\text{C}$

$T_{B, \text{secco}} = 33^{\circ}\text{C} \rightarrow \text{H.R.} = 53\%$

$T_{B, \text{secco}} = 48^{\circ}\text{C} \rightarrow \text{HR} = 16\%$

$\Delta \text{H.R.} = 37\%$



6

PSYCHROMETRIC CHART BAROMETRIC PRESSURE 760 mm of Mercury

$T_{B. UMIDO} = 15^{\circ}C$
 $T_{B. SECCO} = 30^{\circ}C \rightarrow H.R. = 17\%$
 $T_{B. SECCO} = 18^{\circ}C \rightarrow H.R. = 73\%$
 RAFFREDDANDO L'HR AUMENTA
 $\Delta H.R. = 56\%$

