

AULA 8  
**BIOMETEOROLOGIA HUMANA**

8.1. BALANÇO ENERGÉTICO.

As interações homem-ambiente envolvem conceitos já discutidos no capítulo anterior. Entretanto, faz-se necessário discutir três outros fatores adicionais: a) o papel das vestimentas , b) o calor latente perdido por suor e c) ambientes "confortáveis". Estes podem ser examinados considerando a sobrevivência em ambientes frios, quentes e/ou confortáveis. As variáveis, nestes casos, serão a taxa metabólica, a área superficial, a troca de calor latente, a temperatura corporal e a resistência corporal (roupas + tecidos corporais).

8.1.1 ÁREA, TAXA METABÓLICA E EVAPORAÇÃO.

A área total corporal em metros quadrados pode ser calculada como:

$A = 0.2 m^{0.425} h^{0.725}$  , onde  $m$  é a massa do corpo dada em  $kg$  e  $h$  é a altura em metros. Podemos estimar que para adultos:  $A = 0.026 m$

Da equação 7.14 podemos estimar as taxas metabólicas e a tabela 8.1 nos fornece alguns valores de  $M$  em diferentes atividades:

TABELA 8.1

Produção de calor metabólico em humanos

*ATIVIDADE	M (W/m <sup>2</sup> )
Dormindo	50
Descansando acordado (TV)	60
De pé	90
Dirigindo ou em um escritório	95
Trabalho leve (professor primário)	120
Andando	150
Serrando madeira	300
Nadando	340
Trabalho pesado (com 20 kg)	350
Subindo escada	550
Esporte pesado (escalar)	600

Para relacionar estes valores com a alimentação, multiplicamos por 1.7 para conseguir em kcal/hr para uma pessoa de área de 2 m<sup>2</sup>. Assim dirigir requer 160 kcal/hr e dormir 85 kcal/hr. Uma pessoa de 80 kg, com atividades normais, requer diariamente 3200 kcal. Um esportista pode requerer até 6000 kcal/dia a mais.

Observar que estes dados da tabela 8.1 são para um ser humano na termorregulação (entre B e E, da figura 7.8).

O calor latente nos seres humanos é perdido através da respiração e da pele, sendo esta também primordial. No capítulo anterior nós encontramos que ele está ao redor de 0.08 M para ambientes relativamente secos. Em ambientes mais úmidos ele pode ser menor. Evaporação pela pele na ausência de suor é chamado de transpiração insensível e pode ser calculada da eq. 7.6 usando o valor de  $r_{vs}$ , a resistência superficial, de 7700 s/m. Para  $\rho_{vi} = 7 \text{ g/m}^3$ ,  $\lambda E_s = 9 \text{ W/m}^2$ . Isto é duas vezes o calor latente perdido pela respiração com  $M = Mb^*$ .

A temperatura interna (retal ou corporal) depende principalmente da produção de calor metabólico. A relação conveniente é dada como:

$$T_b = 36.5 + 4.3 \times 10^{-3} M \quad (M \text{ em Watts/m}^2)$$

Já a resistência dada pelas roupas é difícil avaliação. A resistência da vasoconstricção é de cerca de 90 s/m e 30 s/m para vasodilatação, segundo Kerlake. Segundo Monteith, os valores são de 120 a 30 s/m, respectivamente. Estes valores apesar de diferentes, são mensuráveis, o que no caso da imensa diversidade de roupas é difícil. Normalmente em ambientes fechados, a resistência média das roupas é de cerca de 100 s/m, com ar parado. Diminui bruscamente se o ar se move.

### 8.1.2. SOBREVIVÊNCIA EM AMBIENTES FRIOS.

A eq. 7.15 pode ser usada como base para os requerimentos energéticos e de resistência para os humanos. Se assumirmos  $d = 0.17 \text{ m}$ ,  $u = 3 \text{ m/s}$ ,  $\lambda E_R = 0.1 M$ ,  $\lambda E_s = 9 \text{ W/m}^2$  e  $T_b = 36^\circ\text{C}$ , então a temperatura equivalente de corpo negro mais baixa para a sobrevivência pode ser calculada para várias resistências e taxas metabólicas.

Encontrando  $r_{Ha}$  e  $r_r$ , podemos calcular  $r_e$ , como visto no capítulo anterior ( $r_{Ha} = 51 \text{ s/m}$ ,  $r_r (0^\circ\text{C}) = 260 \text{ s/m}$ ). Com estes valores a  $T_e$  será dada por:

$$T_e = 36 - \frac{(0.9M - 9)(r_{hb} + 43)}{1200} \quad (8.1)$$

Valores de  $T_e$  colocados em função de M são mostrados na fig.8.1 para  $r_{hb} = 90$ , 300 e 1000 s/m. O valor mais baixo, é para homens nus, o segundo para homens usando um terno de lã e o terceiro para homens com grossos casacos de inverno. Podemos verificar que a sobrevivência é possível em temperaturas bastante baixas, mesmo sem roupas, se a taxa metabólica for mantida alta.

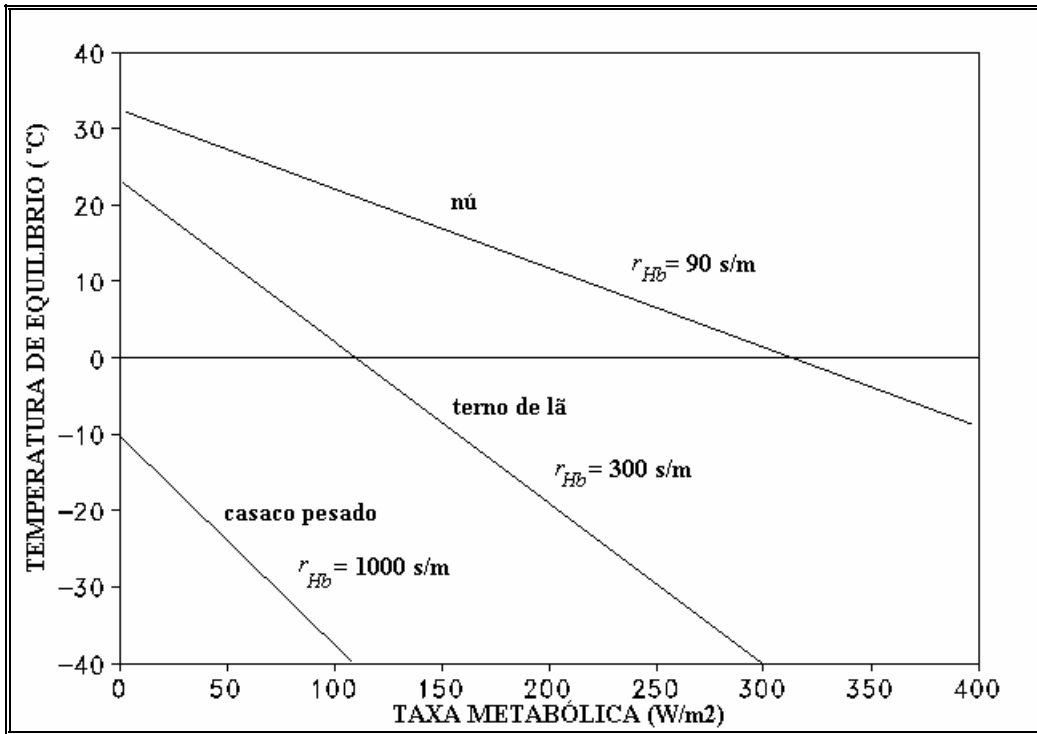


figura 8.1. Temperatura mínima equivalente para a sobrevivência em diferentes vestimentas ou nenhuma.

Se nós plotarmos a eq.8.1 de uma maneira equivalente mostraremos que  $r_{Hb}$  pode ficar em função de  $T_e$  encontraremos a resistência térmica das roupas requeridas dada atividade e características ambientais. Isto é mostrado na figura 8.2.

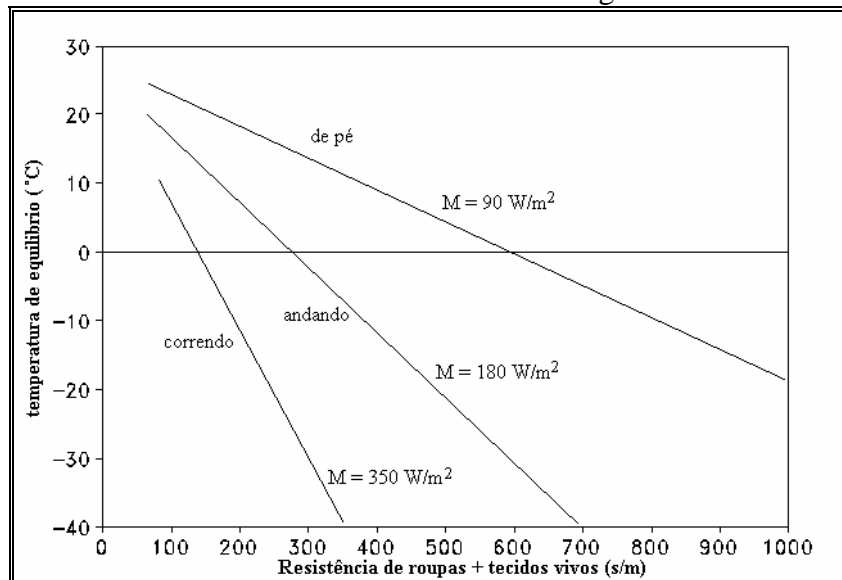


figura 82. Resistência térmica requerida para a sobrevivência em ambientes frios em diferentes níveis de atividade.

Esta figura pretende informar, similar às tabelas de "windchill", sobre a quantidade de energia requerida, através de  $M$ , e da radiação externa (através de  $T_e$ ). Se  $T_e = -20^\circ\text{C}$ , por longos períodos em pé, nós requeremos  $r_{Hb} = 830$  s/m, se estivermos correndo a resistência cai para 150 s/m. O efeito do vento nestes números é relativamente pequeno, assim o gráfico está mostrando  $u = 2\text{m/s}$ . Entretanto, o efeito do vento, diretamente sobre  $r_{Hb}$  é importante, especialmente para valores mais baixos desta resistência. A taxa de resistência térmica com vento sobre sem vento é dado por:

$$\frac{r_{Hc}}{r_{Hc}^0} = 1 - 0.05P^{0.4}\sqrt{u} \quad (8.2)$$

onde  $r_{Hc}$  é a resistência c/ vento e  $r_{Hc}^0$  é a resistência s/ vento e  $P$  é permeabilidade da roupa. A tabela 8.2 mostra alguns valores de  $P$ :

TABELA 8.2

TIPO	PERMEABILIDADE $P$
TULE	395
T-SHIRT	220
GABARDINA	60-42
UNIFORME DO EXÉRCITO	12
J0 (POLAR)	0.9

Praticamente todos os seres humanos criaram ambientes artificiais para sua sobrevivência ao frio; os *inuits* (esquimós), por exemplo, vivem em um micro-clima próximo ao da Sicília, dentro dos seus iglus. Portanto os fisiologistas procuram encontrar seres humanos adaptados ao frio, fora de ambientes artificiais, como na pré-história. Os aborígenes australianos são o melhor exemplo disto. Este povo vive, em um ambiente pobre em recursos, sem praticamente nenhuma roupa, e dorme a céu aberto, onde a temperatura pode atingir até  $4^\circ\text{C}$ . Eles acendem fogueiras para se aquecer, mas ainda assim é muito pouco calor. Nos nativos, comparando-os com os europeus, a temperatura retal, da pele e principalmente o pé cai bruscamente a noite, com  $T_b$  de  $32^\circ\text{C}$  a  $34^\circ\text{C}$  (retal). A condutância do calor interno é pequena nos nativos, isto é, devido ao fluxo sanguíneo na pele e membros é menor que nos europeus. Resumindo, os nativos australianos não entram em "stress" porque: a) pelo aumento do isolamento do calor através do fluxo sanguíneo periférico extremamente reduzido, b) pela tolerância da queda de  $T_b$  sem com isto aumentar  $M$  e sem tiritar, o que atrapalharia o sono.

Os bushmens do deserto do Kalahari e os lapões, no extremo norte da Europa, apresentam características similares. E também os índios da Terra do Fogo.

### 8.1.3. SOBREVIVÊNCIA EM AMBIENTES QUENTES.

As mesmas condições do capítulo passado são aplicadas adicionando-se o suor. A taxa de evaporação por suor pode ser ambientalmente ou fisiologicamente controlada. Se a

pele estiver úmida a taxa de perda de calor latente da água do suor é dada pela equação 7.6 com  $r_{vs} = 0$ . Se a pele não estiver úmida, a perda de calor latente é controlada pela taxa de evaporação. Se o calor interno aumenta, há diminuição das resistências dos tecidos e da pele ( $r_{Hb}$  ou  $r_{va}$ ) e o suor começa. Se continuar, a temperatura corporal  $T_b$  começa a subir, também, acompanhada da temp. superficial. Quando  $T_s = 36^\circ\text{C}$ , o ambiente torna-se extremamente desconfortável.

Como estamos interessados na manutenção do estado estacionário em um ser humano, qual é o calor máximo que podemos suportar? A máxima taxa de suor é extremamente variável e a tolerância do ser humano a extremos de calor, é muito grande. Ver figura 8.3, onde 7 homens conseguiram permanecer a  $205^\circ\text{C}$  por 20 minutos, em estado estacionário e sem stress, com  $T_b = 37.9^\circ\text{C}$  e  $T_s = 43^\circ\text{C}$ . Taxas de 4 kg/hr de perda de água já foram relatados por, também, curtos períodos. Taxas típicas são da ordem de 1 kg/hr, com o fluxo de calor de  $\sim 380 \text{ W/m}^2$ . Portanto, para uma pessoa termicamente estressada a perda de calor latente será desta ordem de grandeza (fisiologicamente limitada, com pele seca) ou pelo valor dado pela eq.7.6 com  $r_{vs} = 0$  (ambientalmente limitada, pele úmida).

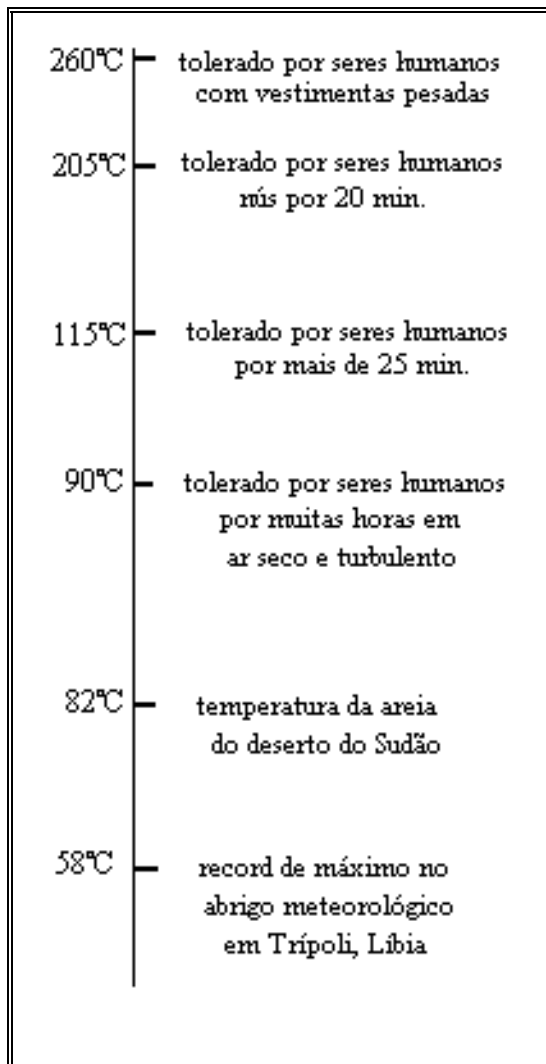


figura 8.3. Tolerância térmica, em seres humanos (Folk, 1966)

A figura 8.4 nos fornece  $\lambda E_s$  em função das resistências da camada limite mais roupas e da densidade de vapor atmosférico ( em  $\text{g/m}^3$ ). Para uma velocidade do vento de  $3\text{m/s}$ ,  $r_{va} = r_{Ha} = 0.7 \times 283 (0.17/3)^{1/2} = 47 \text{ s/m}$ , assumindo a resistência das roupas de  $100 \text{ s/m}$ , então, com  $\rho_{va} = 5 \text{ g/m}^3$ , a perda de calor latente máxima é de  $380 \text{ W/m}^2$ , se  $\rho_{va} = 20 \text{ g/m}^3$  a perda cai para  $330 \text{ W/m}^2$ .

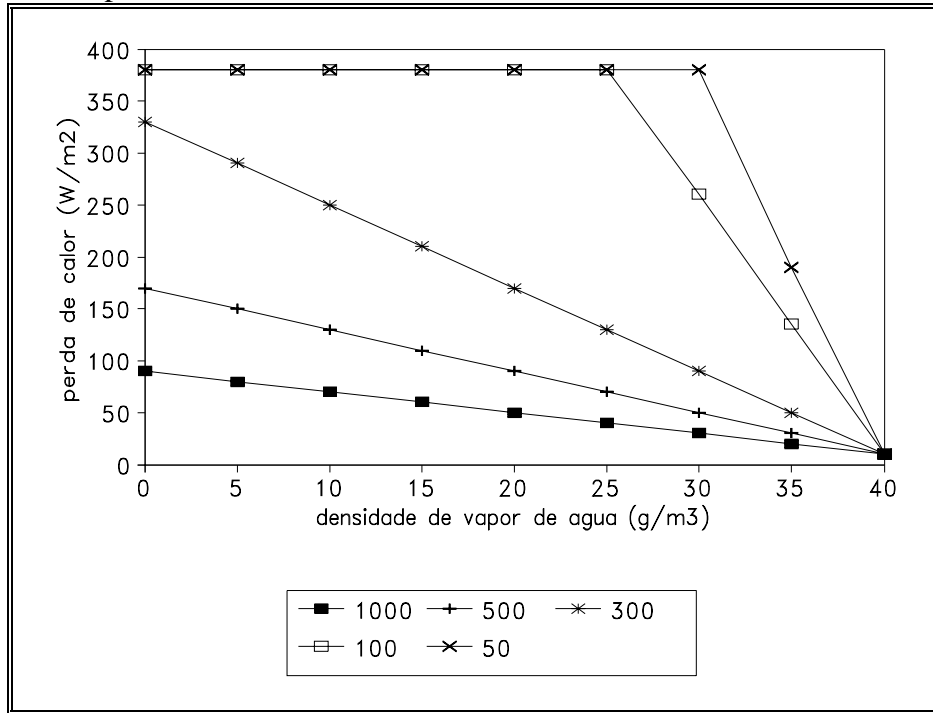


figura 8.4 Perda de calor latente pela pele em seres humanos "estressados" com função da densidade de vapor atmosférico e resistências (em  $\text{s/m}$ ) da camada limite, mais roupas, à difusão de vapor.

O ser humano tem um suprimento limitado de água. Se um ser humano de  $80 \text{ kg}$ , perde  $2\%$  do seu peso em água torna-se muito sedento, se perde  $4\%$ , sua garganta fica muito seca ele começa a ficar tonto e impaciente; se perde  $8\%$  a fala se torna dolorida, com  $12\%$  não engole mais e de  $18\%$  a  $20\%$  passa a ser letal.

A sobrevivência em ambientes quentes com "stress" térmico pode ser calculado usando a equação de balanço energético, sem assumir que  $\lambda E_s$  está correlacionado à  $\lambda E_R$ , nem é função deste. O resultado é o seguinte:

$$\frac{\rho c_p (T_b - T_e)}{r_{Hb} + r_e} = M - \lambda E_R - \frac{\lambda E_s (r_c + r_e)}{r_{Hb} + r_e} \quad (8.3)$$

Se  $\lambda E_s = 0$  e  $r_c \gg r_{Hb}$  ( $Hb$  ou  $Ht$  já que corporal ( $b$ ) é a soma dos tecidos naturais e roupas), então esta eq.8.3 se transforma na 7.18.

Como exemplo da eq.8.3 podemos investigar o efeito das roupas na máxima temp. equivalente que pode tolerar uma pessoa trabalhando com várias taxas metabólicas. Se assumirmos  $\rho_{va} = 5 \text{ g/m}^3$ ,  $T_b = 36.5^\circ\text{C}$ ,  $r_e = 40 \text{ s/m}$ ,  $r_{Hc} = r_v$ , a resistência à perda de calor sensível dos tecidos ( $r_{Ht}$ ) é de  $15 \text{ s/m}$ ,  $\lambda E_R = 0.1 M$  e  $r_{Ha} = 47 \text{ s/m}$ . Os resultados dos

cálculos estão na figura 8.8. Desde que a temperatura equivalente ambiental seja mais alta do que  $T_b$ , adicionando-se resistência com roupas reduz-se o suprimento de calor. A perda de calor latente não é reduzido nesta situação porque é fisiologicamente limitado pelo suprimento interno de água. O ponto de inflexão no gráfico ocorre quando a resistência à difusão de calor e vapor ( $r_v$  e  $r_H$ ) é grande o suficiente para começar a controlar a perda de água. Nestas condições, roupas leves reduziriam o suprimento de vapor. Temos que verificar, entretanto, que isto não é verdadeiro em altas concentrações de vapor d'água ( $\uparrow$  UR) onde qualquer aumento na  $r_c$  reduziria a perda de calor. Se a densidade de vapor atmosférico é alta o suficiente para manter a pele úmida sem roupas, então qualquer adição de vestimentas irá decrescer a dissipação de calor. A roupa apropriada a um deserto não é necessariamente apropriada aos trópicos úmidos e quentes, vide exemplo dos cáftans, as túnicas grossas de lã dos árabes e as roupas leves dos amazonenses (tabela 8.3).

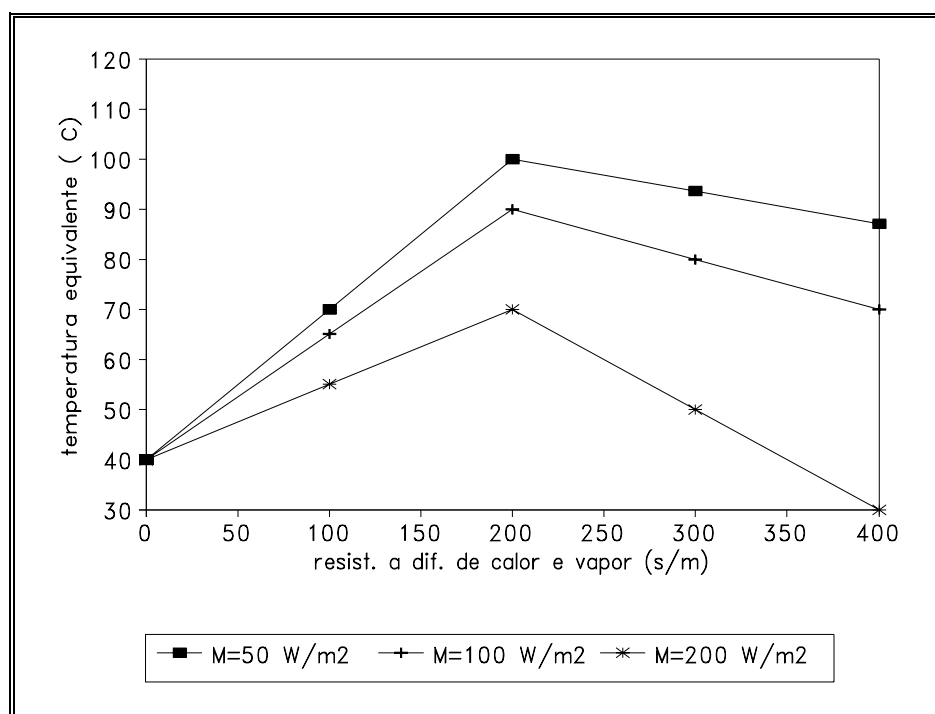


fig.8.5 temp. máxima equivalente tolerável como função da resistência das roupas para  $\rho_{va} = 5 \text{ g/m}^3$  e vento de 3 m/s a 3 taxas metabólicas.

TABELA 8.3

TIPO ADEQUADO DE ROUPAS PARA DIFERENTES CLIMAS QUENTES	
QUENTE SECO	QUENTE ÚMIDO
Roupa fechada	Roupa aberta
Cor clara ( $\uparrow$ albedo)	Cor clara
Moderada a grossa	Tão fina quanto possível
Corpo e cabeça (fez) cobertos	Cobertura mínima
Ajuste frouxo	Frouxas
Roupas debaixo desejáveis	Dispensáveis

Outra característica que minimiza o ganho de calor é a nossa postura ereta. A área humana iluminada pelo Sol no zênite é bem menor do que em animais de 4 patas ou com o ser humano deitado. Isto deve ser devido ao fato de que éramos caçadores diurnos nas savanas africanas quando o gênero *Homo* surgiu. Há também o "paradoxo" dos povos de cor negra viverem justamente nas regiões de maior radiação solar incidente (com  $a_s = 0.18$ ), enquanto que os brancos caucasianos ( $a_s = 0.35$ ) vivem na Europa. O ponto crucial disto não é o albedo, mas a profundidade no qual a radiação penetra: 0.4 mm ( só epidérmico) nas pessoas de pele negra e 2.0 mm nos de pele branca (atingindo a derme e os capilares sangüíneos). Os brancos também tem um aquecimento extra devido a sua rede de capilares sangüíneos serem superficiais, elevando mais a  $T_b$  que os de pele negra.

## 8.2 CENTROS DO CORPO HUMANO REGISTRADORES DOS ESTÍMULOS METEOROLÓGICOS.

### 8.2.1 PRINCIPAIS CENTROS REGISTRADORES.

Os vários estímulos de nosso ambiente físico são registrados pela pele, trato respiratório (pulmões e garganta), nariz, olhos e diretamente pelo sistema nervoso central.

#### A) o hipotálamo:

Uma das principais estruturas cerebrais através da qual as mudanças meteorológicas e climáticas são percebidas é o hipotálamo (fig. 8.6), sendo o principal centro regulador do balanço energético. Ele está localizado entre o tálamo e a glândula pituitária e tem controle sobre o sistema nervoso autônomo e a secreção dos lobos anterior e posterior desta glândula (ou também conhecida por hipófise); este controle é através de fibras nervosas ou vasos sangüíneos carregando substâncias químicas do hipotálamo à pituitária.

#### B) A produção de calor:

A atividade, principalmente muscular, consegue elevar a  $T_b$  entre 1° e 2°C, para compensar a queda de  $T_a$ , e se esta cair muito os músculos são acirrados sincronicamente de modo a produzir o tiritar. A taxa de produção de calor metabólico ( $M$ ) depende, portanto, de 7 fatores pelo menos:

- a) idade e sexo ( maior em crianças do que em adultos, maior em homens que em mulheres),
- b) área superficial (depende do peso, já mencionado),
- c) atividade glandular (p.ex.: a tiroxina é regulada pela pituitária através do hormônio tirotrófina, estimulando a tireóide e o metabolismo em geral),
- d) secreção de adrenalina (  $\uparrow M_b$ );
- e) temperatura corporal,
- f) alimentação e g) atividade muscular (eq.7.4)

#### C) Perda de calor:

Este é perdido por 4 diferentes modos já citados:

- a) condução ( $G$ ), b) convecção ( $H$ ), c) radiação ( $L$ ) e d) evaporação (  $\lambda E$ ). Este último é dividido em:



i) insensível: de 600 ml a 800 ml em 24 horas pela face, pescoço, dorso das mãos e sola do pé.

ii) suor: 1º grupo: glândulas écrinas, distribuídas por todo corpo, secretando uma solução diluída com cloreto (0.1% a 0.4%), uréia, açúcar, ác. láctico (após exercícios) e pequenas quantias de Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>++</sup>, Mg<sup>++</sup>, etc. 2º grupo: gl. apócrinas (sovaco, envolta dos mamilos, etc.). Estas secretam um fluido com características odor de suor, sendo estimuladas pela acetilcolina e não pela adrenalina.

O suor pode ser aumentado por 3 fatores:

a) aumento da temp. externa (Ta), campos eletromagnéticos, b) estado emocional (palmas das mãos, sola do pé, sovaco).

c) exercícios, de 1 a 2 l/hr.

O hipotálamo é estimulado por receptores térmicos na pele, sendo os receptores de frio (Krause) e de calor (Ruffini), mais comuns na nossa pele.

O registro das mudanças ambientais resulta em mudanças na temperatura dos vasos sanguíneos, também, (periféricos) seguido de alterações no estado físico-químico de toda a circulação, através da rica rede capilar hipotalâmica. O hipotálamo também controla o rinocéfalo ("cérebro" olfativo e emocional) e epífise (gl. pineal, sensível ao fotoperiodismo, ciclos circadiano, sazonais, etc.)

### 8.2.2 ACLIMATIZAÇÃO AO ESTÍMULO TÉRMICO.

O processo compreende 3 aspectos:

a) a detecção de mudanças ambientais na pele e sistema nervoso;

b) reação rápida do corpo, vasodilatação (vasoconstricção), suor, etc.

c) mudanças mais lentas (gl. endócrinas), ajustes metabólicos e comportamentais.

Em climas quentes, o isolamento gorduroso decresce e aumenta a troca de água e sal. A aclimatização é alcançada em 1 semana, mais 2 ou 3 semanas para atingir o estado estacionário. Mudanças reversas são mais vagarosas, a aclimatização ao calor dura até por 2 semanas no frio.

Pessoas expostas a grandes flutuações de temp. tem um controle eficiente da temp. superficial e pode mais facilmente se adaptar ao frio. Obviamente, a adaptação ao "stress" de calor é mais fácil no verão do que no inverno e vice-versa. O influxo de ar polar ou uma frente fria depois de uma onda de calor terá um efeito maior do que após um período de frio. Davis e outros autores verificaram que a eficiência de certas drogas é alterada de acordo com as condições meteorológicas no momento que são ministradas aos pacientes. Muitos autores já relataram que a aplicação de vitamina-C aumenta a resistência à doenças e ao stress do frio e facilidade de adaptação. Isto depende do nível de ácido ascórbico nos tecidos, especialmente na supra-renal (ou adrenal). A hipertrofia da glândula adrenal durante o "stress frio" é inibida pela ação da vit. C dada em grandes quantidades.

Antes da completa aclimatização tomar lugar, os seguintes processos fisiológicos são observados ao estímulo de aquecimento de Ta:

i) aumento de Tb e em casos extremos de M,

ii) aumento na ventilação respiratória,

iii) aumento do pH do sangue, queda deste na urina,

iv) aumento da pulsação e taxas circulatórias,

- v) queda na pressão arterial ( a menos que o calor crie um "stress " psicológico),
- vi) aumento no suor e transpiração sensível,
- vii) aumento na dilatação das arteríolas e capilares, aumento do volume sanguíneo,
- viii) queda na taxa de hemoglobina e no nº de leucócitos,
- ix) queda na diurese (excreção. urinária),
- x) aumento na secreção de  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ , aminoácidos, e queda na secreção de 17-ceto-esteróide,
- xi) aumento na permeabilidade da pele, queda na resistência da capilaridade (  $r_{Ht}$  e  $r_{Hb}$ ).

Para o frio, é ao contrário em todos os itens acima.

As diferenças sexuais com respeito ao calor, estão no fato de que a mulher sua menos. Normalmente, elas usam roupas mais leves e se exercitam menos, fisiologicamente possuem Mb menor e portanto podem manter a termorregulação por processos convectivos e radiativos. Anatomicamente as mulheres usualmente possuem uma camada mais grossa de gordura subcutânea do que o homem. Sendo esta uma vantagem para "segurar" calor em climas frios.

### 8.2.3. Efeito térmico nas funções endócrinas.

a) pituitária: há íntima relação entre as condições meteorológicas (via hipotálamo) e o funcionamento desta glândula e das outras gl. endócrinas. Os efeitos observados na pituitária são devido a ambos "stress" radiativo e térmico. Eles explicam o maior crescimento das crianças na primavera e a maior produção de hormônios gonadotróficos nos homens e animais, aumentando a fertilidade nesta época. O frio/calor e a luz induzem a pituitária a produzir a tirotrofina, pelo lobo anterior desta glândula. Já o lobo posterior libera anti-diuréticos em menor quantidade quando há passagens de frentes frias, diminuindo a diurese.

b) glândula tireóide: ondas de frio (frentes, etc.) intensifica a atividade na glândula tireóide, no qual está conectada à intensa congestão dos vasos ( capilares, arteríolas). O calor induz a inatividade desta glândula.

c) Gl. supra-renal ( ou adrenal): sua atividade é controlada pela adenotrofina (ACTH), hormônio secretado pela pituitária. Mudanças sinóticas afetam a gl. adrenal através do trato hipotálamo-pituitária, aumentando sua atividade (com a chegada de massas de ar frio). Nesta situação aumenta a produção do hormônio. 17-ceto-esteróide ( 100% nas amostras urinárias), diminuindo, também o ácido ascórbico e colesterol no sangue. Se houve sucessivas passagens de frentes frias, há uma diminuição, cada vez maior, na produção deste hormônio. Ele está relacionado à resistência capilar (  $\downarrow r_{Hb}$ ) e a permeabilidade das membranas celulares.

d) Timo e pâncreas: estas glândulas são controladas pelo trato hipotálamo-pituitária e pela adrenal. O timo afeta a produção de linfócitos ( gl. brancos) . Quanto ao pâncreas, por volta de 1960 na Alemanha, foi demonstrado que o influxo de massas de ar quente e úmida, o nível de açúcar do sangue de animais e humanos diabéticos diminui com taxa maior que numa massa de ar fria úmida ou seca.

### 8.2.4 Efeito térmico no fígado e no baço.

a) Fígado: se aumenta o frio, aumenta a taxa de conversão do glicogênio em glicose (mais energia) e a formação de várias enzimas.

b) Baço: as massas de ar frio afetam a adrenal esta por sua vez, aumenta a secreção de adrenalina que induz este órgão a produzir mais eritrócitos, leucócitos e trombócitos. Isto explica o aumento da concentração da hemoglobina no sangue ( também devido a diminuição do volume sangüíneo).

#### 8.2.8. Efeito térmico nas propriedades do sangue:

a) hemoglobina, leucócitos (linfócitos), eritrócitos, trombócitos já citados- ↑ Inverno, ↓ verão.

b) vol. sangüíneo: ↑ verão, ↓ inverno.

c) capacidade de absorção do O<sub>2</sub>: ↑ no inverno e primavera, crianças c/ menos de 6 anos e ↓ final do inverno até o verão (crianças mais velhas e adultos).

d) capacidade de absorção do CO<sub>2</sub>: máx. no inverno e min. no verão.

e) ác.ascórbico: menor no inverno e maior no verão (escuridão ).

f) íons: cálcio, fosfato, magnésio e iodeto : inverno.

g) coagulação : menor antes da entrada de frentes frias.

h) pressão diastólica: maior no inverno e menor no verão.

i) capilaridade (na pele): aumenta na primavera.

#### 8.2.6. Efeito da variação da pressão atmosférica diária.

Há muitos estudos correlacionando fenômenos clínicos à pequenas mudanças na pressão barométrica (menos de 60 hPa), como os observados na aproximação de centros de baixa pressão em latitudes médias.

Muitos autores observaram mudanças consideráveis na pressão sangüínea durante os períodos de queda súbita da pressão atmosférica, que acompanha a entrada de frentes quentes e frias. Entretanto, foi verificado que a pressão sangüínea de pessoas saudáveis sobe tanto na queda como na subida do barômetro e que a subida está sempre associada com a queda na temperatura do ar (isto é, devido a entrada de massa de ar frio) sugerindo que não há relação direta entre a pressão do ar e sangüínea.

Portanto há somente uma relação indireta entre ambas as pressões. Em outros estudos, no Caribe (por onde passam muitos centros de baixa pressão) , mostraram que a pressão sangüínea sobe com a queda na pressão barométrica e na Alemanha desce com a mesma queda. Concluindo-se que as mudanças na pressão do ar é somente um indicativo biometeorológico para uma mudança nas condições gerais do tempo, como entrada de frentes, etc.

Há estudos, entretanto, correlacionando pressão atmosférica à artrite, doenças do coração e inquietação em esquizofrênicos.

A variação diária, a chamada maré barométrica, pode estar vinculada ao conforto das pessoas durante o dia, também estando conectada à variação diária da temperatura. Ela possui um pico às 10 horas e às 22 horas e um mínimo às 4 e 16 horas, hora na qual a maioria das pessoas sente-se cansada. Notar que há outros fatores influenciando, tais como a própria temperatura, atividade profissional, alimentação, etc.

### 8.3 INFLUÊNCIA DE PARÂMETROS METEOROLÓGICOS NAS DOENÇAS HUMANAS: BIOMETEOROLOGIA PATOLÓGICA.

A grande maioria das doenças humanas está intimamente ligada à estímulos externos, tanto indiretamente como até a própria causa da doença. A maioria das infecções e dos fatores meteorológicos causadores das doenças flutuam de acordo com a passagem dos meses do ano, portanto são sazonais. Estes fenômenos sazonais e pseudo-sazonais estão resumidos na tabela 8.4.

#### 8.3.1 ALERGIA.

A alergia é um estado clínico que pode ser definido como uma reação diferenciada de um indivíduo a uma determinada substância específica, usualmente na 1ª exposição à mesma, ou quimicamente relacionada à esta substância.

O estado desta reação é caracterizado pelo aumento da susceptibilidade a uma proteína ou toxina (incluindo ingestão destas), é conhecido por anafilaxia. Esta reatividade ou reação alérgica é explicada pela reação antígeno/anticorpo. O antígeno não está normalmente presente no corpo, e ao penetrar no sangue, ele estimula a produção de anticorpos. As reações de ambos induzem as células a liberarem substâncias ativas farmacologicamente, como a histamina, a serotonina e bradiquinina.

Destes compostos a histamina é a melhor conhecida, e é observada no "teste" de pele. Ela causa irritação nos olhos, rinites e a febre-do-feno. Drogas anti-histamínicas causam alívio dos sintomas da alergia.

Tanto o fígado como a tireóide afetam o nível de globulina, no qual os anticorpos são formados (como a gama-globulina), e ambos os órgãos são sensíveis às condições meteorológicas. Já foi correlacionado que as variações sazonais do soro-gama-globulina em doadores saudáveis são devido à variações sinópticas. Foi, também, percebido que os pacientes alérgicos tem uma má termorregulação. Muitos pacientes alérgicos são conduzidos à altitudes elevadas a fim de adquirirem resistências à fatores meteorológicos.

Há considerável número de informações relacionando alérgenos conhecidos com poeira doméstica no qual tem sua atividade acrescida quando a UR sobe. Isto é atribuído a ação de microrganismos "vivendo" em certos constituintes da poeira durante o tempo úmido. A umidade é um dos fatores responsáveis pelo desenvolvimento dos fungos que degradam lã, penas, papel, etc. Outros microrganismos também entram neste processo.

Em recentes estudos muitos alergistas estão inclinados a acreditar que muitas reações alérgicas são devidas aos ácaros, animais microscópicos pertencentes ao Filo Artrópoda, classe Arachnida. Seu ótimo de sobrevivência é 25°C e 85% de UR. Alguns alergistas acreditam que a asma também está relacionada aos ácaros e fungos, mas talvez esta correlação seja apenas aparente. O Sterilair pode destruir os esporos de fungos por aquecimento (600°C), eliminando assim os ácaros que se alimentam dos fungos e com isto, diminui os ataques de alergia.

Muitas doenças alérgicas são conhecidas como por exemplo a rinite alérgica (inflamação da mucosa nasal, desaparecendo assim que as condições ambientais mudem), urticária, dermatite alérgica, dermatoses e febre-do-feno.

Esta febre-do-feno é uma doença alérgica muito estudada. É uma rinite alérgica de variação sazonal causada por pólen, esporos etc. Os sintomas característicos são espirros, vazamento das mucosas, febre, etc. Sinusite pode acompanhá-la. O nome, na realidade, é incorreto, pois não é o feno o responsável, e sim o pólen de 3 principais grupos de plantas, na Inglaterra, por ex. : *Alnus* (álamo) , *Betula* (plátano) e *Corylus* (faia). No final do inverno e início da primavera. Na Europa continental, algumas gramíneas causam rinites alérgicas no final da primavera. Há muitos casos associando ambos. Os esporos de *Ustilago* e *Cladosporium* (fungos) são muito abundantes no verão e também são causadores de rinites.

Normalmente a temperatura é mais importante fator que a UR, para os pólenes. Já pesadas chuvas induzem ao assentamento dos grãos. As concentrações dos grãos-de-pólen de gramíneas exibem, também, variações diárias, com um pico às 5 horas da tarde e um mínimo ao amanhecer. Há também a rinite vaso-motora causada por queda da temperatura, traumas emocionais, fadiga, etc. que cria sintomas similares à febre-do-feno.

As várias formas de alergia atingem um enorme gama de indivíduos em toda a população, devido a isto, os seus relacionamentos biometeorológicos são de grande importância p/ se minimizar os seus efeitos.

### 8.3.2 ASMA E BRONQUITE.

Na Europa e EUA é estimada em 2 em cada 100 habitantes sofrem destes dois males. Há um nº significativo de estudos comprovando os efeitos do tempo e do clima nestas doenças respiratórias.

a) ASMA: é uma doença complexa. Há pelo menos 4 teorias para explicá-la: a) teoria infecciosa, b) teoria alérgica (particularmente nos Estados Unidos), c) teoria endocrinológica e d) teoria psicossomática. Estudos aprofundados mostraram que os fatores psíquicos não causam asma, mas uma vez, asmático, os fatores psicológicos surgem devido aos contínuos problemas respiratórios.

É internacionalmente aceita a divisão entre asma bronquial (não-infecciosa) e asma brônquica, resultante de uma forma negligenciada de bronquite.

b) BRONQUITE: é uma doença causada pela inflamação dos brônquios como resultante dos agentes infecciosos ( ex. vírus da influenza, pneumococci, etc.) ou a poluição do ar. É mais comum em homens do que mulheres e parece existir mais em algumas famílias. As manifestações clínicas são grandemente devidas à obstrução bronquial causada pelo catarro (sputum) que não pode ser suficientemente removido pelos cílios da traquéia.

A taxa de mortalidade (grande em crianças e velhos) varia consideravelmente entre países, é 10 vezes maior na Inglaterra do que na Dinamarca. A bronquite aguda pode ter febre, suores, tosse, dor sub-esternal, dispnéia, etc. Uma forma especial de bronquite é a bronquite asmática. É devida ao acúmulo de catarro associado à inchação da mucosa, causando séria dispnéia e peito ofegante,

c) Relações meteorotrópicas à asma.

Um grande nº de ataques de asma está correlacionado à rápidas mudanças das condições atmosféricas específicas, no qual não é acompanhado de mudanças fisiológicas em alérgicos, criando uma não relação direta aos asmáticos.

Na Holanda, os ataques estão conectados às tempestades de outono e ao rápido resfriamento da atmosfera devido à penetração de massas de ar frio.

Ao contrário do que normalmente se pensa, o "fog" (nevoeiro) não produz efeito em pacientes com asma bronquial não-infecciosa. Para pacientes com bronquite, o nevoeiro e a poluição do ar induzidos por centros de alta pressão estacionário isto é verdadeiro.

Há, portanto, uma grande correlação entre o rápido resfriamento e os ataques de asma (vide figuras. 8.7 e 8.8). A mudança na turbulência atmosférica é caracterizada por rápidas subidas e descidas na pressão do ar e também estão conectadas aos ataques de asma. Em geral a aproximação de centros de baixa pressão (queda de  $Pa$ ) acompanhadas de influxo de ar polar, aumento na precipitação, descargas elétricas (relâmpagos) são condições sinópticas mais favoráveis aos ataques. Durante ondas de calor e elevada umidade relativa também podem aumentar a incidência de asma, como acontece na Índia.

#### d) Características fisiológicas dos asmáticos.

i) os asmáticos têm o mecanismo termorregulador hipotalâmico funcionando deficientemente, não conseguindo se "aquecer" ( $\uparrow T_b$ ) adequadamente. Isto explica sua deficiência em climas frios e muito quentes-úmidos, como a já citada Índia, no início das monções.

ii) tem um funcionamento ineficiente da glândula adrenal. O hormônio 17-ceto-esteróide é encontrado na excreção cerca de 1/3 a 1/5 de uma pessoa normal após a passagem de uma frente fria.

iii) a maioria tem baixa pressão sangüínea para sua idade.

iv) o limiar da contração dos brônquios após o resfriamento atmosférico é muito menor do que nos indivíduos saudáveis.

Muitas pessoas foram curadas com tratamento em altas montanhas ou câmaras de baixa pressão atmosférica, entre 1500 e 2000 m.

#### e) Relações meteorotrópicas à bronquite.

Estudos na Grã-Bretanha observaram um aumento na incidência de bronquite nas cidades em relação às áreas rurais. O acréscimo do  $SO_2$  na atmosfera urbana parece estar relacionado à este fenômeno, que afeta a atividade ciliar da traquéia.

A taxa de mortalidade em idosos é aumentada pela queda na temperatura acompanhada de subida da UR, particularmente, em países europeus onde  $T_a$  fica abaixo de  $0^\circ C$  e durante nevoeiros espessos. Estes períodos geralmente estão acompanhados de aumento na concentração de dióxido de enxofre no ar. O inverno e outono produzem estas condições mais freqüentemente, na Europa, com a estagnação de anticlones polares. Situação sinóptica semelhante, ocorre em São Paulo, capital, durante os meses de outono-inverno.

A despeito de muitos estudos ainda não é possível explicar todas as relações observadas como, por ex.: em áreas não industriais, o efeito do resfriamento do nevoeiro pode aumentar a resistência capilar das membranas do sistema respiratório e reduzir o fluxo

sangüíneo destas partes do corpo, favorecendo agentes infecciosos. Em uma série de testes, ar frio (-55°C) e seco foi administrado a um grupo de pacientes c/ bronquite e outro grupo foi colocado em um nevoeiro (de água pura) a -10°C. A exposição durou 3 minutos e a capacidade vital (respiratória) foi observada. O nevoeiro afetou muito mais esta capacidade do que o ar mais frio e seco .

Este e outros fatores desconhecidos devem ser responsáveis pelo comportamento semi-regular meteorotrópico dos ataques de bronquite asmática.

### 8.3.3 DOENÇAS CARDIO-VASCULARES.

A maioria das doenças do coração são causadas pela arteriosclerose e tem aspectos meteorotrópicos interessantes. Elas podem ser classificadas em trombose coronária (formação de um coágulo sangüíneo dentro do coração ou nas artérias coronárias), infarto do miocárdio (desenvolvimento de uma deficiência sangüínea nos músculos cardíacos) e angina pectoris (dor torácica, irradiada para o pescoço e braço esquerdo devido ao fraco suprimento sangüíneo). Outra importante doença vascular é a apoplexia ou hemorragia cerebral (uma extravasação do sangue no cérebro).

Muitos estudos sugerem que a passagem de frentes aumentam a ocorrência destas doenças. Por exemplo, Ströder (Alemanha, 1951) mostrou que 87% dos infartos no miocárdio ocorrem em dias de distúrbios meteorológicos (ou alteração sinóptica) consideráveis como a entrada de fortes massas de ar, quentes ou frias.

Outros estudos mostram a variação sazonal destas doenças, geralmente, mais altas no inverno e outono e menor nas outras duas estações do ano. Isto parece estar relacionado aos locais aonde o verão é suave e o inverno rigoroso. Já no Texas, com verão muito quente (muitas vezes com Ta de 37°C e UR de 60 a 70%), a incidência nesta estação aumenta. Notar que os infartos são mais comuns em homens, enquanto que a apoplexia é mais comum em mulheres. Invernos mais rigorosos e fortes ondas de calor no verão, portanto , costumam elevar as taxas desta apoplexia, também.

As pessoas que sofrem de doenças cardiovasculares tem também má regulação térmica hipotalâmica, sempre induzindo, no caso, a elevação da pressão arterial.

### 8.3.4 DOENÇAS DOS OLHOS (OCULARES) .

Muitas doenças oculares mostram comportamento meteorotrópico: glaucoma, destacamento da retina, conjuntivite, etc.

A despeito do grande nº de observações, os mecanismos básicos do comportamento meteorotrópico ainda é insuficiente. Pelo menos 3 fatores estão envolvidos.

- i) aumento na pressão sangüínea e da pressão interocular devido a períodos de rápida queda de Ta, sendo seguidos de ondas de calor (ex.: glaucoma e hemorragias).
- ii) aumento na permeabilidade dos capilares após o influxo de massas de ar quente ou frentes quentes, podendo causar trombozes (após uma operação de cataratas, por ex.).
- iii) mudanças na intensidade da luz e dos seus comprimentos de onda; a sensibilidade aumenta na primavera. Mulheres são 10% menos sensíveis que homens.

### 8.3.8. DOENÇAS INFECCIOSAS.

As influências meteorológicas nas doenças infecciosas é um problema complexo, sendo afetadas por um grande nº de fatores, mas podem ser classificadas em 2 grupos principais : O 1º abaixam a resistência do organismo às doenças e o 2º afetam o espalhamento desta. Este inclui:

- a) a influência do tempo/clima nos hábitos sociais, como reuniões, fechamentos de portas e janelas, mudanças nas vestimentas, dieta, etc..
- b) a influência. no desenvolvimento do microrganismo.
- c) os efeitos meteorológicos sobre o seu espalhamento. Podendo ser classificados em 3 grupos:
  - i) doenças de verão: cólera, febre tifóide, poliomielite, desenteria (nos trópicos é durante a estação chuvosa).
  - ii) doenças de outono: infecções estreptocóccicas, escarlatina, difteria .
  - iii) d. de inverno: resfriado/gripe, pneumonia, meningite, tuberculose. Nos trópicos é na estação seca.

As resistências locais do corpo podem ser afetadas de diferentes modos:

- a) O aumento e diminuição da permeabilidade dos capilares.
- b) A acidez da pele é afetada por aerossóis alcalinos.
- c) dessecamento das membranas (especialmente a mucosa nasal) são afetadas pela temperatura, umidade relativa e ionização do ar.
- d) a UR afeta a sobrevivência de vírus e bactérias. Bactérias grã-negativas preferem alta UR e as grã-positivas, baixa UR (e o vírus da influenza, ou gripe espanhola).
- e) o ozônio diminui a resistência à infecção.

A resistência geral do corpo à infecções pode ser afetada por condições meteorológicas e mudanças sazonais devido a: a) variação sazonal do sangue.

b) efeito de uma mesma infecção, em diferentes condições sinópticas (e/ou ambientais) pode ser completamente alterado . Ex.: coelhos expostos ao vírus *Myxoma* a 26°C e a 15°C com resultados antagônicos, no frio o vírus morre.

c) quando o 17-ceto-esteróide aumenta sua concentração, aumenta à resistência à doenças.

d) disfunção no sistema termorregulador aumenta as infecções.

### 8.3.6. DOENÇAS MENTAIS.

Os vários estudos feitos na área indicam que a grande influência meteorológica nos processos fisiológicos básicos e efeitos indiretos nos processos mentais. Entretanto, é difícil prová-lo, sendo muito destes estudos não conclusivos.

É apropriado definir as principais doenças mentais de acordo com a classificação feita na Holanda, com a aceitação da OMS :

- a) **Esquizofrenia ou demência precoce:** compreende um grande nº de psicoses não-homogêneas.
- b) **Oligofrenia** (mente fraca): compreende 3 grupos de doenças mentais : debilidade mental (  $50 < \text{QI} < 75$ ), imbecilidade (  $25 < \text{QI} < 50$ ) e idiotia (  $\text{QI} < 25$ ).
- c) **Epilepsia:** desarranjo mental que causa apreensão e convulsões.



d) **Apoplexia**: é caracterizado por rápida paralisia e coma devido ao extravasamento de sangue no cérebro, já citado.

e) **Hemicrania**: dor-de-cabeça de um só lado, usualmente acompanhado de náuseas e vômitos, vertigens, aumento da sensibilidade dos olhos, etc.

Os efeitos meteorológicos nestas doenças são:

a) esquizofrenia: após 4 anos de observações no comportamento dos doentes foi observado que eles ficaram inquietos durante os meses de inverno e em alguns casos os picos eram na primavera. Isto para fenômenos sazonais. Para situações sinópticas, a aproximação de massas de ar quentes, tanto continentais como marítimas, causando um aumento gradual em  $T_a$ , aumentam o grau de inquietação dos pacientes. Já o influxo de anticiclones polares (de curto período) criam efeito reverso. O tempo considerado "feio" para as pessoas saudáveis, como pesadas nevascas e chuvas contínuas e/ou torrenciais, causando depressão e mau-humor, não têm efeito sobre os doentes.

Leiden, em 1960, sugere que estes termos de curto período e sazonais estão relacionados ao mau funcionamento do hipotálamo nos esquizofrênicos. Testes feitos com estes, mostraram que demoram muito mais para se "esfriarem" ( $\downarrow T_s$ ) e se "esquentarem" ( $\uparrow T_s$ ) do que as pessoas saudáveis.

b) oligofrenia : Tromp e Bouma (1978) estudaram os oligofrênicos e chegaram às seguintes conclusões:

- i) as porcentagens de inquietude diárias e mensais são as mesmas dos esquizofrênicos.
- ii) estes já são mais sensíveis ao tempo "feio".

c) epilepsia: influência da inquietação, parece que há um pico no inverno e um mínimo no verão. Quanto às conclusões: há grande flutuação sazonal, mas o efeito das drogas deve mascarar muito estes resultados.

d) apoplexia: todos os fatores que aumentam a pressão arterial geram apoplexia, como já foi citado anteriormente.

e) hemicrania: fatores que aumentem a vasodilatação das artérias extra-craniais e contraem os capilares no cérebro e que aumentem a sensibilidade a dor, como massas de ar frio, geram esta doença.

### 8.3.7. DOENÇAS REUMÁTICAS.

As doenças reumáticas não representam um grupo homogêneo, onde 79% possuem um sistema temerregulador ineficiente e 21% com ineficiência total, tanto no inverno como no verão. Além disto a contínua exposição ao frio/ umidade afeta a função da glândula adrenal, enzimas musculares e a excreção de hexosamina (onde é incrementada, indicando a degeneração de cartilagens).

b) vento, temperatura e pressão; com alta temperatura há baixos índices de correlação, mas umidade associada à queda de pressão atmosférica e vento são os fenômenos meteorológicos mais correlacionada com o reumatismo.

### 8.3.8. DOENÇAS DEVIDO AO EXTREMO DE FRIO E CALOR.

#### A) EFEITO. DO "STRESS" DE CALOR.

- i) edema: dos pés e tornozelos é encontrado em pessoas não aclimatadas expostas a  $T_a > 27^\circ\text{C}$ . Drogas anti-diuréticas são adequadas nestas condições.
- ii) Síncope: devido à fusão das veias das pernas, é comum em pessoas de pé a  $T_a > 25^\circ\text{C}$ .
- iii) Desordem nas gl. sudoríparas: é comum em pessoas não aclimatadas sobre ambientes muito úmido e quente.

- Como resultado de uma ineficiência no sistema termorregulador ou devido à fadiga da glândula resultado de um suor permanente causando desidrose, suor ineficiente e perda de calor latente ineficiente,  $T_b$  pode atingir, neste caso, ir a  $42^\circ\text{C}$ . Estas situações são comuns em pessoas idosas e crianças pequenas.

- Observado em climas quentes há o choque térmico, causado também (diretamente) pela disfunção das glândula sudoríparas. Em caucasianos (Austrália), com  $T_a \sim 45^\circ\text{C}$  e UR 60% durante 10 dias criaram este choque térmico, onde  $T_b > 40^\circ\text{C}$ , matando as pessoas. Aplicações de gelo são ineficientes, pois causam vaso-constricção.

- a terceira consequência de desordem nas glândulas é a inabilidade de reter sais, como resultado de um suor forte. Conseqüente câibras no abdômen e membros.

- um 4º fenômeno de indivíduos não aclimatados é a punção térmica (*miliaria rubra*), uma inflamação aguda nas glândulas sudoríparas criando pequenas papoulas vermelhas ardente na pele. Acontece quando  $T_b = 39^\circ\text{C}$ .

#### b) "stress" pelo frio.

Os marinheiros das regiões frias e outros trabalhadores expostos a extremos de temperatura mínima apresentam um outro grupo de doenças meteorológicas. Particularmente disfunção das extremidades são comuns em áreas expostas à grande perda de calor.

- frieira: ocorre devido ao dano nos tecidos superficiais como resultado de circulação sangüínea sobre a baixas  $T_a$ .

- inação : (depressão ao frio) é o resultado de severa e prolongada vaso-constricção devido ao ar frio e seco ( $T_a < 0^\circ\text{C}$ ). Coagulação dos vasos danificados previne o retorno da circulação.

- síndromes do frio/úmido ocorrem devido à exposição a  $T_a < 12^\circ\text{C}$  por meio dias. Imersão na água do mar fria também ocorre estas síndromes com situações equivalentes à inação.

- desordens afetivas ocorrem em pacientes com má regulação térmica, criando psicoses depressivas.

### 8.3.9 DIABETES.

Diabetes é uma síndrome clínica, caracterizada pela deficiência relativa ou absoluta de insulina. Os efeitos meteorológicos estão aqui:

a) Efeito sazonal: na Alemanha, o estudo relacionou um aumento dos casos de coma da doença no final do outono, inverno e início da primavera, com máximo no próximo inverno.

b) Efeito sinóptico (de curto período): pacientes diabéticos transferidos de climas frios para mais quentes, ocasionalmente observa-se uma diminuição das necessidades de insulina. O extremo de calor, entretanto, causa um aumento significativo na utilização de glicose resultando em hipoglicemia.

Nos extremos de frio ou calor necessita-se ter mais glicose no sangue para elevar o metabolismo, daí a maior necessidade de insulina, para controlar o seu excesso.

### 8.3.10. DOENÇAS DO VENTO FÖHN.

O föhn é um vento catabático (descendente) de montanha, dinamicamente quente e seco. Há muitos efeitos biológicos em indivíduos vivendo em vales na Suíça, Tirol e Bavária. Ele existe em várias regiões do planeta com outros nomes locais: Santa Ana (sul da Califórnia), *chinook* (Canadá), Sirocco (Mediterrâneo), Zonda (Argentina), Ibe (Cáucaso), Gending (Java) e Tramontana (Alpes italianos).

As três fases do föhn são distinguidas da seguinte maneira:

- a) estágio pré-föhn, no qual permanece até a entrada do vento no vale.
- b) o período no qual o vento atinge velocidade máxima e sopra no vale.
- c) a penetração de uma massa de ar fria (frente fria) anula o efeito föhn.

De acordo com alguns autores há fraca correlação entre o föhn e a apendicite aguda, pedras na vesícula, cólica renal, infarto no miocárdio, etc. Entretanto, há significativa correlação com: perfurações de úlcera, embolismo, trombose, hemorragias pós-operatórias, sangramento em hemofílicos, dor-de-cabeça, hemicrania e aumento do número de tentativas de suicídio. Os seguintes mecanismos podem estar envolvidas:

- o vento quente e seco (podendo ser de até 50°C) afeta os mecanismos termorreguladores, especialmente dos indivíduos com má regulação térmica.
- um das importantes reações fisiológicas durante o föhn é a mudança na capilaridade e resistência da permeabilidade das membranas. Esta diminui bruscamente com o vento e a capilaridade aumenta bruscamente com o vento, também.
- queda da excreção do 17-ceto-esteróide e outros componentes (adrenalina) secretados pela adrenal, mostrando uma queda na atividade desta.

Todos os ventos quentes e secos (ex.: noroeste no Estado de S.Paulo) podem causar estes tipos de reações em maiores ou menores graus.