

EXEMPLOS DE IMAGENS FACE ÀS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS, AQUECIMENTO GLOBAL COMO PONTES DE ESTRATÉGIAS DE PREVENÇÃO

EXAMPLES OF IMAGES REGARDING CLIMATE CHANGE, GLOBAL WARMING AS BRIDGES FOR PREVENTION STRATEGIES

EJEMPLOS DE IMÁGENES SOBRE CAMBIO CLIMÁTICO, CALENTAMIENTO GLOBAL COMO PUENTES PARA ESTRATEGIAS DE PREVENCIÓN

EXEMPLES D'IMAGES CONCERNANT LE CHANGEMENT CLIMATIQUE ET LE RECHAUFFEMENT CLIMATIQUE COMME PONTS POUR LES STRATEGIES DE PREVENTION

Mário Talaia¹

¹ CIDTFF – Universidade de Aveiro: 3810-193 Aveiro, Portugal. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4311-6209>. E-mail: mart@ua.pt.

Introdução

O aquecimento global está associado às alterações climáticas e os combustíveis fósseis contribuíram em média, nas últimas décadas, com um aumento da temperatura média do ar devido ao aprisionamento da radiação emitida pela superfície terrestre. Este aumento de temperatura do ar está a afetar algumas regiões do planeta, favorecendo a destruição de ecossistemas através da rotura de elos para uma sustentabilidade natural para a vida dos seres vivos do planeta Terra.

O aquecimento global está a influenciar a dinâmica das correntes marítimas devido ao aumento de temperatura das águas dos oceanos. Esta situação, combinada com o efeito de estufa, está a aumentar a taxa de evaporação da água para a atmosfera, facilitando a formação de nuvens de precipitação e consequentes inundações. É um dado aceite pela ciência que as alterações da temperatura da superfície do oceano mudam o regime de ventos por alterar as correntes e por modificar a temperatura da superfície dos oceanos.

O aquecimento global, em determinadas regiões, é responsável pelo aumento da taxa de evaporação, favorecendo a seca de terrenos, a morte de seres vivos e a falta de água para uma vida saudável. O solo torna-se desumidificado e quebradiço, impedindo que a vegetação se mantenha viva e anulando campos verdejantes tornando a vida animal impossível, através da desertificação. Esta problemática modifica o albedo da superfície terrestre, alterando o clima da região.

As alterações climáticas alteram a dinâmica da formação de nuvens e a física das nuvens torna-se, ainda, cada vez mais complexa devido ao facto de o efeito de estufa condicionar o aumento de nebulosidade.

Está demonstrado cientificamente que as emissões de poluentes atmosféricos se devem aos seres humanos por não respeitarem a natureza favorecendo as fontes antropogénicas. As fontes naturais englobam fenómenos da natureza tais como emissões provenientes de erupções vulcânicas ou fogos florestais de origem natural e são importantes para o equilíbrio energético na troca de energia, que é absorvida e emitida pela superfície terrestre.

É aceite que o aquecimento global está a transformar ecossistemas em lugares desertos pois a taxa de evaporação, nesses lugares, tornou-se elevada devido à capacidade de o ar húmido registar uma temperatura do ar mais elevada e uma humidade relativa do ar mais baixa, ou seja, o ar húmido passou a funcionar como um “mata-borrão”. De facto, a existência de uma corrente de ar, devido ao albedo gerado à superfície terrestre, facilita a evaporação da água dos solos. Em Portugal, atualmente, há zonas rurais que já adotaram medidas preventivas de consumo de água, assim como passou a haver uma proteção para a agropecuária em termos de consumo de água potável.

As ondas de calor, ao suscitarem semanas de temperaturas sufocantes, estão a potenciar doenças respiratórias do tipo DPOC (Doenças Pulmonares Obstrutivas Crónicas).

Uma das pontes para a redução da pegada energética pode passar por, individualmente, cada ser humano passar a respeitar mais a natureza por defender a não desflorestação, por respeitar a proteção preventiva da queima de sobrantes florestais e agrícolas, por respeitar a

forma de proteção do risco de poluição do lixo, por diminuir o consumo diário nomeadamente roupas e energia com o objetivo de contribuir para preservar o meio ambiente.

Cabe aos governos criar medidas de proteção de modo a evitar-se o aumento das emissões de gases com efeito estufa, promover energias a partir do uso de fontes de energia renováveis e gerar políticas para a proteção das florestas.

Neste trabalho dar-se-á atenção à interpretação de imagens geradas pelas forças da natureza, em diferentes cenários. É apresentada uma contribuição de fundamentos teóricos para diferentes catástrofes para se interpretar fisicamente as causas e consequências da agressividade de fenómenos extremos por parte da natureza.

Fundamentos teóricos

Educação para o risco – os cenários do Painel Intergovernamental sobre as Alterações Climática (IPCC)

O Painel Intergovernamental sobre as Alterações Climáticas (IPCC, 2020; IPCC, 2021; IPCC, 2023) tem mostrado que a problemática das alterações climáticas, do aquecimento global e cenários de novos ecossistemas são motivos que deverão levar a que sejam tomadas estratégias de proteção e defesa da agressividade da natureza através da sua energia alterada que favorecem a implementação de fenómenos extremos alicerçados através das forças dominantes da natureza que estão a provocar angústia na destruição do bem-estar do ser humano e promover catástrofes e riscos para a sobrevivência.

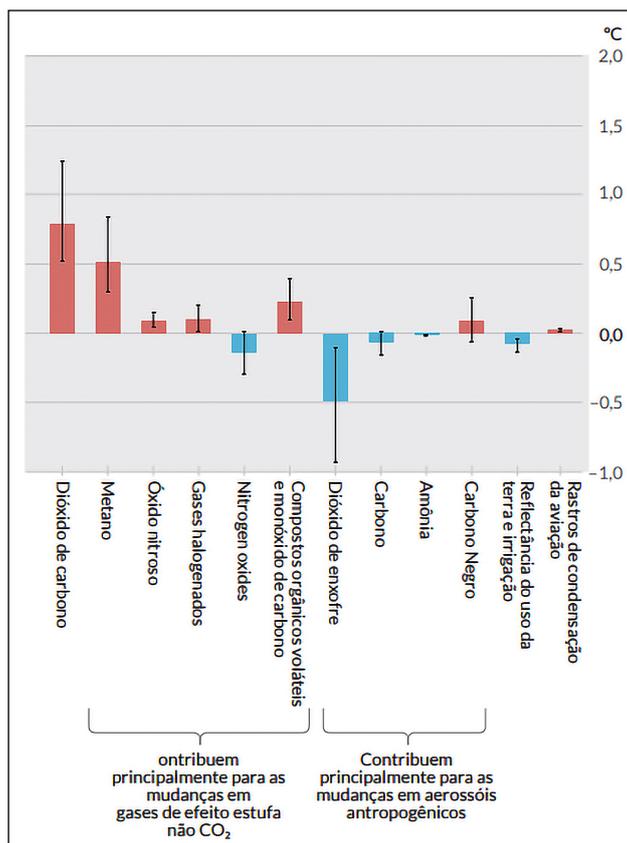
Na Figura 1 mostra-se a contribuição devido as alterações para os gases de efeito de estufa e para as alterações em aerossóis antropogénicos (IPCC, 2021) para a previsão do aumento da temperatura.

A influência humana sobre o clima durante o período 1800-1900 é apresentada na Figura 2 com temperaturas observadas e simulações matemáticas. Na figura as áreas sombreadas indicam a amplitude de cenários simulados (IPCC, 2021; IPCC, 2023).

O cenário desenhado para a alteração da temperatura global da superfície em relação a 1950-1900 é mostrado na Figura 3 e a alteração global do nível médio do mar em relação a 1900 é mostrada na Figura 4 (IPCC, 2021; IPCC, 2023).

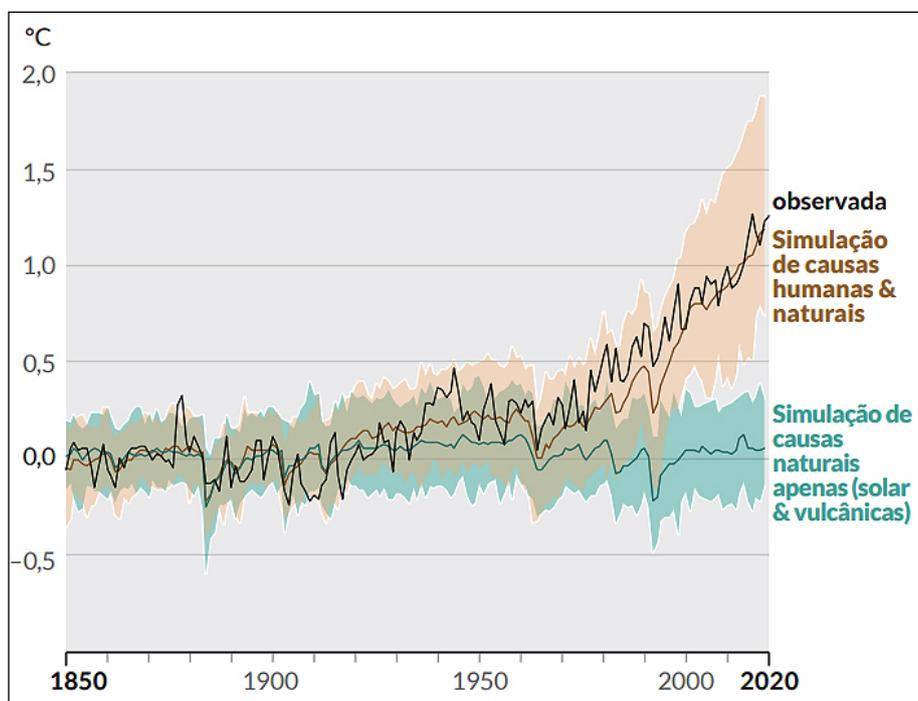
Os cenários da influência de cada tonelada de emissões de CO₂ no agravamento global são mostrados na Figura 5. A observação da figura mostra, inequivocamente, que a relação entre ambas é praticamente linear, ou seja, entre as emissões cumulativas de CO₂ e o aquecimento global nos cinco cenários ilustrados até o ano 2050 (IPCC, 2021).

Poore e Nemecek (2018) através de uma oportuna contribuição indicaram, em média, a emissão de gases de efeito de estufa por quilograma para diferentes consumos alimentares (Figura 6). Concluíram ainda que as proteínas vegetais de maior impacto emitem menos emissões de gases de efeito de estufa por quilograma face as proteínas animais de menor impacto.



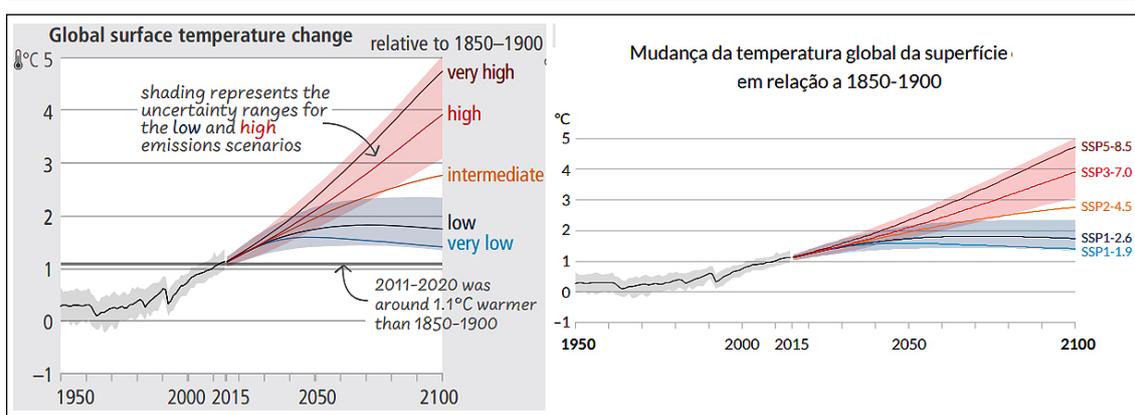
Fonte: Elaborado pelo autor. (IPCC, 2021)

Figura 1. Gases de efeito de estufa versus temperatura.



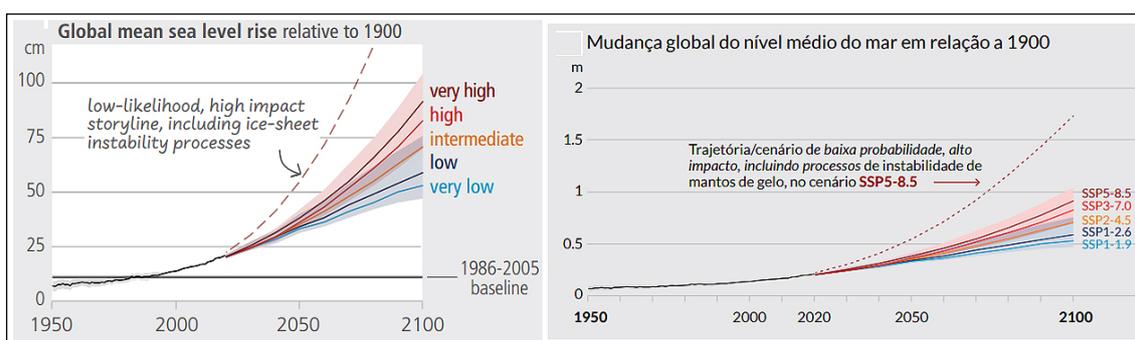
Fonte: Elaborado pelo autor. (IPCC, 2021; IPCC, 2023).

Figura 2. Aquecimento global.



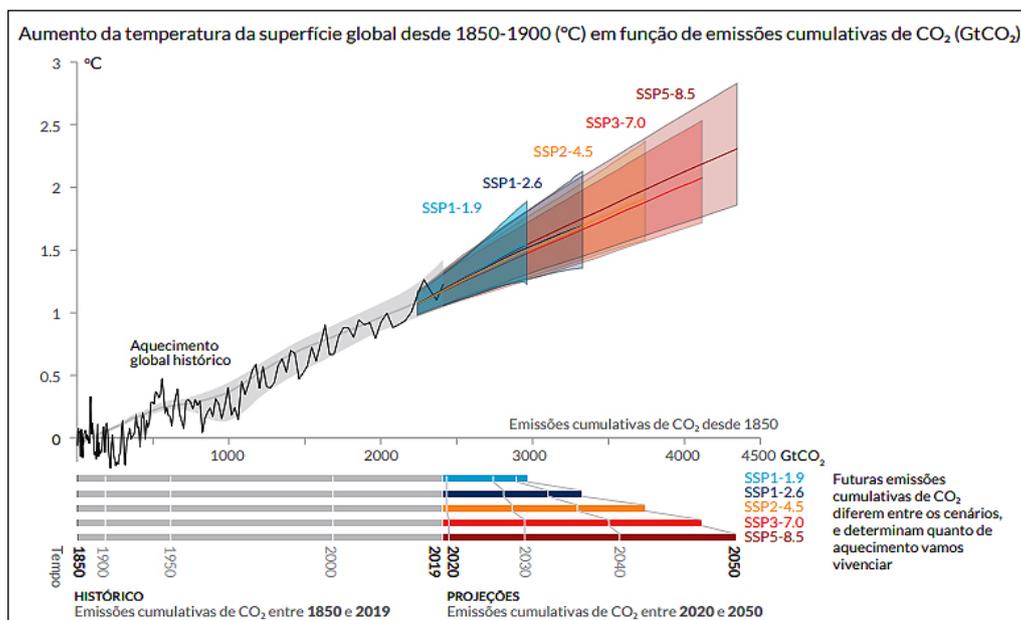
Fonte: Elaborado pelo autor. (IPCC, 2021; IPCC, 2023).

Figura 3. Alterações da temperatura global à superfície.



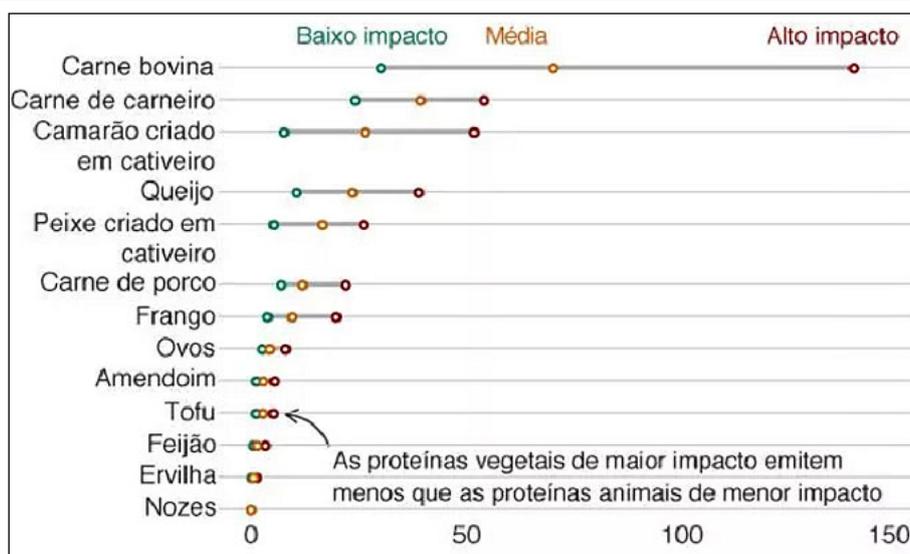
Fonte: Elaborado pelo autor. (IPCC, 2021; IPCC, 2023).

Figura 4. Alterações do nível médio do mar.



Fonte: Elaborado pelo autor. (IPCC, 2021).

Figura 5. Gases de efeito de estufa versus temperatura.



Fonte: Elaborado pelo autor. (Poore; Nemecek, 2018).

Figura 6. Gases de efeito de estufa por kg para diferentes alimentos.

Fluidos: o ar húmido na educação para o risco

Na meteorologia física, assume-se, para efeitos de cálculo, que o “ar” é constituído por dois gases perfeitos ou ideais, ou seja, por ar seco e vapor de água, sendo, o conjunto dos dois, designado por ar húmido. Enquanto o ar seco é uma mistura em proporções fixas de diversos gases (N_2 , O_2 , Ar etc.) o vapor de água é considerado variável (Iribarne; Cho, 1980; Ahrens, 2012; Ahrens; Henson, 2019). O peso de uma coluna de ar por unidade de área determina a pressão num determinado nível ou altitude acima do nível médio da água à superfície. Para o autor é o ar húmido que condiciona a vida na Terra.

O ser humano usa o ar húmido no seu ato de respirar, de forma involuntária e inconsciente, com uma pressão parcial do oxigénio capaz de realizar trocas gasosas entre os pulmões e o sangue, na circulação pulmonar ou pequena circulação. Para cálculos à superfície da terra, e ao nível das águas do mar, pode-se considerar que o ar está sujeito a uma pressão absoluta de cerca de 1000hPa, uma pressão parcial de oxigénio de cerca de 150mmHg, uma massa volúmica do ar de cerca de $1,2\text{kg/m}^3$, uma temperatura de cerca de $20\text{ }^\circ\text{C}$ e uma viscosidade dinâmica de cerca de $1,8 \times 10^{-5}\text{ Pa.s}$ (Ahrens, 2012).

A água, nos seus estados físicos, permite estudar fenómenos que afetam o dia-a-dia. A palavra orvalho está associada à temperatura do ponto de orvalho e esta, por ser o melhor indicativo, identifica a quantidade de água presente num pacote ou parcela de ar da atmosfera. O máximo de vapor de água associado a uma dada temperatura pode ser determinado através da aplicação de conhecimentos da Termodinâmica (Eskinazi, 1975; Iribarne; Goden, 1981).

A equação de estado relaciona variáveis de estado e é usada para descrever o comportamento de gases, podendo ser aplicada ao ar seco e ao vapor de água, com constantes particulares diferentes, ou seja, $287,05\text{J}/(\text{kg.K})$ e $461,51\text{J}/(\text{kg.K})$, respetivamente para o

ar seco e para o vapor de água (Ahrens, 2012; Ahrens; Henson, 2019). A equação de estado aplicada ao vapor de água usa a pressão parcial de saturação do vapor de água à temperatura do ponto de orvalho e a equação de estado aplicada ao ar seco usa a pressão atmosférica absoluta (soma da pressão parcial de saturação do vapor de água e da pressão parcial do ar seco, a um determinado nível ou altitude).

A temperatura do ponto de orvalho é a temperatura até à qual o ar húmido deve ser arrefecido, a pressão e razão de mistura constantes, para que se atinja a saturação em relação à água líquida. O nível de condensação é, também, o patamar até ao qual uma parcela de ar húmido pode ascender adiabaticamente antes de atingir a saturação. Acima deste nível ou altitude começa a ser formada a nuvem devido à condensação do vapor de água. À superfície terrestre e a uma dada pressão considerada constante, a formação de orvalho acontece quando as superfícies de contacto com o ar húmido registam uma temperatura inferior à temperatura de saturação do ar. De salientar que as condições para a formação de orvalho são diferentes para a formação de uma nuvem, neblina ou nevoeiro (Talaia; Vigário, 2016).

A equação de estado aplicada ao ar seco permite escrever

$$p_a = \rho_a R_a T \quad (1)$$

e aplicada ao vapor de água

$$e_s = \rho_w R_w T_d \quad (2)$$

em que p_a representa a pressão parcial do ar seco, e_s a pressão parcial de saturação do vapor de água à temperatura do ponto de orvalho, ρ_w a massa volúmica do vapor de água, T a temperatura do ar, ρ_a a massa volúmica do ar seco, R_a a constante particular do ar seco, R_w a constante particular do vapor de água e T_d a temperatura do ponto de orvalho.

A pressão parcial de saturação do vapor de água e a temperatura estão relacionadas através da equação de Clausius Clapeyron (Eskinazi, 1975). O calor de transformação ou variação de entalpia ou calor latente de vaporização depende da temperatura, no entanto, para as temperaturas registadas na Troposfera, o valor aceite para o calor de transformação é de $2,5 \times 10^6 \text{ J.kg}^{-1}$ (Ahrens, 2012).

A expressão definida por Clausius Clapeyron e dada por

$$\text{Ln}(e_s/e_{s_0}) = (L/R_w)(1/T_0 - 1/T) \quad (3)$$

em que e_s representa a pressão parcial de saturação à temperatura T , e_{s_0} a pressão de saturação do vapor de água à temperatura T_0 e L o calor de transformação. Na falta de dados, pode-se usar um estado termodinâmico de referência definido por $e_{s_0} = 6,106 \text{ hPa}$ para uma temperatura experimental de $T_0 = 273,15 \text{ K}$ (Eskinazi, 1975; Iribarne; Godson, 1981).

As expressões (2) e (3) permitem determinar a quantidade de água presente em determinado volume de ar húmido. Nestas circunstâncias uma massa de ar pode apresentar um diferente poder secante que depende da diferença entre a temperatura do ar e da temperatura do ponto de orvalho. O ser humano face a um ambiente térmico com um alto poder secante sente desidratação e necessita de beber água. Não se pode afirmar que o ar que respiramos ou que nos rodeia de ser ar seco pois está sempre presente vapor de água. Da mesma forma, não se pode referir que se consegue ver o vapor de água.

A humidade relativa do ar, a uma dada pressão, pode ser definida pelo cociente entre a pressão parcial de saturação do vapor de água à temperatura do ponto de orvalho e a pressão parcial de saturação do vapor de água à temperatura do ar. Na prática, pode-se afirmar que os seres vivos vivem com a temperatura do ponto de orvalho do ar que os circunda, o que indicia que a temperatura do ponto de orvalho pode suscitar uma necessidade ou um risco para a vida (Talaia; Vigário, 2016).

A circulação de massas de ar na atmosfera é condicionada pela presença de anticiclones ou de ciclones (Holton, 2004). A origem dos ventos e o seu movimento determinam se a massa de ar é rica em vapor de água e para que regiões de deslocam. Se tiverem origem em zonas de elevada evaporação de água e temperaturas altas e se forem movimentadas pelas linhas isobáricas de ciclone para zonas de baixa temperatura, favorecem fenómenos extremos de precipitação e inundações incontrolláveis.

A água apresenta como propriedades físicas uma massa volúmica de cerca de 1000kg/m^3 e uma viscosidade dinâmica de cerca de 1cP (centipoise). A água é considerada um líquido não viscoso e favorece regimes de escoamentos turbulentos (Massey, 2002).

Força de arrasto ou força resistente

O deslocamento de um fluido é realizado a partir das suas linhas de corrente que são curvas imaginárias, tomadas através do fluido, para indicar a direção da velocidade em diversos pontos. As linhas de corrente não podem cortar-se, pois, em caso positivo, a partícula (que estivesse no ponto de intersecção das linhas de corrente) teria velocidades diferentes ao mesmo tempo, o que não é possível (Massey, 2002).

A variação da massa de líquido, contida num determinado volume, limitado por uma superfície durante um certo tempo, é igual ao caudal mássico de líquido através dessa superfície, durante o mesmo tempo, ou seja, é igual à massa de líquido que nele entra, diminuída da massa de líquido que dele sai, durante um intervalo de tempo.

O caudal de fluido que escoar pode ser avaliado através da expressão

$$Q_m = \rho Av \quad (4)$$

em que Q_m representa o caudal mássico, ρ a massa volúmica do fluido, A a área da seção reta de escoamento e v a velocidade média do escoamento.

Um fluido em movimento gera uma força denominada de arrasto definida por

$$F_a = (1/2)C_a A \rho v^2 \quad (5)$$

em que F_a representa a força de arrasto, C_a o coeficiente de arrasto ou de forma do corpo, A a área da secção reta do corpo projetada segundo o movimento do fluido, ρ a massa volúmica do fluido e v a velocidade do fluido. C_a , parâmetro adimensional, depende do tipo de escoamento função do número de Reynolds que define a relação entre as forças de inércia e as forças viscosas (Massey, 2002; Kay; Nedderman, 2013).

Em zonas urbanas, e em zonas com possibilidade de deslizamento de terras e rochas de pequena dimensão, com elevada precipitação, a força de arrasto deve ser valorizada quando atua perpendicularmente numa área produzindo a pressão atuante. A orientação de uma força atuante oblíqua à uma superfície gera duas pressões, uma devida à pressão e outra denominada de tensão de corte. Ambas podem potenciar estragos incontrolláveis em objetos de forma diferente, ou seja, a pressão indicada pela força perpendicular à superfície produz momentos fletores e de torção, e as forças cortantes, como o nome diz, são forças tangentes a uma superfície que favorecem o arranque de sedimentos e provocam o chamado cavar em profundidade nos alicerces de barreiras, de casas, de edifícios, de pilares, de deslizamentos, etc.

A água, no seu movimento, gera um tipo de escoamento turbulento em que as forças de inércia são dominantes e nas linhas de corrente deve ser aplicada o Teorema de Bernoulli (Kay; Nedderman, 2013). As linhas de corrente que são bloqueadas no choque com um corpo tornam a energia cinética a tender para zero e provocam o aumento, na mesma intensidade, do valor da energia de pressão, ou seja, a pressão, em altura manométrica, aumenta de $(1/2)(v^2/g)$.

Em profundidade ou para maior coluna de água, maior será a pressão absoluta que se regista a um nível mais afastado da superfície livre ou interface líquido/atmosfera. A pressão absoluta é determinada pela soma da pressão devida à coluna de água a esse nível de profundidade e da pressão atmosférica ao nível da interface água/atmosfera. Esta situação está em concordância com a Equação Fundamental da Hidrostática (Kay; Nedderman, 2013; Massey, 2002), que mostra ser

$$p_z = p_0 + \rho g z \quad (6)$$

em que p representa a pressão absoluta ao nível z , p_0 a pressão atmosférica, z a altura de coluna de água, ρ a massa volúmica da água e g a aceleração devida à gravidade.

De acordo com a literatura da especialidade (Kay; Nedderman, 2013; Massey, 2002) pode-se escrever para a equação de Bernoulli

$$p/(\rho g) + v^2/(2g) + z = \text{constante}_1 \quad (7)$$

ou

$$p + \rho v^2/2 + \rho g z = \text{constante}_2 \quad (8)$$

em que $p/(\rho g)$ representa a energia de pressão, $v^2/(2g)$ a energia cinética e z a energia de posição ou potencial.

Se a uma linha de corrente for aplicada a expressão de energia (7) e essa linha for bloqueada no seu movimento a pressão p passa a ser $p + \rho v^2/2$ e é chamada de pressão de estagnação, quando é mantida a cota z .

Numa linha de corrente de fluido em escoamento, chama-se ponto de estagnação a um ponto onde a velocidade é reduzida a zero, independentemente de efeitos de viscosidade. Qualquer obstáculo fixo, colocado numa corrente de fluido, dá origem a um ponto de estagnação, na proximidade da região frontal do obstáculo. De salientar que a superfície de contorno do próprio objeto é formada por linhas de corrente (dado que não há escoamento através de uma parede) e o fluido, originalmente em deslocamento ao longo da linha de corrente, que não se pode dirigir-se simultaneamente para a direita e/ou para a esquerda, a velocidade terá de ser nula e gera um ponto de estagnação aumentando a pressão na superfície frontal de contacto. Esta interpretação física é corroborada por muitos projetistas de pontes que usam pilares em forma de cunha na zona de passagem da água e em função da coluna de água.

O conhecimento de algumas propriedades físicas da água é importante. A massa volúmica da água é cerca de 1000 vezes superior à massa volúmica do ar. De acordo com o princípio de Arquimedes qualquer corpo mergulhado num fluido (gás ou líquido) em repouso sofre, por parte deste fluido, uma força vertical de baixo para cima denominada Impulsão, cuja intensidade é igual ao peso do fluido deslocado pelo corpo (Massey, 2002).

Um fluido tem sempre pressão, mas a intensidade de pressão não pode ser medida diretamente. Todos os instrumentos utilizados na sua medição indicam uma diferença de pressão. Esta diferença é frequentemente a que existe entre o fluido em estudo e a atmosfera envolvente. A pressão da atmosfera (isto é, a pressão ambiente local) é habitualmente utilizada como pressão de referência, isto é, como “zero” da escala das pressões. Nesse caso, a diferença de pressão registada pelo instrumento de medida é designada como pressão manométrica ou pressão relativa. Assim, a pressão absoluta é a pressão dada pela soma da pressão relativa e da pressão atmosférica.

O movimento de um fluido pode ser visualizado como o movimento de diferentes camadas adjacentes. A resistência ao movimento de cada camada do fluido, sobre a camada vizinha, é atribuída à viscosidade do fluido. Newton postulou que, no movimento retilíneo de um fluido, entre planos paralelos, a tensão de corte ou tangencial entre duas camadas adjacentes é proporcional ao gradiente de velocidade na direção perpendicular a essas camadas.

Na aplicação em zonas urbanas com elevada precipitação, a força de arrasto deve ser valorizada quando atua perpendicularmente numa área produzindo a pressão atuante,

quando se fala em risco de inundações e corredores de água que geram caudais anormais que podem ser avaliados através da técnica de medidores de caudal por calha Parshall. Se a força for oblíqua favorece a presença de uma pressão num corpo e de tensão de corte em superfícies tangenciais e pode arrastar facilmente grandes corpos sólidos. Na presença de caudais atípicos, o escoamento de água deve ser valorizado para se evitem catástrofes.

Deslizamento de terra e pequenas rochas favorecido por inundações

O comportamento de um solo saturado, devido a chuva persistente e com alta intensidade, potencia a formação de correntes de água com intensidade de destruição em leitos definidos pela sua passagem. As forças da natureza tornam-se implacáveis destruindo tudo à sua frente, usando como meio a coluna de água em movimento. Como referido anteriormente, as linhas de corrente devem ser interpretadas fisicamente devido a atuação de massa volúmica da água em sedimentos e pequenas rochas, em que o fator 1:2,6 deve ser valorizado.

Junto ao leito criado pela corrente de água, as condições de escoamento são sempre turbulentas, o que potencia uma tensão de corte para o arranque de sólidos ou destruição de comportas, edifícios, pontes e vias rodoviárias ou ferroviárias. É bom lembrar que nas linhas de corrente de água que são bloqueadas, os corpos que se posicionam na corrente de água, são afetados por um aumento de pressão de $\rho v^2/2$ provocando danos irreparáveis através de catástrofe.

Tipos de ambiente térmico, a poluição e o DPOC

As alterações climáticas e o aquecimento global do planeta Terra está a afetar o ar húmido que por sua vez tem a particularidade de condicionar o ambiente térmico através das suas variáveis termohigrométricas e da agitação do ar. Um ambiente térmico pode ser considerado frio, confortável e quente (ISO 7730, 2005). O ser humano está sujeito à sensação térmica que suscita o ambiente térmico, e a sensação térmica pode determinar um estado confortável, de hipotermia ou de hipertermia, numa escala sétima de acordo com a ASHRAE 55 (2004). O conforto térmico baseia-se no estado de espírito em que o indivíduo expressa satisfação em relação ao ambiente térmico circundante (ISO 7730, 2005; ASHRAE 55, 2004). Esta definição implica um certo grau de subjetividade e pressupõe a análise de dois aspetos: aspetos físicos inerentes ao ambiente térmico e aspetos subjetivos inerentes ao estado de espírito do indivíduo.

Atualmente, o conflito entre o ser humano e a vida selvagem é um fator importante na crise de biodiversidade moderna e mostra ter efeitos negativos devido à destruição de propriedade, particularmente à medida que as alterações climáticas alteram as áreas de distribuição da vida selvagem e as atividades humanas a nível mundial (Fabiano *et al.*, 2024). Estes autores sugerem que à medida que o clima se altera, por modificar o ambiente térmico de ecossistemas, há risco de conflito com elefantes asiáticos e africanos para serem preservados.

Num ambiente térmico quente, com a presença de ondas de calor e/ou nas indústrias de fundição (Talaia *et al.*, 2007), de cerâmica, de padaria, de vidreira, de incêndio, etc., e num ambiente térmico frio, com a presença de ondas de frio e/ou o exemplo de armazéns frigoríficos, de atividades piscatórias, etc., e num ambiente térmico moderado, como exemplo escritórios, salas de aula, etc., existem, em todos ambientes, efeitos específicos que devem ser valorizados para a saúde pública. O aumento da temperatura acima da zona de conforto térmico do ser humano pode começar a provocar problemas físicos, de natureza subjetiva e de natureza fisiológica, até atingir o limite físico de tolerância do ser humano. Quando o calor sob a forma de energia cedido pelo ambiente circundante ao organismo é superior à capacidade da termorregulação corporal, regista-se um aumento da temperatura interna corporal e o ser humano pode entrar em hipertermia. Um ambiente térmico frio é caracterizado por condições termohigrométricas que podem levar à condição de *stress* por frio (Holmér *et al.*, 2000). O *stress* por frio pode estar presente de várias maneiras diferentes, afetando o equilíbrio térmico de todo o corpo, assim como o equilíbrio térmico local das extremidades do corpo, da pele e dos pulmões. A hipotermia, que constitui a patologia geral devida ao frio, dá-se por falência da termorregulação.

A satisfação de todos os indivíduos, inseridos num ambiente térmico, é uma tarefa “quase” impossível, pois um ambiente termicamente confortável para uma pessoa pode ser desconfortável para outra (ISO 7730, 2005). Logo, o ideal seria a criação de um ambiente térmico que satisfaça o maior número de pessoas. O conforto térmico é obtido quando um indivíduo está numa condição de equilíbrio com o ambiente que o rodeia. Ambientes térmicos quentes, frios ou moderados podem desencadear reações físicas e psicológicas em qualquer ser humano.

O ser humano num ambiente térmico é circundado pelo ar húmido com as suas particularidades termohigrométricas, agitação do ar e poluição. Para a análise das condições do ar húmido, sugere-se a aplicação de uma escala de sensação térmica de cores (Talaia; Rodrigues, 2008), de um índice térmico denominado EsConTer para prever a sensação térmica (Talaia; Simões, 2009; Morgado *et al.*, 2015) que é numa escala térmica (Es), na sensação de conforto (Con) e por ser térmico (Ter), e um índice para definir o tipo de vestuário denominado índice de isolamento térmico do vestuário (ITV) de acordo com (Talaia, 2018).

O índice térmico EsConTer para uma atividade sedentária (escritório, moradia, escola, laboratório) e com um metabolismo de $70\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ ou $1,2\text{met}$ usa a expressão

$$\text{EsConTer} = -3,75 + 0,103(T + T_w) \quad (9)$$

em que T representa a temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$) e T_w a temperatura do termómetro húmido ($^{\circ}\text{C}$).

O índice EsConTer, adimensional, numa escala sétima de sensação térmica é de fácil cálculo matemático e de fácil interpretação, dado situar-se na gama de -3 (ambiente térmico muito frio) a +3 (ambiente térmico muito quente).

A percentagem de insatisfeitos que se prevê para um ambiente térmico (PIAT), pode ser calculada pela aplicação do índice PPD que determina a percentagem de insatisfeitos de acordo com a norma ISO 7730 (2005) e em que na expressão original o PMV (voto médio de satisfação) é substituído pelo valor de EsConTer por usar a mesma escala térmica (ASHRAE, 2004; Talaia; Silva, 2015), como se indica na expressão

$$PIAT = 100 - 95e^{-[0,03353 \times (EsConTer)^4 + 0,2179 \times (EsConTer)^2]} \quad (10)$$

Para prever o Isolamento Térmico do Vestuário (ITV), em unidades de clo, e para uma atividade sedentária, de acordo com Talaia (2018), aplica-se a expressão

$$ITV = -0,7418EsConTer - 0,3250 + 0,0764T_w \quad (11)$$

Em Portugal, a Agência Portuguesa para a qualidade do ar apresenta o Índice da Qualidade do ar (IQar) de uma massa de ar de Muito Bom a Mau para cada poluente (<https://qualar1.apambiente.pt/qualar/index.php?page=1&subpage=8>). Os valores de referência podem ser consultados em tabela que é assumida para cada ano civil e onde os valores da gama para cada tipo da qualidade de ar são classificados. Por exemplo, considerando os poluentes com concentração em volume consideradas de normais exceto o ozono troposférico, a tabela mostra que na gama $[181; 240]\mu\text{g}/\text{m}^3$ o poluente ozono indica uma qualidade de ar fraca e acima de $240\mu\text{g}/\text{m}^3$ uma qualidade do ar má. A tabela disponibilizada no sítio da Internet mostra o tipo de índice, características gerais de tempo atmosférico e conselhos para a saúde. O IQar é um indicador que traduz o estado da qualidade do ar ambiente no território nacional e permite, através de uma classificação expressa segundo uma escala de cores, orientar o cidadão de forma a adequar comportamentos e ações no sentido da proteção da saúde humana, especialmente dos grupos mais sensíveis da população.

Os poluentes incluídos no IQar são cinco: dióxido de azoto (NO_2), dióxido de enxofre (SO_2), monóxido de carbono (CO), ozono (O_3) e partículas inaláveis ou finas, cujo diâmetro médio é inferior a $10\mu\text{m}$ (PM10). São indicados conselhos para a saúde (<https://qualar1.apambiente.pt/qualar/index.php?page=1&subpage=8>).

A pegada energética pode ser minimizada, adotando uma via de desenvolvimento sustentável por impedir um agravamento no aumento da temperatura do ar, protegendo assim a saúde pública. Shindell *et al.* (2023) quantificaram mortes prematuras atribuíveis à poluição atmosférica e à exposição ao calor por partículas finas (PM2,5) na China, no Sul da Ásia e nos Estados Unidos utilizando projeções de vários modelos climáticos em cenários de emissões elevadas e baixas. O envelhecimento da população refletida pela longevidade sugere uma maior sensibilidade aos riscos do ambiente.

É aceite que um adulto jovem em repouso regista um volume corrente (volume de ar inspirado ou expirado, durante uma inspiração ou expiração) de aproximadamente 500mL e uma frequência respiratória de cerca de 13 inspirações por minuto (Seeley *et al.*, 2001;

Vogel, 2003). O sexo, a idade, a altura e a condição física são fatores que influenciam as variações das capacidades e volumes respiratórios de um indivíduo para outro.

Na presença de anticiclone, por ser possível determinar a velocidade máxima do vento, pode este não favorecer a dispersão de um poluente (Holton, 2004). Por exemplo, no caso de intensas trovoadas, estas favorecem a destruição da molécula de oxigénio e o aumento da concentração do ozono troposférico que pode provocar danos a quem sofrer de doença DPOC (Doença Pulmonar Obstrutiva Crónica) do tipo DVO (Doença Ventilatória Obstrutiva) – caso de asmáticos ou DVR (Doença Ventilatória Restritiva) – caso de fumadores (Seeley *et al.*, 2001).

O ciclone, pelas suas características, é aberto para as intensidades de vento a registar, ou seja, não é possível determinar a intensidade máxima da velocidade do vento e, pode favorecer ventos intensos que dispersam poluentes presentes numa massa de ar (Holton, 2004).

Fatores influenciadores de incêndio florestal

Para a eclosão de um fogo florestal, as condições termohigrométricas do ar húmido, a agitação do ar, a dimensão dos combustíveis, a combustibilidade, a humidade do combustível, o relevo, podem suscitar o aumento da probabilidade de se desenvolverem fogos descontrolados de grandes proporções – incêndios em mata florestal. O verão propicia condições atmosféricas que levam a que se verifique a regra dos três trinta, um ambiente térmico com elevado poder secante e com dias sem precipitação. A capacidade de extinção de incêndio nestas condições é reduzida, embora dependa dos meios operacionais disponíveis, da intensidade e largura da frente de fogo (<http://www.prociv.pt/pt-pt/Paginas/default.aspx>).

O corpo humano absorve energia que é intersetada pela superfície exposta, cerca de 70-80%. A energia que é absorvida pela superfície externa corporal provoca um aumento da temperatura interna do corpo, por aplicação direta da lei de Stefan-Boltzmann. O corpo humano é maioritariamente constituído por água e esta funciona como um reservatório de calor. Esta situação deve-se ao alto valor da capacidade térmica mássica da água cujo valor é $4185,5 \text{ J.kg}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$. A capacidade térmica mássica do diferencial do corpo humano aceite é cerca de $1400 \text{ J.kg}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$. Se for assumido que a percentagem de água é de 70% para um ser humano com 75kg de massa, facilmente se conhece a capacidade térmica mássica ponderada do corpo humano e, portanto, a quantidade de energia sob a forma de calor que favorece o aumento da temperatura (Talaia; Ferreira, 2010), através da expressão

$$Q/\Delta T = \sum m_i c_i \quad (12)$$

em que Q representa a quantidade de energia sob a forma de calor envolvida no processo (J), ΔT a diferença de temperaturas ($^\circ\text{C}$), m_i a massa do elemento i (kg) e c_i a capacidade térmica do elemento i ($\text{J.kg}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$).

Nestas condições, o valor estimado para $Q/\Delta T$ é de $251 \text{kJ} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$ e o seu significado físico, para uma pessoa adulta que tenha problemas de transpiração, é de que um aumento da temperatura interna do corpo humano de 1°C provoca 251kJ de energia que deve ser dissipada (Talaia; Ferreira, 2010).

A título de exemplo, e para uma potência P de $10 \text{kW} \cdot \text{m}^{-2}$ que interjeta uma área de frente do corpo humano de $0,6 \text{m}^2$, o cálculo da expressão

$$\Delta t/\Delta T = mc/P \quad (13)$$

permite determinar um valor de cerca de $42 \text{s} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$, e a sua interpretação física sugere que em cada intervalo de tempo de cerca de 42s é registado um aumento da temperatura interior do corpo humano de cerca de 1°C .

As roupas devem ser confeccionadas com alguma “folga” de modo a permitirem a formação de correntes de convecção e estas serem capazes de acelerar a taxa de evaporação (devida à transpiração) e o conseqüente arrefecimento do corpo humano (Eskinazi, 1975; Moran *et al.*, 2020).

Na prática e para haver compensação ou equilíbrio térmico, é necessário que a superfície corporal possa eliminar uma quantidade de líquido de suor para a transferência de energia sob a forma de calor por evaporação para reduzir a temperatura corporal. Esta avaliação é realizada a partir do conceito físico de calor de transformação L ou de variação de entalpia e dada através da expressão

$$Q = \rho V L \quad (14)$$

em que Q representa a energia necessária, ρ a massa volúmica da água, V o volume da água (espessura média da água na superfície da pele molhada). O calor de transformação depende da temperatura, mas para a atmosfera o valor típico de $2,6 \times 10^6 \text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$ é aceite (Iribarne; Cho, 1980).

Assim, através de manipulações matemáticas, é possível obter

$$V/\Delta t = P/(\rho L) \quad (15)$$

resultando numa necessidade de $0,96 \text{L}$ de água por hora (Talaia; Ferreira, 2010).

Num incêndio florestal, é determinante conhecer o poder do fogo para avaliar a quantidade de água necessária para o operacional, adotar estratégias de combate e proteção para o corpo físico, conhecer os riscos que o grupo de bombeiros poderá enfrentar e fazer prevenção de evacuação se necessário. Na frente de combate a um incêndio florestal, o bombeiro deve ter conhecimento dos riscos envolvidos.

A hipoxia pode acontecer por patologia na rede alveolar que serve a circulação pulmonar ou pela diminuição da concentração de oxigénio afetando a pressão parcial necessária para se realizar o processo de trocas gasosas de forma eficiente em termos de qualidade de vida. É a pressão parcial do oxigénio que permite que as trocas gasosas a nível da circulação pulmonar sejam realizadas através da difusão nos pulmões (do oxigénio para o sangue), normalmente a uma pressão parcial do oxigénio de cerca de 150mmHg, ao nível das águas do mar. Esta problemática de saúde pública pode acontecer durante o combate a incêndio florestal por se registar diminuição da concentração de oxigénio e aumento da concentração do dióxido de carbono e monóxido de carbono (Seeley *et al.*, 2001).

Interpretação de imagens face aos fundamentos teóricos para diferente contexto

Neste item serão apresentadas imagens que mostram como as forças da natureza atuam face à presença de fenómenos atmosféricos extremos.

Com a presença de chuvas de elevada precipitação são geradas situações, muitas delas imprevisíveis, em que os meios da proteção civil se tornam insuficientes devido a deslizamento de terra e objetos.

A Figura 7 mostra situações na Ribeira Quente, ilha da Terceira no Arquipélago dos Açores (<https://www.youtube.com/watch?v=LqAg6ZNUzIM>). A quantidade de água faz as linhas de corrente acelerarem provocando inundações e o arrasto de detritos, objetos e lama. As forças atuantes provocadas pelo aumento abrupto da energia de pressão são destruidoras na sua passagem. É bom lembrar que para um meio em repouso, a relação entre a densidade de água e a densidade de pequenas rochas é cerca de 1:2,6.



Fonte: Adaptado de <<https://www.youtube.com/watch?v=LqAg6ZNUzIM>>.

Figura 7. Deslizamento de terra e objetos na Ribeira Quente.

No entanto, também, para chuvas de precipitação intensa, as vertentes com grande inclinação vertical face à horizontal, podem desmoronar face ao afogamento do terreno. A Figura 8 mostra uma situação em que as intensas chuvas persistentes tornaram a vertente de uma via rodoviária perto de Tabuaço, norte do distrito de Viseu, Portugal, vulnerável a

colapso e invasão da via rodoviária (<https://www.facebook.com/MeteoTrasOsMontes>). A infiltração da água ao preencher toda a rede interna porosa da vertente tornou-a instável com conseqüente rotura da superfície de equilíbrio de suporte da massa gravítica.



Fonte: Adaptado de <<https://www.facebook.com/MeteoTrasOsMontes>>.

Figura 8. Superfície de suporte e colapso.

Inequivocamente, como se mostrou nos fundamentos teóricos, uma energia de pressão, de um escoamento turbulento de água, é capaz de destruir infraestruturas construídas pelo ser humano. Como mostra a Figura 9, a estrada rodoviária ficou interrompida ao trânsito, entre Monforte e Veiros, Estremoz, Portugal, devido a intensidade da força da água e ao facto de a sua força de corte ter abalroado as faixas rodoviárias da via pública. A dinâmica do escoamento da água, por ser um fluido considerado não viscoso, quando a sua coluna de água aumenta, procura canais de progressão e nesta situação desloca facilmente o leito de partículas destruindo quer o suporte da via quer o tapete à superfície da das faixas de rodagem (<https://linhasdeelvas.pt/2022/12/22/transito-condicionado-no-ip2-devido-a-abatimento-parcial-da-estrada-em-monforte/>).

Nas catástrofes é assumido ser a energia de pressão a responsável pelo abalroamento e transporte de partículas sólidas, devido ao bloqueio da passagem da linha de corrente com a sua energia cinética. Se esta é bloqueada, provoca um aumento abrupto da energia de pressão para a mesma energia potencial. De acordo com a interpretação física da força de arrasto gere normalmente uma pressão e uma tensão de corte, atuando numa área. Esta, num corpo que impede a passagem livre da água, faz as linhas de corrente inclinarem-se para o fundo ou base do leito, com conseqüente arranque e transporte dos mais variados corpos sólidos.



Fonte: Adaptado de <<https://linhasdeelvas.pt/2022/12/22/transito-condicionado-no-ip2-devido-a-abatimento-parcial-da-estrada-em-monforte/>>.

Figura 9. Via rodoviária entre Monforte e Veiros.

Se a teoria da propagação do erro for considerada para a expressão da força de arrasto, chega-se à conclusão de que o erro relativo da força de arrasto depende, essencialmente, do erro relativo da área do corpo segundo o plano perpendicular do escoamento do fluido e do erro relativo da intensidade da corrente de água. Nestes termos, o peso relativo da intensidade da velocidade do fluido tem fator duplo o que sugere que para a mesma área transversal de um corpo um aumento da intensidade da velocidade de fluido de 20% implica um aumento de 40% da intensidade da força de arrasto, aumentando abruptamente a pressão e a tensão de corte no corpo, o que facilita o seu movimento e uma destruição imprevisível.

Com chuvas de precipitação intensas, pode ser favorecido o aumento da altura da coluna de água com o seu deslocamento. Nestas situações, as viaturas estacionadas ou em movimento tornam-se mais leves devido à presença da força de impulsão que passa a dominar o peso das viaturas, alterando a sua massa volúmica. Um exemplo, foi o impacto de inundações dinâmicas, como se registou em Lisboa, Portugal, em que a coluna de água se tornou significativa e potenciou intensas correntes de água que não só inundaram locais e vias rodoviárias como fizeram deslocar viaturas sem dificuldade devido à energia de pressão que é suscitada e à presença da força de impulsão, como se mostra na Figura 10 (<https://www.jn.pt/local/noticias/lisboa/lisboa/carros-submersos-e-ruas-alagadas-videos-mostram-inundacoes-em-lisboa-15447642.html>).



Fonte: Adaptado de <<https://www.jn.pt/local/noticias/lisboa/lisboa/carros-submersos-e-ruas-alagadas-videos-mostram-inundacoes-em-lisboa-15447642.html>>.

Figura 10. Carros danificados.

A observação da Figura 10 mostra carros submersos e ruas alagadas. Há viaturas que são arrastadas pois, face a massa volúmica da água, apresentam uma massa volúmica que potencia a flutuação e o conseqüente arrastamento com impactos imprevisíveis.

Hoje, quando se fala nas alterações climáticas deve-se valorizar a possibilidade de haver riscos para o ser humano através de catástrofes pois as notícias mostram não haver atualmente uma zona impermeável às intempéries. Um exemplo é descrito para o dia de 8 de dezembro de 2022 através de cartas meteorológicas do IPMA (Instituto Português do Mar e da Atmosfera) em que mostraram que massas de ar eram originadas do Norte de Africa, origem esta em que há uma evaporação elevada e ativa com conseqüente enriquecimento da quantidade de vapor de água na atmosfera. O ciclone que afetava a costa portuguesa mostrava que os ventos que traziam essas massas de ar, via Norte de Africa, ao entrarem em Portugal Continental eram obrigados a arrefecer e a respetiva condensação do vapor de água formou nuvens geradoras de precipitação ininterrupta, com conseqüentes inundações. O local onde o autor reside, ligação entre Carvoeiro e Sernada do Vouga, Portugal, não foge à imprevisibilidade da natureza e as chuvas intensas ao longo de vários dias fez deslizar parte da vertente da estrada, pondo em perigo quem atravessasse a via pública, como se mostra na Figura 11. Os factos observados sugerem que, no futuro, a habitação construída acima da vertente poderá ser vulnerável ao risco de instabilidade e derrocada se nenhuma ação, entretanto, for tomada. De facto, a imagem mostra que a inclinação da vertente não parece ser estável face ao ângulo de suporte de terra gerado pela própria natureza.



Fonte: Imagem do autor.

Figura 11. Deslizamento de terras – estrada entre Sernada e Carvoeiro, Águeda.

Inundações recorrentes, a cada ano, registadas na zona envolvente do baixo-Vouga têm bloqueado o acesso dos residentes às suas habitações. A zona ribeirinha de Águeda, Portugal, não foge ao ciclo de em cada ano potenciar tanta angústia aos moradores da zona baixa de Águeda. A Figura 12 mostra inundação na zona ribeirinhas do concelho de Águeda. É uma questão problemática que se repete a cada ano com invasão das águas para a zona habitacional e comércio, fazendo muitas vezes a interdição das vias de comunicação por terra. A subida das águas do rio Águeda é algo esperado a cada ano. A responsabilidade deste quadro anormal, ou quiçá normal, é das chuvas intensas e persistentes.



Fonte: <<https://www.jb.pt/2021/02/inundacoes-nas-zonas-ribeirinhas-do-concelho-de-ague-da-com-fotos/>>.

Figura 12. Zona ribeirinha de Águeda na ponte.

As zonas consideradas mais baixas face à coluna de água que se forma são as problemáticas. Se o tempo atmosférico é responsável por inundações atípicas, também o é face à melhoria das condições, ou seja, a descida gradual da coluna de água converge para a abertura da circulação rodoviária de modo a que a vida volte ao normal.

Nestas circunstâncias, a zona envolvente do baixo-Vouga foi notícia de 20 dezembro 2019, informando que a autoestrada A25 tinha reaberta ao trânsito na zona de Albergaria-a-Velha, Portugal. Na prática, a circulação na A25 tinha sido fechada ao trânsito, devido à existência de água na via rodoviária, nos dois sentidos, entre o nó do estádio municipal de Aveiro e o nó de Angeja perto de Albergaria-a-Velha. O corte à circulação rodoviária deveu-se à existência de um lençol de água na A25. As águas do rio Vouga galgaram as suas margens (em diferentes zonas como por exemplo S. João de Loure e Angeja) e a subida das águas assim como a inundação de campos agrícolas ultrapassaram a cota de segurança para a circulação rodoviária. Esta situação jamais poderia ocorrer, pois as vias rodoviárias rápidas devem estar, sempre, acima da linha de segurança relativamente a inundações. O corte da passagem de viaturas no nó do estádio municipal em Aveiro para Viseu, foi impróprio pois os automobilistas ao serem obrigados a entrarem na A17 (em direção ao Sul) sujeitos a stress, pois o trânsito estava bloqueado. A saída para a rotunda que faz a via rodoviária entre Aveiro e Oíã estava quase bloqueada o que fez o trânsito não fluir em algumas horas. O autor vivenciou esta problemática e questiona-se o porquê de a segurança não estar antes localizada no nó entre a via rodoviária Aveiro – Cacia para a A25? Entrar na A25 foi entrar num labirinto sem solução imediata. A alternativa demorada passou por usar, depois da saída da A17, a via rodoviária Aveiro – Oíã e entrar na A1 para sair em Albergaria-a-Velha. A Figura 13 (<https://www.jn.pt/local/noticias/aveiro/aveiro/a25-cortada-em-aveiro-devido-a-agua-na-autoestrada-11641222.html>) mostra o estado do tempo atmosférico na A25.



Fonte: <<https://www.jn.pt/local/noticias/aveiro/aveiro/a25-cortada-em-aveiro-devido-a-agua-na-autoestrada-11641222.html>>.

Figura 13. Autoestrada A25.

Uma outra notícia faz referência que o mau tempo trouxe cheias e inundações ao Concelho de Albergaria-a-Velha (<https://www.terranova.pt/noticia/sociedade/mau-tempo-trouxe-cheias-e-inundacoes-ao-concelho-de-albergaria-velha>) tendo os rios Vouga e Caima inundado margens de campos agrícolas e zonas urbanas. Na zona da Sernada-do-Vouga, ao longo de anos, está bem vincada a ação da força de corte da água do rio

Vouga em inundações. A jusante da ponte de Sernada (que serve a via ferroviária e a via rodoviária) tirar toneladas de areia do rio fez o leito ficar descaracterizado e as grandes covas para a retirada de areia, para diferentes aplicações, foram preenchidas pela retirada de areia da margem esquerda do rio Vouga a montante da ponte (Figura 14). Terras de lavradio desapareceram e o leito do rio foi deslocado para a margem esquerda. Esta situação tem a ver com a ação da força de corte devido a um regime turbulento que cavou toda a margem esquerda de terras de cultivo. As linhas de corrente mostraram o aumento da força de arrastamento de detritos. Os pilares da ponte tiveram de ser defendidos, mais tarde, através de duas condições: um dique a jusante foi construído com enormes pedras para segurar a coluna de água e minimizar a energia cinética que condiciona a tensão de corte e foi realizada uma construção de base em betão armado nos pilares da ponte. Na reparação dos pilares da ponte houve o cuidado de darem atenção à altura normal da coluna de água, por ser construída em forma de cunha segundo a linha de corrente longitudinal do rio. Esta situação fez reduzir abruptamente o efeito da anulação da energia cinética no aumento da energia de pressão.



Fonte: Imagem do autor.

Figura 14. Ponte ferroviária e rodoviária do rio Vouga, Sernada do Vouga (Portugal).

A Figura 15 mostra inundações em Luanda, Angola, através da notícia de 16 de março de 2021, em que as condições anómalas de tempo atmosférico gerou precipitação intensa e causou grandes dificuldades ao trânsito e população em geral (<https://www.publico.pt/2021/03/16/mundo/noticia/morte-duas-criancas-desaparecidas-inundacoes-luanda-1954670>). As chuvas torrenciais causaram inundações, quedas de árvores, desabamentos de casas e obrigou ao corte de várias vias de comunicação rodoviárias. Foi reportado que as grandes massas de água em movimento deslocaram detritos e lama dificultando a circulação de moradores (<https://novojornal.co.ao/sociedade/interior/chuvalixo-aguaceiros-param-luanda-e-anunciam->

catastrofe-101867.html e <https://guardiao-ao.com/2021/04/19/video-inundacoes-e-charcos-em-muitas-zonas-de-luanda/>).



Fonte: <<https://www.publico.pt/2021/03/16/mundo/noticia/morte-duas-criancas-desaparecidas-inundacoes-luanda-1954670>>.

Figura 15. Inundações em Luanda, Angola.

Catástrofes são registadas em diferentes partes do planeta Terra. Por exemplo, a Figura16 mostra, para o dia 4 de abril de 2021, o que aconteceu na zona envolvente da cidade Dili – Timor-Leste.



Fonte: <<https://tvi24.iol.pt/videos/internacional/as-imagens-que-chegam-das-cheias-em-dili/606982c10cf280db4101a31e>>.

Figura 16. Inundações em Dili, Timor-Leste.

A Figura 16, na sua globalidade, mostra a ação da intensidade da força de corte e como em bloqueio das linhas de corrente uma alta energia cinética faz aumentar abruptamente a energia de pressão que provoca estrados. Observa-se o cavar de uma zona onde uma habitação teve graves problemas de equilíbrio. O planeamento urbano deve considerar sempre os vários tipos de escoamento da água e potenciar zonas de desastre colocando barreias protetoras que encaminhem as linhas de corrente pelos obstáculos

não gerando os chamados turbilhões que podem cavar alicerces ou barreiras. Um balanço total dos estragos (<https://tvi24.iol.pt/videos/internacional/as-imagens-que-chegam-das-cheias-em-dili/606982c10cf280db4101a31e> e <https://expresso.pt/internacional/2021-04-04-Timor.-Inundacoes-em-Dili-provocam-pelo-menos-11-mortos-a02728b3>) mostrou que se registaram danos avultados em casas privadas, estabelecimentos comerciais, várias infraestruturas de edificios incluindo estradas e pontes. Uma melhoria do tempo atmosférico associado à presença de maré baixa permitiu que grandes massas de água que atingiram cerca de 2m coluna de água escoassem em direção ao mar. No entanto muita da população foi obrigada a abandonar as suas residências. A Avenida Portugal foi afetada devido ao facto de o pavimento ter abatido o que indicia uma energia cinética significativa que suscitou alta tensão de corte e pressão de estagnação.

Os fenómenos extremos são, muitas vezes, responsáveis pela dinâmica da agitação marítima. Neste quadro, a proteção civil mantém a população sob aviso e com informação de estratégias a adotar para preservar a segurança. A Figura 17 é um exemplo da intensa agitação marítima e da força das ondas na sua rebentação.



Fonte: Imagem do autor.

Figura 17. Agitação marítima anormal.

A interpretação da altura de rebentação da onda face a um obstáculo, como se observa na Figura 17 deve-se à elevada força de corte provocada pela intensidade do vento na interface água / atmosfera que provoca um aumento do gradiente de velocidades da camada superficial da água, favorecendo o aceleração das camadas da água com o agravamento da amplitude da onda.

No verão, se a atmosfera gerar condições atmosféricas para a regra dos três trinta, são criadas condições para a prevenção de incêndios e alertas são difundidos pela proteção civil e pelo Instituto de Meteorologia da Atmosfera e do Mar às populações. A Figura 18 mostra o eclodir de um incêndio onde são indicadas as movimentações do ar, favorecendo na zona de grande potência de fogo, a convergência do ar.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 18. Correntes convergentes do ar no eclodir de um incêndio florestal.

Face às alterações climáticas e aquecimento global, a Organização Internacional para Migrações (OIM) alertou, em 2022, para agravamento de crise humanitária nas regiões que sofrem com os conflitos e com as alterações climáticas (Figura 19).



Fonte: <<https://news.un.org/pt/story/2022/04/1785572>>. IOM/Olivia Headon.

Figura 19. A seca na África.

A Figura 19 ilustra a dificuldade da sobrevivência de uma população face ao aquecimento global. Um olhar atento, sugere que deveriam ser tomadas medidas de sustentabilidade e de proteção com ações para uma vida simples, mas de sobrevivência. A pouca água, ainda existente, como sustentadora da vida, nestas regiões, está a ser lançada através do aumento da taxa de evaporação na atmosfera. De facto, o aquecimento global

tem potenciado, por exemplo, a seca em décadas no Corno da África e a sua população desloca-se, sem êxito, para zonas mais verdejantes, para defenderem a vida dos seres vivos. A estimativa mostra que milhões de pessoas sejam severamente afetadas pela seca no Quênia, na Somália e na Etiópia (<https://news.un.org/pt/story/2022/04/1785572>).

A OIM alerta para a falta de chuvas agravar a crise humanitária na região, e de acordo com a ONU, a atual seca tem sido especialmente severa, por aumentar o risco de fome e desnutrição, ao destruir pastagens e ao secar pontos de água.

A ciência já demonstrou que a sustentabilidade é alcançada através do Desenvolvimento Sustentável, definido como o desenvolvimento que satisfaz as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazerem suas próprias necessidades. Cabe aos meios políticos adotarem medidas de proteção para que as gerações futuras não sejam aprisionadas por falta de decisões na atualidade, a saber no social, no ambiental e no económico. Sublinha-se a importância da proteção dos recursos naturais e a forma como são utilizados, quer individualmente quer coletivamente.

Considerações finais

Os fundamentos teóricos apresentados são a ponte para a interpretação física dos fenómenos observados através de diferentes imagens.

Imagens mostraram o colapso do equilíbrio sustentável de zonas urbanas e rústicas, do impacto em pavimentos de estradas, habitações com derrocada, problemas da altura de coluna de água acima de níveis de segurança, conhecimento da energia cinética das linhas de corrente da água de modo a proteger zonas com barreiras que reduzam o cavar em profundidade e a energia de pressão em pontos de estagnação e outras situações.

As imagens de deslizamento de terra e/ou pequenas rochas e inundações mostram que o ser humano tornou-se impotente para dominar as forças da natureza. A este respeito linhas de investigação podem ser sugeridas, considerando que as alterações climáticas e consequente aquecimento global não devem ter as “*costas*” assim tão largas para justificar inundações, deslizamentos e catástrofes.

Muito do que está a acontecer tem suporte no planeamento das Câmaras Municipais face a projetos apresentados por gabinetes de engenharia e arquitetura. A construção urbana tem favorecido a impermeabilização da superfície terrestre. Por outro lado, a falta de sumidouros, solos a céu aberto, paredões de defesa, túneis dimensionados e apropriados para extremos de precipitação são determinantes para o não agravamento de aluimento de terra e aumentar a força da água, com consequências para infraestruturas, edifícios, e abalroamento de carros estacionados. Os túneis a construir para escoamento de água devem considerar como limitação as curvas que forcem as linhas de corrente do fluido, aumentando a tensão de corte e pressão e não estrangular a capacidade de escoar livremente caudais de água, devido a inundações extremas.

Os decisores devem garantir a manutenção da permeabilidade dos solos para ser possível escoar a água em excesso em situações de fenómenos extremos. Na prática, a construção de edifícios ou pavimentação de solos não pode ser realizada contra a vontade da natureza.

Adicionalmente, a desflorestação e os incêndios potenciam encharcamento devido a chuvas intensas. Uma cidadania para eventuais riscos, na formação cívica, sugere um alicerce para o respeito da natureza. A escola deve ser um elo forte na formação de futuros cidadãos numa Educação para o Risco.

Imagens mostraram como as alterações climáticas potenciam riscos para a saúde pública. Conhecer o tipo de ambiente térmico através da sensação térmica e do vestuário permite gerar pontes de investigação, assim como a valorização de ambiente térmico que facilita a mobilidade de vírus para doenças DPOC.

Como consideração final, o ser humano deverá ter sempre presente a questão: até onde se situará o patamar de segurança?

Referências

- AHRENS, C. D. **Essentials of Meteorology: An Invitation to the Atmosphere**. Sixth Edition Brooks/Cole, Cengage Learning, Belmont, USA. 2012
- AHRENS, C.D.; HENSON, R. (). **Meteorology Today: An Introduction to Weather, Climate, and the Environment**, 13 Ed. Brooks/Cole, Cengage Learning, Belmont, USA. 2019.
- ASHRAE 55. **Thermal environmental conditions for human occupancy**. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. Atlanta: ASHRAE. 2004.
- ESKINAZI, S. **Fluid Mechanics and Thermodynamics of our environment**. Academic Press Inc, New York. 1975.
- FABIANO E.; KATRAK-ADEFOWORA R.; LARSEN A.; LOCKMANN T.M.; ROEHRDANZ P.R. Effects of climate, land use, and human population change on human-elephant conflict risk in Africa and Asia. **Proc Natl Acad Sci U S A**. 121(6): e2312569121. doi: 10.1073/pnas.2312569121. 2024.
- HOLMÉR, I. Cold stress: Part II—The scientific basis (knowledge base) for the guide. **Elsevier Ergonomics Book Series**, 1, 357-365. 2000.
- HOLTON, J. R. An Introduction to dynamic meteorology. **International Geophysics Series**, vol. 88. Elsevier Academic Press, Fourth Edition. San Diego – California, USA. 2004.
- IPCC. **AR6 Climate Change 2021: Impacts, Adaptation and Vulnerability**. The Working Group II contribution to the Sixth Assessment Report. Intergovernmental Panel on Climate Change. <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-working-group-ii/> (online 27set2020). 2020.
- IPCC. **Mudança do Clima 2021 A Base Científica**. Contribuição do Grupo de Trabalho I ao Sexto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima. Editado por Valérie Masson-Delmotte, Panmao Zhai et al. Original impresso em outubro de 2021 pelo

IPCC, Suíça. Cópias eletrónicas do Sumário para Formuladores de Políticas original estão disponíveis no site do IPCC, www.ipcc.ch ISBN 978-92-9169-158-6. 2021.

IPCC. Summary for Policymakers. In: **Climate Change 2023: Synthesis Report**. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 1-34, doi: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.001. 2023.

IRIBARNE, J. V.; CHO, H. R. **Atmospheric physics**. R. Reidel Publishing Company, Dordrecht. 1980.

IRIBARNE, J. V.; GODSON, W. L. Atmospheric thermodynamics, **Geophysics and Astrophysics Monographs**, vol 6, R. Reidel Publishing Company, London. 1981

ISO 7730. **Ergonomics of the thermal environment**—Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria. International Organization for Standardization. 2005.

KAY, J.M.; NEDDERMAN, R.M. **An Introduction to Fluid Mechanics and Heat Transfer: With Applications in Chemical & Mechanical Process Engineering**. Cambridge University Press. 2013.

MASSEY, B. S. **Mecânica dos Fluidos**. Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa. 2002

MORAN, M. J.; SHAPIRO, H. N.; BOETTNER, D. D.; BAILEY, M. B. **Fundamentals of Engineering Thermodynamics**. Editor Jonh Wiley & Sons, Inc. 2020

MORGADO, M.; TALAIA, M.; TEIXEIRA, L. A new simplified model for evaluating thermal environment and thermal sensation: An approach to avoid occupational disorders. **International Journal of Industrial Ergonomics**. 1-13. 2015

POORE, J.; NEMECEK, T. Reducing food's environmental impacts through producers and consumers. **Science**, 360(6392), 987-992. 2018.

SEELEY, R.; STEPHENS, T. D.; TATE, P. **Anatomia & Fisiologia**, Lusodidacta, Lisboa. 2001

SHINDELL, D.; FALUVEGI, G. E.; ZHANG, Y. Reductions in premature deaths from heat and particulate matter air pollution in South Asia, China, and the United States under decarbonization. **Environmental Sciences**. <https://doi.org/10.1073/pnas.2312832120>. 2023.

TALAIA, M. **Como prevenir o isolamento térmico do vestuário para um ambiente térmico**. Pluralidade na Diversidade de Riscos. Estudos Cindínicos. Editor: RISCOS - Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança, Coords. Luciano Lourenço e Fátima Castro, ISBN 978-989-54295-5-4 e ISBN Digital 978-989-54295-4-7, 117-132. 2018.

TALAIA *et al.* Calor nas Indústrias. Reportagem de Maria Cardoso. **Revista mensal de Saúde e Segurança do Trabalho**. Abril/2007. Protecção, 184, 32-54. 2007.

TALAIA, M.; FERREIRA, V. Stress Térmico na Frente de Fogo no Combate a Incêndio Florestal: Avaliação de Risco. **Territorium**, 17, 85-93. 2010

TALAIA, M.; SILVA, M. Risco da construção do conhecimento de alunos num ambiente

térmico quente. **Territorium** 22, 229-238. 2015

TALAIA, M.; RODRIGUES, F. Conforto e Stress Térmico: Uma Avaliação em Ambiente Laboral. Proceedings CLME'2008 / II CEM. 5º Congresso Luso – Moçambicano Eng^a e 2º Congresso de Eng^a de Moçambique. Maputo. Editores Silva Gomes, J. F., António, C. C., Clito F. Afonso, C.F & Matos, A. S., Edições INEGI. Artigo 11A020, 15 páginas. **Anais[...]**. 2008.

TALAIA, M.; SIMÕES, H. EsConTer: um índice de avaliação de ambiente térmico. In: V Congresso Cubano de Meteorologia. Somet-Cuba, Sociedade de Meteorologia de Cuba, 1612-1626. **Anais[...]**. 2009

TALAIA, M.; VIGÁRIO, C. **Temperatura de ponto de orvalho**: um risco ou uma necessidade. Geografia, Cultura e Riscos. Livro de Homenagem ao Prof. Doutor António Pedrosa. Luciano Lourenço (Coords.), Imprensa da Universidade de Coimbra. 2016

VOGEL, S. **Comparative Biomechanics**, Life's Physical Word, Princeton University Press, Princeton and Oxford. 2003.



Rio Madeira/RO

Autor: João Paulo Assis Gobo - PPGG/UNIR