

Artigo REF: 11A018

CARACTERIZAÇÃO DE AMBIENTE TÉRMICO EM ESTUFAS AGRÍCOLAS

Isabel Veloso e João Santos Baptista^(*)

Centro de Investigação em Geoambiente e Recursos, CIGAR, Porto, Portugal

^(*)Email: jsbap@fe.up.pt

RESUMO

No presente artigo apresentam-se os resultados de um estudo sobre o ambiente térmico no interior de estufas agrícolas. Os resultados demonstram estarmos na presença de condições de trabalho extremas, tanto no que concerne à temperatura como à humidade. Isso reflecte-se nos valores do índice WBGT, cujos valores recomendados, para o nível de esforço desenvolvido, são sistematicamente ultrapassados.

Em consequência dos resultados obtidos e como principal conclusão do trabalho, é apontada a urgência de estudos aprofundados no sentido de analisar soluções de trabalho alternativas à actual sem que a produção seja afectada.

Palavras chave: Ambiente térmico, estufas, trabalho.

Introdução

Com a alteração dos hábitos alimentares, consequência do desenvolvimento económico, verifica-se uma maior procura de alimentos energéticos tais como a carne fruta e hortaliças. Para responder eficazmente ao crescimento do consumo de todos estes bens alimentares é necessário produzir três vezes mais, se compararmos com a produção pelos métodos tradicionais.

Em Portugal as condições de trabalho no sector agrícola têm vindo a modificar-se substancialmente nos últimos anos. Neste esforço de progresso e desenvolvimento, sente-se uma alteração considerável nos métodos de trabalho, o que indiscutivelmente contribui para potenciar a complexidade das actividades desta área e, inevitavelmente, aumentar a perigosidade e o risco de acidentes ocupacionais graves e doenças profissionais.

Com este trabalho pretendeu-se caracterizar o ambiente térmico no interior de estufas agrícolas e com isso contribuir para um conhecimento que permita a tomada de medidas de melhoria das condições de trabalho e de eficácia neste sector. Para tal foram monitorizadas, ao longo da jornada de trabalho, as temperaturas e a humidade, no sentido de avaliar o conforto e o risco térmico a que estão sujeitos os operadores no interior das estufas.

Estufas agrícolas

Por estufas agrícolas entende-se toda e qualquer estrutura fechada coberta por materiais semitransparentes (plásticos, policarbonatos, vidro), que possibilitam a passagem da luz solar, essencial à realização da fotossíntese das plantas. Desta forma, no seu interior, torna-se possível obter condições artificiais de microclima e controlo das condições edafoclimáticas como a temperatura, a humidade do ar, a radiação, o solo, o vento e a composição

atmosférica. Com estes métodos especializados de produção, é possível obter culturas fora de estação em perfeitas condições e, em grandes quantidades. O microclima interno, é resultado da acumulação de calor no interior, mantendo aí uma temperatura superior à do ambiente exterior.

Na década de 30, com o aparecimento e desenvolvimento da indústria petroquímica, surge a vulgarização do uso do plástico em diversas áreas, e o sector agrícola não é excepção. A partir de então, e graças a este material, continuam a aperfeiçoar-se sistemas de produção fechados, mais económicos e cada vez mais eficazes na protecção das culturas contra os tão indesejados agentes meteorológicos e biológicos,

Numa estufa onde a fonte de calor é o sol, é essencial o uso de materiais como o plástico, devido às suas características específicas (transparência à luz solar), uma vez que permite a passagem das radiações solares ou de onda curta para o seu interior. A temperatura sobe essencialmente porque a convecção é suprimida e as trocas de ar entre o interior e o exterior são minimizadas e controladas. A energia que entra pela radiação solar aquece o ambiente interno e não é perdida com as correntes ascendentes que noutras situações dissipariam de imediato o calor.

A absorção das radiações é feita pelas superfícies internas do abrigo e pelas plantas que aí se encontram. Observa-se não só o já referido aumento da temperatura interior como também a emissão de radiação de onda curta, para os quais estes materiais (vidro, plásticos...etc) são opacos, originando com maior ou menor intensidade um fenómeno denominado *efeito de estufa*.

Mais recentemente, surgiram as estufas eléctricas, específicas para regiões de pouca incidência solar e nestes casos o calor obtém-se pela transformação da energia eléctrica em energia térmica, que se acumula dentro do sistema fechado.

Se por um lado o uso de materiais transparentes para condicionamento ambiental, é fundamental para o sucesso das culturas vegetais, não podemos deixar de observar, por outro lado, os aspectos associados ao conforto térmico de outros seres, os humanos, homens e mulheres, que trabalham nestas unidades de produção longas horas por dia, expostos a elevadas temperaturas e concentrações de humidade, radiação e libertação gases.

O trabalho em condições de stress

Segundo vários autores, o ambiente térmico, pode ser caracterizado por um conjunto de variáveis térmicas que afectam o posto de trabalho e interagem com o organismo do trabalhador. Por este motivo, é um factor que intervém, de forma directa e indirecta, na saúde e capacidade de desempenho de tarefas.

Hancock, PA. E Vastimatizidis [1998], no seu estudo sobre as capacidades de trabalho e performances humanas debaixo de stress, defendem que o nível das variáveis térmicas deve ser o principal critério para a determinação da exposição ao risco. De acordo com os autores, uma mudança na eficiência é indicador da resposta humana ao stress, sendo inclusivamente, o efeito mais exacto da exposição. Os autores sublinham ainda que a permanência da exposição após o surgimento dos «sinais» de eficácia individual, mesmo antes dos limites fisiológicos serem atingidos, é desaconselhado. Isto não só para a segurança pessoal, como para a dos colegas, para a produtividade e eventuais sistemas operados no decorrer da tarefa.

Considera-se que existe conforto térmico, a partir do momento em que o indivíduo encontra no ambiente de trabalho condições para a manutenção da temperatura interna do corpo - homeotermia. Ou seja, o equilíbrio entre o calor produzido pelo metabolismo humano e o

fluxo cedido ao ambiente, através das perdas de calor sensível (radiação, condução e convecção) e perdas de calor consequentes da sua própria respiração.

O conforto térmico assegura numa situação normal, no organismo humano, o equilíbrio térmico, a ausência de arrepios ou tremuras, um débito de sudação óptimo, uma temperatura cutânea média óptima, pele seca e ausência de secura nas mucosas bucofaríngeas.

Avaliação do conforto térmico

A avaliação do ambiente térmico é feita tendo em conta a temperatura do ar, a sua humidade, velocidade e calor radiante.

O vestuário do operador é também importante, uma vez que actua como barreira entre a superfície cutânea e o ambiente, ou seja medeia as trocas entre o corpo e o ambiente que o envolve.

São conhecidos casos de stress térmico causados por aumento de metabolismo, da temperatura do ar, da temperatura radiante média; pela modificação da velocidade do ar, sempre que a temperatura do ar é superior à temperatura cutânea média ou pelo aumento da humidade do ar.

Consequências do stress térmico

No metabolismo humano podem surgir por efeito do calor distúrbios de ordem psicológica, psicofisiológica e mesmo efeitos patológicos.

Quando o nível térmico ultrapassa a zona de conforto, surgem estados sucessivos de mal-estar psicológico que se podem manifestar desde uma simples sensação de incómodo até a uma redução de rendimento nas tarefas manuais.

Contudo, quando em presença de níveis elevados de calor, a capacidade de trabalho diminui, o mal-estar fisiológico aumenta, ocorre uma sobrecarga no funcionamento do coração e do aparelho circulatória e também um desequilíbrio no balanço de água e sais do organismo.

De acordo com a tabela 1 podemos explicar os efeitos do calor sobre o rendimento do trabalho, acima da temperatura de conforto. No entanto, se a humidade relativa for superior a 60-70 %, os efeitos da temperatura tendem a agravar-se.

Tabela 1 – Efeitos da temperatura

| Temperatura | Efeitos | Observações |
|---|--|--|
| 20°C | 1. Temperatura confortável | Máxima Eficiência |
|  | 2. Desconforto, irritabilidade, perda de concentração em trabalhos mentais | Problemas de natureza psíquica |
| | 3. Aumento do número de erros, perda de eficiência em trabalhos de destreza, ocorrência de mais acidentes | Problemas de natureza psicofisiológica |
| | 4. Perda de eficiência em trabalho pesado, perturbação do equilíbrio do sal e da água do corpo, pesada tensão no coração e na circulação, intensa fadiga e risco de exaustão | Problemas de natureza fisiológica |
| | 5. Limite de tolerância a altas temperaturas | |
| 35-40°C | | |

Na tabela nº 2, podemos ter uma noção das condições básicas de diversas ocupações tipo para um ambiente agradável no que respeita ao ambiente térmico

Tabela 2 – Efeitos da humidade (in Miguel, Sérgio)

| Tipo de Actividade | Temperatura Ambiente °C | | | Humidade relativa % | | | Velocidade do ar m/s |
|--------------------------------------|----------------------------|-----|-----|------------------------|-----|-----|-------------------------|
| | Min | Opt | Max | Min | Opt | Max | Max |
| Administrativa | 18 | 21 | 24 | 40 | 50 | 70 | 0,1 |
| Trabalho manual, ligeiro, sentado | 18 | 20 | 24 | 40 | 50 | 70 | 0,1 |
| Trabalho ligeiro de pé | 17 | 18 | 22 | 40 | 50 | 70 | 0,2 |
| Trabalho pesado | 15 | 17 | 21 | 30 | 50 | 70 | 0,4 |
| Trabalho muito pesado | 14 | 16 | 20 | 30 | 50 | 70 | 0,5 |
| Trabalho no calor radiante | 12 | 15 | 18 | 20 | 50 | 70 | 1,0 – 1,5 |

Quando os valores indicados são ultrapassados, a exposição prolongada a essas condições, pode provocar consequências a longo prazo, tais como:

- Maior susceptibilidade a outras doenças;
- Efeitos sinérgicos com outros agentes agressivos, tais como contaminantes químicos;
- Decréscimo do desenvolvimento individual e da capacidade de execução;
- Cataratas nos olhos;
- Maior incidência de doenças cardiovasculares e de perturbações gastrointestinais.

Determinação das condições de conforto térmico

O Índice de Temperatura Húmida e de Globo – WBGT (*Wet Bulb Globe Temperature*), referenciado pela norma ISO 7243 - 1989 (*Hot environments – Estimation of heat stress on working man, based on the WBGT*), é o índice mais utilizado para a determinação do conforto em ambientes quentes. Podemos, no entanto, utilizar um ou vários índices para o cálculo deste parâmetro, sendo os frequentes, para além do WBGT, o Índice de Temperatura Efectiva (TE), o Índice de Temperatura Efectiva Corrigida (TEC), o PMV (*Predicted Mean Vote*), o PPD (*Predicted Percentage of Dissatisfied*) e o Índice de Stress Térmico (IST).

Para obtermos estes valores fazemos colheitas, ou directamente através da obtenção das medições da temperatura de globo, temperatura do bolbo húmido e temperatura do ar ou através da medição da velocidade do ar, temperatura do ar, humidade relativa e temperatura radiante. Para o cálculo do índice que iremos utilizar, o WBGT, são utilizadas as seguintes expressões:

$$\text{WBGT} = 0,7 T_h + 0,3 T_g \text{ – Para zonas interiores}$$

$$\text{WBGT} = 0,7 T_h + 0,2 T_g + 0,1 T_a \text{ – Sob calor solar}$$

Em que:

T_h - Valor da temperatura húmida em °C

T_g - Temperatura de Globo em °C

T_a - Temperatura seca em °C

O projecto e a recolha de dados

Para a execução deste projecto, foram contactados produtores de hortícolas em estufas, em regime de produção integrada, na região do Minho. Acompanhou-se o período das colheitas em 5 estufas diferentes entre os meses de Agosto e Outubro de 2007.

Tal como em outras indústrias, a generalidade dos agricultores trabalha para responder a encomendas de produtos específicos, esse facto condicionou as culturas analisadas, as quais foram as de tomate, pimento e feijão verde.

A recolha de dados decorreu em contexto real de trabalho, no interior das estufas (fig. 2) Foram realizadas várias medições de várias variáveis que permitem avaliar o ambiente térmico em estão envoltos os trabalhadores.

A recolha de dados foi efectuada no interior das estufas durante a operação de colheita de produtos. O equipamento utilizado foi uma unidade da marca LSI - modelo BABUC A – BSA10 com, porta série RS 232, com 11 entradas e memória para 20.000 medidas com as seguintes sondas (fig. 1):

- Sonda de globo preto opaco, modelo BST 131;
- Sonda psicométrica para medição da humidade relativa, modelo BSU 102
- Sonda de temperatura ambiente, modelo BST 101
- Sonda de temperatura húmida natural, modelo BSU 121



Fig. 1 – Babuc A – BSA10 e sondas.

que os operadores, não faziam somente a colheita dos frutos/legumes, estavam também incumbidos, no seguimento da mesma operação, de armar as caixas plásticas (4 a 6 por tarefa), coloca-las dentro dos carros, e desta forma entrar no interior das linhas de culturas para proceder à colheita, enchimento das caixas e descarrega mesmas quando o carro estava cheio.

Considerou-se que todos os trabalhadores, estavam vestidos de forma semelhante: roupa interior, Calça ou calção, t-shirt, meias, sapatos e bata da empresa.

Foi ainda tido em conta para melhor caracterizar a tarefa, relativamente ao esforço desenvolvido por cada trabalhador, o peso destes diferentes itens envolvidos:

- Carro de duas rodas em ferro 25 Kg
- Caixa plástica vazia 300 gr
- Caixa plástica cheia aprox. 20Kg

Foi ainda utilizado o programa INFOGAP Vers. 2.20 Cod. MW 6501 da LSI para aquisição e tratamento de dados tivemos disponíveis os módulos específicos para ambientes moderados e quentes.

A duração de cada registo e a hora em que decorreu variou, uma vez que, por questões operacionais as actividades de colheita não ocorrem à mesma hora todos os dias.

No entanto e independentemente do tempo de duração de cada registo, os valores foram colhidos com um intervalo de 1,40s.

Durante o desempenho da tarefa observou-se



Fig. 2 – Operação de recolha de tomate

das

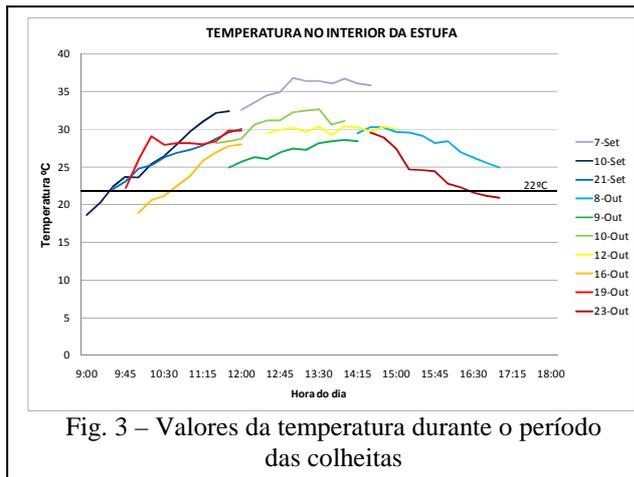


Fig. 3 – Valores da temperatura durante o período das colheitas

durante todo o período de trabalho. Apenas em alguns dos dias, e em curtos períodos ao início da manhã e no final da tarde, se obtiveram valores abaixo dos 22 °C. As temperaturas registadas situaram-se geralmente entre os 25 °C e os 30 °C. Os 30 °C foram ultrapassados durante as horas de maior incidência da radiação solar, de um modo geral entre as 11h00 e as 15h00.

Também para a humidade relativa os valores registados ultrapassam os máximos normalmente tidos como de conforto, como se pode observar na fig. 4. Todos os valores medidos se situam acima de 70%. Embora os valores da humidade baixem a meio do dia isso coincide com as horas de maior calor, pelo que este facto não contribui para a melhoria das condições ambientais.

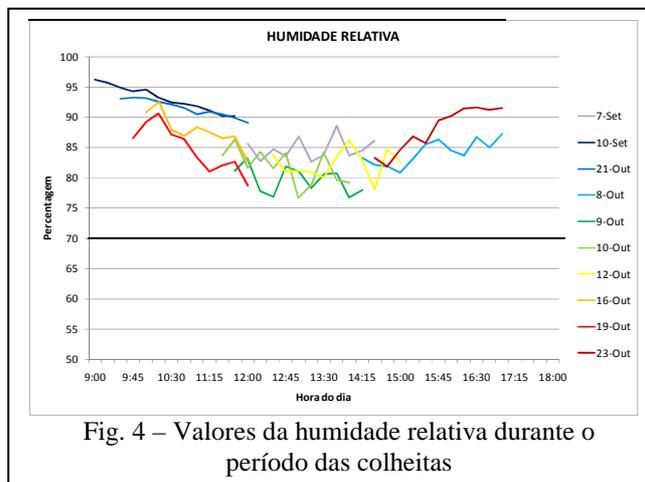


Fig. 4 – Valores da humidade relativa durante o período das colheitas

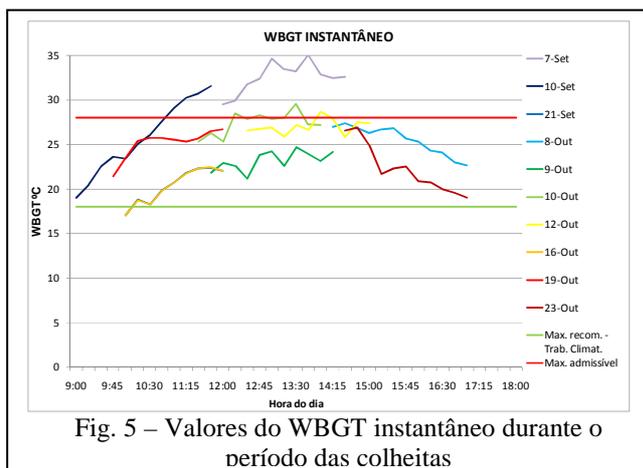


Fig. 5 – Valores do WBGT instantâneo durante o período das colheitas

Como podemos observar na fig. 5, obtida com base nos registos efectuados, poderemos considerar que estamos perante uma situação alarmante de stress térmico.

Conclusões e recomendações

Não só pelas características do ambientais em termos de temperatura e humidade, as quais por si só são extremas, como também pelo esforço físico que é solicitado aos operadores no

Análise dos dados recolhidos

Como valores de referência para análise, temos que a temperatura máxima ideal para a realização de trabalho manual varia, de acordo com vários autores, entre os 18°C e os 22°C. Do mesmo modo a humidade relativa não deve ultrapassar os 70%, uma vez que potencia o efeito do calor no ser humano.

Pela observação do gráfico da fig. 3, podemos facilmente verificar que a temperatura ultrapassou o valor máximo admissível de temperatura, praticamente

Com valores de temperatura e humidade desta ordem de grandeza, o corpo humano tem dificuldade em conseguir garantir condições de homeotermia que assegurem o funcionamento adequado dos seus órgãos vitais.

De acordo com a norma ISO 7243 (*Hot environments- estimation of the heat stress on working man, based on WBGT*) e atendendo às características do trabalho, também o valor do WBGT não deveria ultrapassar os 18 °C e, em nenhum caso deveria ultrapassar os 28°C.

desempenho das tarefas, facilmente se verifica que o trabalho em estufas é uma actividade executada sob condições extremas. Tais condições colocam os que aí trabalham em situação de grave risco para a saúde tanto a curto como a médio prazo, necessitando, por isso, este tipo de trabalho, uma atenção especial.

Não sendo possível nem viável a alteração das condições climáticas no interior das estufas, é necessário que se encontrem formas de intervenção adequadas, sem que se coloque em causa a produção e a produtividade do sector.

Como forma de intervenção imediata, recomenda-se a análise da alteração dos horários de trabalho, procurando evitar as horas mais quentes do dia. Outras medidas como a rotatividade de funções e a constante disponibilidade de água à temperatura ambiente podem ajudar a mitigar o problema.

Para encontrar formas de intervenção consistente a médio e longo prazo será necessária investigação em vários factores que vão desde uma maior capacidade de condicionamento ambiental das estufas até ao desenvolvimento de mecanismos automáticos de colheita.

Referências Bibliográficas

- Bates, Gp, 2005, Minimising the effects of environment on health and productivity
- Belding, HS / Hatch, TF, 1963, Relation of skin temperature to acclimation to heat
- Belding, HS / Kamon, E, 1971, Heart rate and rectal temperature relationships during work in hot humid environments
- Belding, HS / Mead, J, 1949, Digital skin temperature and blood flow relationship following change in environmental temperature
- Fisk, WJ / Faulker, D, 2005, Control of temperature for health and productivity in offices
- Gan, Guohui, 2001, Analysis of mean radiant temperature and thermal comfort
- Gun, Rt, 1995, Effects of thermal, personal and behavioural – Factors of the physiological strain, thermal comfort and productivity of shearers in hot weather.
- Hancock, Pa, 1998, Human occupational and performance limits under stress: the thermal environment as a prototypical example.
- Hodder, Simon G. / Parsons Ken, 2006, The effects of solar radiation on thermal comfort
- Hoppe, Peter, 2002, Different aspects of assessing indoor and outdoor thermal comfort
- Karyono, Tri Harso, 1995, Thermal comfort for the Indonesian workers in Jakarta
- Lang, Susan S., 2005, Warm offices linked to higher productivity – Human Ecology,
- Link, Jm / Pepler Rd, 1970, Associated fluctuations in daily temperature, productivity and absenteeism.
- Lorsch, Harold G. / Abdou, Ossama A., 1994, Impact of the building indoor environment on occupant productivity – part3: effects of indoor air quality.
- Markham, Steven E./ Markham, Ina S., 2004, Biometrical effects on worker absentism.
- Meese, G. B. / Kolk, R. / Lewis, M. I. / Wyon D. P., 1980, Effect of moderate thermal stress on the potential work performance of factory workers – An interim report
- Miguel, Alberto Sérgio S.R. 2006, Manual de Higiene e Segurança do Trabalho – Porto Editora;
- Mun, Junghyon / Krarti, Moncef, 2004, Experimental analysis of thermal comfort-based controls.

Nagamo, Kazuo / Takaki, Akira / Hirakawa, Megumi / Tochiyama, Yutaka, 2005, Effects of ambient temperature steps on thermal comfort requirements.

Norma ISO 7243 – HOT ENVIRONMENTS – Estimation of the stress on working man, based on the WBGT- index (wet bulb globe temperature) - ISO- 1989

Olesen, Bjarne W., 1995, International standards and the ergonomics of the thermal environment.

Parsons, K. C., 1999, International Standards for the Assessment of the Risk of Thermal Strain on Clothed Workers in Hot Environments.

Ramsey, Jerry D. / Burford, Charles L. / Beshir, Mohamed Youssef / Jensen, Roger C., 1983, Effects of workplace thermal conditions on safe work behaviour

Tincolini P. / Del Bino D. / Castore I. / Mercanti A., 1970, Thermal comfort and physiological responses of foundry workers.