



MESTRADO EM ENGENHARIA DE SEGURANÇA E HIGIENE OCUPACIONAIS

Dissertação apresentada para obtenção do grau de Mestre
Engenharia de Segurança e Higiene Ocupacionais
Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

EFEITO DO ESFORÇO SUBMÁXIMO INTERMITENTE NA PERFORMANCE INDIVIDUAL EM DIFERENTES AMBIENTES TÉRMICOS

Conceição Celina Tavares Martins

Orientador: Professor João Manuel Abreu dos Santos Baptista (FEUP)

Coorientadora: Professora Joana Cristina Cardoso Guedes (FEUP)

Arguente: Professor Mário de Almeida Rodrigues Talaia (UFP)

Presidente do Júri: Professor Mário Augusto Pires Vaz (FEUP)

2013



Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
Rua Dr. Roberto Frias, s/n 4200-465 Porto PORTUGAL

VoIP/SIP: feup@fe.up.pt

ISN: 3599*654



Telefone: +351 22 508 14 00



Fax: +351 22 508 14 40



URL: <http://www.fe.up.pt>



Correio Electrónico: feup@fe.up.pt

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais e irmãos por todo apoio e amor oferecido ao longo de toda a minha vida, à Carla e ao Cândido pelo contacto com a INMG e em especial à minha mãe;

Ao meu Orientador Professor Doutor João Manuel Abreu Santos Baptista pela orientação científica, incentivo, amizade e disponibilidade para ajudar;

À minha Coorientadora Professora Mestre Joana Cristina Cardoso Guedes pela coorientação, amizade, carinho, força e toda a ajuda prestada;

A todos os meus amigos e colegas que me ajudaram ao longo deste processo, em especial a Ana Campos e Raquel Martins;

Ao Luís e ao Rafael, agradeço, o carinho a amizade, paciência e toda a colaboração para a realização dos ensaios sem a qual não seria possível finalizar esta etapa;

Ao Sr. Batalha do Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica, delegação da Praia aeroporto, pelos dados fornecidos para o estudo.

RESUMO

O impacto do aquecimento global sobre a saúde da população é uma preocupação crescente e tem sido amplamente discutido. A existência de condições de calor extremo em muitos ambientes de trabalho pode ter impactos negativos na segurança e saúde dos trabalhadores causados pelo stresse térmico. Tais condições extremas são encontradas nos mais diversos ambientes laborais, tais como: na fabricação de aço, ferro, vidro, têxteis, cerâmica, conservas de alimentos, na extração mineira e em atividades ao ar livre. A indústria da construção envolve alguns desses ambientes profissionais e é um dos mais suscetíveis à indução de stresse que condiciona o desenvolvimento de qualquer obra e o seu campo de influência engloba a forma como os trabalhadores desempenham as suas tarefas. Isto reflete-se na produtividade que pode ser majorada ou reduzida de acordo com as características do ambiente ao qual se está exposto. A questão dos distúrbios de stresse de calor e a consequente redução de produtividade ainda não foram amplamente abordados. Destas considerações surge a necessidade de se conhecer os efeitos que o ambiente térmico pode causar no homem, buscando a minimização do seu impacto no ambiente de trabalho melhorando, assim, a produtividade. O presente trabalho tem o objetivo de quantificar a perda da produtividade na indústria da construção civil devido ao ambiente térmico existente em Cabo Verde. A sustentação científica do tema foi realizada através de uma pesquisa bibliográfica, com recurso à ferramenta de interface de pesquisa do sistema de meta-pesquisa da Faculdade de Engenharia de Universidade do Porto, utilizando um conjunto de palavras-chave afetas à temática em estudo. A parte prática do estudo obrigou à realização de ensaios laboratoriais, em ambiente controlado, utilizando uma câmara climática e uma passadeira ergométrica para simular o ambiente térmico e a atividade metabólica da indústria em questão, e diversos dispositivos (tais como termómetros para medir a temperatura da pele, termómetro ingerível para medir a temperatura interna e eletrocardiógrafo para avaliar a função cardíaca) para mensurar a resposta fisiológica dos indivíduos ensaiados nas diferentes condições. Nos resultados verifica-se que na realização de trabalho pesado, a elevada temperatura, o tempo de trabalho diminui e o tempo de descanso aumenta ao longo dos ciclos, diminuindo assim a produtividade. Para trabalho pesado a baixa temperatura e trabalho leve nas duas condições térmicas o ciclo de trabalho não varia muito e é mais longo, mas o tempo de descanso aumenta ao longo de cada ciclo. A temperatura elevada influencia negativamente a performance no trabalho pesado e tem pouco efeito na realização do trabalho leve. A temperatura baixa tem pouca influência na performance. Com esses resultados pressupõe-se que a produtividade varia conforme varia o ambiente térmico, o tipo e o tempo de realização da tarefa e a característica e capacidade individual. Em construção podem conjugar-se atividades leves com temperaturas elevadas e tarefas pesadas nas horas de menos calor. Este estudo contribuirá para futuros estudos científicos-académicos, mas será necessário aprofundá-lo e aplicá-lo em meio empresarial, preenchendo um vazio de temas ainda pouco estudados e oferece orientação para uma melhor gestão de tarefas. Isso será de enorme valor na melhoria da produtividade do trabalho e proteger a saúde e segurança dos trabalhadores na indústria da construção.

Palavras-chave: Calor, Construção, Produtividade, Ambiente térmico, Stresse por calor.

ABSTRACT

The impact of global warming on the population's health is a growing concern and has been widely discussed. The existence of extreme heat conditions in many work environments can have negative impacts on health and safety caused by thermal stress.

Such extreme conditions are commonly found in many workplaces, such as in steel and iron manufacturing, factories of glass, mining, textiles, ceramics, canneries food and outdoor activities. The construction industry involves many of these occupational settings and is found to be more susceptible to heat stress than other industries. The thermal environment is an external factor conditioning the development of any construction and field encompasses directly and influence the way workers perform their tasks. And this reflects in the productivity which can be increased or reduced according to the characteristics of the environment to which it is exposed. The issue of heat stress disorders and the consequent reduction in productivity among workers has not been widely addressed. These considerations arise the need to know the effects that the thermal environment can cause in man, trying to minimize their impact in the workplace, thereby improving worker productivity. Therefore, this study intended to quantify the loss of productivity in the construction industry due to the thermal environment that exists in Cape Verde. A bibliographic research was conducted using a set of keywords assigned to the thematic study, used the tool interface system research meta-search from Faculty of Engineering of the University of Porto. The practice test was done by using the Fitoclima and climate Chamber exercise treadmill to simulate the thermal environment and the metabolic activity in the industry in question and various devices such as the thermocouple Plux, ingestible thermometer and the ECG, to measure the physiological response of individuals tested in different atmospheric conditions and work. In the results it turns out that in performing heavy work at high temperature reduces working time, and the resting time increases over cycles, thereby decreasing productivity. In heavy work in low temperature and in light work in both thermal conditions, the work cycle does not change much and it is longer, but the rest time increases along each cycle. The high temperature influence negatively one's performance in heavy work and it has little effect on the achievement of light work. With these results it is assumed that productivity varies with the variation of the thermal environment, the type and length of performance, the task, and individual characteristic and capacity. In construction activities can be conjugated with mild temperatures and heavy tasks in hours of less heat. This study will contribute to future scientific academic studies, but it needs to be deepened and applied in business, filling a voiding less studied themes and providing guidance for better management tasks. This will be something of great importance on improving productivity work and on protecting the health and safety of workers in the construction industry.

Keywords: Heat, Construction, Productivity, Thermal environment, Heat stress.

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	O clima.....	1
1.2	A Indústria da Construção/Economia	1
1.3	Problema de Investigação e Hipótese de Partida	2
2	ESTADO DA ARTE	3
2.1	Pesquisa Bibliográfica	3
2.2	Localização e Clima do Arquipélago de Cabo Verde.....	3
2.3	Indústria da construção	6
2.4	Efeito do Ambiente Térmico Sobre o Homem	8
2.5	A Produtividade	10
2.6	História de <i>Wet Bulb Globe Temperature (WBGT)</i>	14
3	OBJETIVOS, MATERIAIS E MÉTODOS.....	17
3.1	Objetivos da Dissertação	17
3.2	Materiais e Métodos.....	17
3.2.1	Materiais a utilizar: Equipamentos	18
3.2.2	Métodos	23
3.2.3	Procedimento Geral de Ensaio	27
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
4.1	Análise dos resultados das atividades simuladas	31
4.2	Resultados dos ciclos de trabalho/descanso.....	38
4.3	Variação de massa de água perdida (mH ₂ O)	43
5	CONCLUSÕES E PERSPETIVAS FUTURAS.....	45
5.1	Conclusões	45
5.2	Perspetivas Futuras	46
6	Bibliografia	49

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1- Localização de Cabo Verde	4
Figura 2- Variação média da Temperatura e da Humidade da cidade da Praia.....	5
Figura 3-Factor de produtividade dos Países do grupo do norte	11
Figura 4- Factor de produtividade dos Países do grupo do sul.....	12
Figura 5-Esquema gráfico do caminho traçado	18
Figura 6- Passadeira ergométrica e o interior da Câmara.....	19
Figura 7- Termopar Monitor Flux 29	20
Figura 8- Activador e o Termómetro Ingerível	20
Figura 9- Colete e o recetor externo	21
Figura 10 – Localização dos 8 pontos para estimativa da temperatura média da pele.....	21
Figura 11- Pontos onde se colocam os elétrodos do ECG.....	22
Figura 12 - ECG_eletrocardiógrafo	23
Figura 13- Variação da temperatura ao longo do dia, nos diferentes meses do ano.	24
Figura 14-Variação da humidade ao longo do dia, nos diferentes meses do ano.....	24
Figura 15- Esquema gráfico dos 4 ensaios	26
Figura 16 – Voluntário após colocação dos equipamentos de monitorização.....	28
Figura 17- Resposta fisiológica do v_1 para trabalho pesado a 32 °C e 40% Hr	31
Figura 18- Resposta fisiológica do v_2 para trabalho pesado a 32 °C e 40% Hr	32
Figura 19- Resposta fisiológica do v_1 para trabalho leve a 32 °C e 40% Hr.....	33
Figura 20- Resposta fisiológica do v_2 para trabalho leve a 32 °C e 40% Hr.....	34
Figura 21- Resposta fisiológica do v_1 para trabalho pesado a 20°C e 80% Hr	35
Figura 22- Resposta fisiológica do v_2 para trabalho pesado a 20°C e 80% Hr	35
Figura 23- Resposta fisiológica do v_1 para trabalho leve a 20°C e 80% Hr	36
Figura 24- Resposta fisiológica do v_2 para trabalho leve a 20°C e 80% Hr.....	37
Figura 25-Ciclo do trabalho pesado a 32 °C e 40% Hr (v_1)	38
Figura 26 Ciclo do trabalho pesado a 32 °C e 40% Hr (v_2)	38
Figura 27-Ciclo do trabalho leve a 32 C 40% Hr (v_1).....	39
Figura 28- Ciclo do trabalho leve a 32 C 40% Hr (v_2).....	40
Figura 29- Ciclo do trabalho pesado a 20 °C e 80% Hr (v_1)	40
Figura 30- Ciclo do trabalho pesado a 20 °C e 80% Hr (v_2)	41
Figura 31- Ciclo do trabalho leve a 20 °C e 80% Hr (v_1).....	41
Figura 32- Ciclo do trabalho leve a 20 °C e 80% Hr (v_2).....	42

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1-Varição dos dados meteorológicos da cidade da Praia.....	5
Tabela 2- Equipamentos e Materiais utilizados.....	19
Tabela 3-Coefficientes de ponderação.....	22
Tabela 4-Classificação da taxa metabólica por categoria.....	25
Tabela 5- Valores limite fisiológico de tensão térmica	27
Tabela 6- Questionário (Q1).....	29
Tabela 7-Varição de mH ₂ O no trabalho pesado	44
Tabela 8- Varição de mH ₂ O no trabalho leve.....	44

NOMENCLATURA

ASHRAE – *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engine*

DB - temperatura ambiente (bolbo seco)

Fc – Frequência cardíaca

GT - temperatura do globo

INMG – Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica

ISO – *International Standard Organization*

M - Metabolismo

mH₂O - Variação de massa corporal

NWB - temperatura natural do bolbo húmido

PH - Produtividade em tarefas de construção pesada

PL - Produtividade em tarefas de construção leve

PM - Produtividade em tarefas de construção moderada

PMV - *Predicted Mean Vote*

Tc – Temperatura interna

t_{sk} – Temperatura da pele

Tsk – Temperatura média da pele

V. - Velocidade

v₁- Voluntario 1

v₂ – Voluntário 2

V_{o2} - volume do oxigénio consumido

WGBT - *Wet Bulb Globe Temperature*

1 INTRODUÇÃO

1.1 O clima

O arquipélago de Cabo Verde integra uma vasta zona de climas áridos e semiáridos que abrange toda a África ao sul do Sahara, na faixa de transição entre o deserto e os climas húmidos tropicais (zona designada por Sahel). O clima do tipo subtropical seco, caracteriza-se por uma curta estação de chuvas (julho a outubro). As precipitações são geralmente fracas sobre todo o território (Ministério do Ambiente, 2004).

Durante maior parte do ano o país encontra-se sob influência de massas de ar estável transportadas pelos ventos alíseos de nordeste. O traço marcante é a constância de vento de norte e nordeste e a quase total ausência de precipitação entre dezembro e junho, quando a convergência intertropical se encontra mais afastada do arquipélago. As nuvens altas e estratiformes, características deste tipo de tempo, proporcionam frequentes situações de nevoeiro intenso nas áreas mais elevadas das ilhas expostas a norte e nordeste.

Esporadicamente, entre dezembro e fevereiro a estabilidade atmosférica pode ser interrompida por invasões de ar marítimo modificado que atingem o território e estão na origem de aumento significativo da nebulosidade, situações de chuva fraca nas regiões mais elevadas e a uma descida significativa da temperatura mínima, situação conhecida como “invernada”.

Entre novembro e maio, é relativamente frequente a ocorrência de situações de “lestada”. Episódios de curta duração de advecção de ar tropical continental, oriundo do continente africano, quente, seco e carregado de poeiras, que provoca a descida acentuada dos teores de humidade, com consequências nefastas tanto ao nível vegetativo, com efeitos de dessecação, como da saúde humana, originando problemas relacionados com as vias respiratórias (Fernandes, 2008).

Cabo Verde é extremamente vulnerável ao problema da seca e da desertificação. Esta vulnerabilidade advém, sobretudo, das condições edafoclimáticas caracterizadas por secas cíclicas, chuvas torrenciais e irregulares, escassez de coberto vegetal natural e uma enorme pressão humana sobre os recursos naturais existentes (Ministério do Ambiente, 2004).

1.2 A Indústria da Construção/Economia

A economia cabo-verdiana tem tido um desempenho globalmente razoável desde que o País ganhou a sua independência. O Produto Interno Bruto (PIB) tem vindo a apresentar um crescimento gradual ao longo dos últimos anos, tendo aumentando de cerca de 500 milhões USD (*Unite State Dollar*) em 1995, para cerca de 1,9 bilhões de USD em 2010. O sector económico que mais cresceu nos últimos anos foi o secundário, movido pelos investimentos na construção civil. No entanto, o sector terciário é o principal responsável pela economia em Cabo Verde, representando, em 2010, 73% do PIB do país, tendo como elemento chave o turismo (Inocência, 2012).

A produção nacional, medida pelo PIB, cresceu em média, em termos reais, cerca de 4% ao ano entre 1992/1995 e 5,5 em 2004 (Ministério das Finanças, 2004), após ter estagnado (1,4%) em 1991.

Este crescimento deveu-se sobretudo ao elevado e crescente nível das despesas públicas, nos sectores dos transportes e comunicações, infraestruturas, energia e construção. No entanto, é um crescimento frágil e fortemente condicionado pela ajuda internacional e pelas transferências dos emigrantes (Ministério do Ambiente, 2004).

1.3 Problema de Investigação e Hipótese de Partida

O ambiente térmico é um dos fatores importantes com impacto na produtividade dos trabalhadores. Em termos ocupacionais intervém de forma direta ou indireta na sua saúde e, conseqüentemente, na realização das suas tarefas.

A indústria da construção caracteriza-se pela realização de atividades ao ar livre sob ação direta dos elementos da natureza, os trabalhadores estão expostos ao calor, à radiação solar, vento e pluviosidade. A conjugação de temperaturas elevadas com humidade e esforço físico, por um longo período de tempo, não só pode ser prejudicial à saúde e induzir acidente, como também provoca a queda de produtividade.

Perante esta conjugação de fatores, coloca-se a seguinte questão: qual o seu impacto das condições climáticas cabo-verdianas em termos de produtividade?

Perante as hipóteses de que esse impacto é negativo mas que é possível estabelecer estratégias para minimizar a sua influência. Partiu-se para uma pesquisa sobre qual o conhecimento mais avançado sobre este assunto, no sentido de estabelecer o estado da arte sobre o mesmo.

2 ESTADO DA ARTE

2.1 Pesquisa Bibliográfica

Em relação aos métodos utilizado na pesquisa bibliográfica, buscou-se estudos sobre os temas de ambiente térmico, calor, produtividade e construção que tenham sido publicados nos últimos dez anos, foi utilizada a ferramenta de interface de pesquisa do sistema de meta-pesquisa da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, construída com base no sistema Metalib da Exlibris. Com esta ferramenta foi possível consultar vários portais eletrónicos de trabalhos científicos de divulgação internacional entre os quais a base de dados (*web of Science medline, PubMed, SCOPUS, Eric...*); revistas científicas (*Science Direct, Emerald Fulltext, Meta Press, Highwire press, AMA Journals...*); motores de busca (*Google scholar e Sciruse*), teses dissertações, Normas (catálogo da biblioteca FEUP, IPQ...) e literatura com relevância técnica - científica na área em estudo. A pesquisa foi constante durante o período de elaboração da tese. Devido à diversidade de temas abordados, as palavras-chaves aplicados nas pesquisas foram variando tendo-se optado por diferentes campos de pesquisa, conforme o número de resultados. Portanto algumas palavras-chaves foram “*heat*” “*construction*”, “*termal environment*”, “*thermal comfort*”, “*productivity*”, “*metabolic equivalente*”, “*physical activity*”, “*Work-rest Schedule*”, “*intermittent exercise*” e “*Warm-up*”. O método utilizado para aceitar ou eliminar determinado artigo foi mediante a informação apresentada no resumo, a adequação ao objetivo do estudo, fiabilidade científica, procedimento e metodologia utilizada, desenvolvimento e análise de resultados a partir das palavras-chaves utilizadas. Todos os documentos, artigos científicos, livros e normas e teses utilizados foram introduzidos na referência bibliográfica utilizou-se o estilo *APA Sixth Edition*.

2.2 Localização e Clima do Arquipélago de Cabo Verde

Cabo Verde é um país constituído por dez ilhas (Santo Antão, São Vicente, Santa Luzia, São Nicolau, Sal, Boavista, Maio, Santiago, Fogo e Brava) e alguns ilhéus, localizado a cerca de 450 km da costa ocidental africana como se pode ver na Figura 1, em frente ao Senegal. Ocupam, no seu conjunto, uma superfície emersa total de 4.033 km² e uma zona económica exclusiva (ZEE) que se estende por cerca de 734.000 km². A linha de costa tem cerca de 1.020 km, com praias de areia negra e branca que se alternam com escarpas.

As ilhas são de origem vulcânica, pequenas e dispersas e estão inseridas numa zona de elevada aridez meteorológica. Três das ilhas (Sal, Boavista e Maio) são planas, sendo as outras montanhosas. É na ilha do Fogo, que se encontra o ponto mais alto de Cabo Verde, um vulcão cuja última erupção data de 1995 (Ministério do Ambiente, 2004).



Figura 1- Localização de Cabo Verde¹

O relevo é geralmente muito acidentado, culminando com altitudes muito elevadas (Fogo - 2.829 m, Santo Antão - 1.979 m, Santiago - 1.395 m, São Nicolau - 1.340 m).

Cabo Verde faz parte do grupo biogeográfico e ecológico designado Macaronésia, constituído pelos arquipélagos dos Açores, da Madeira, das Canárias, das Selvagens e ainda a faixa costeira de África (limitada por Marrocos e pelo Senegal) (Inocêncio, 2012).

O clima do arquipélago é tropical seco, tem duas estações do ano das chuvas de agosto a outubro, e estação seca, ou dos ventos que vai de dezembro a junho. Novembro e julho são considerados os meses de transição.

A humidade relativa média anual varia entre 67% e 71%, apresentando valores mínimos (59%) e máximos (77%) são registados em março e setembro, respetivamente. Os valores mínimos coincidem com o período em que predominam os ventos de Este e Nordeste, acompanhados de poeira em suspensão, ou seja, o período de maior ocorrência da bruma seca (Ministério do Ambiente, 2004).

A temperatura média no arquipélago é de cerca de 25°C e amplitude térmica anual é pequena, oscilando entre 20°C e 30°C. A insolação é geralmente elevada pois o céu apresenta-se geralmente limpo e o período seco é longo (Inocêncio, 2012).

Verificou-se nos últimos anos um ligeiro aumento de temperatura, pelo menos nalgumas localidades do arquipélago, os dados existentes não permitem afirmar que haja uma correlação entre o aumento de temperatura e a redução de precipitação. Com efeito, as temperaturas médias raramente excediam os 30° C ou desciam abaixo dos 13° C. As médias anuais e mensais de

¹ Fonte: <http://www.turim.cv/index.asp?idEdicao=51&idSeccao=761&id=313&action=noticia>

temperatura são mais altas em Santiago do que em São Vicente devido à situação mais a sul da primeira ilha. O mês mais quente é o de setembro e o mais frio é o de fevereiro. Para o período decorrente de 1970 a 1983, as temperaturas médias para a Praia e Mindelo situaram-se respetivamente em 25,3° C e 23,5° C e para o período de 1980 a 1997 verificou-se um aumento significativo de temperatura (Ministério do Ambiente, 2004).

A cidade da Praia foi caracterizada nestes últimos cinco anos com os dados meteorológicos fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica (INMG) apresentados na Tabela 1. Temperatura média anual na ordem de 29°C e a Humidade relativa média na ordem de 83% (ver Figura 2).

Tabela 1-Variação dos dados meteorológicos da cidade da Praia

Anos	Tmax. (°C)	Tmin (°C)	Hrel. Max (%)	Hrel Min (%)	V. Vento (km/h)
2007	28,5	21,7	82	62	23
2008	28,6	21,9	81	60	22
2009	28,2	21,7	81	59	24
2010	29,0	22,8	88	56	22
2011	29,0	21,9	85	51	23

Fonte: INMG-Delegação da Praia

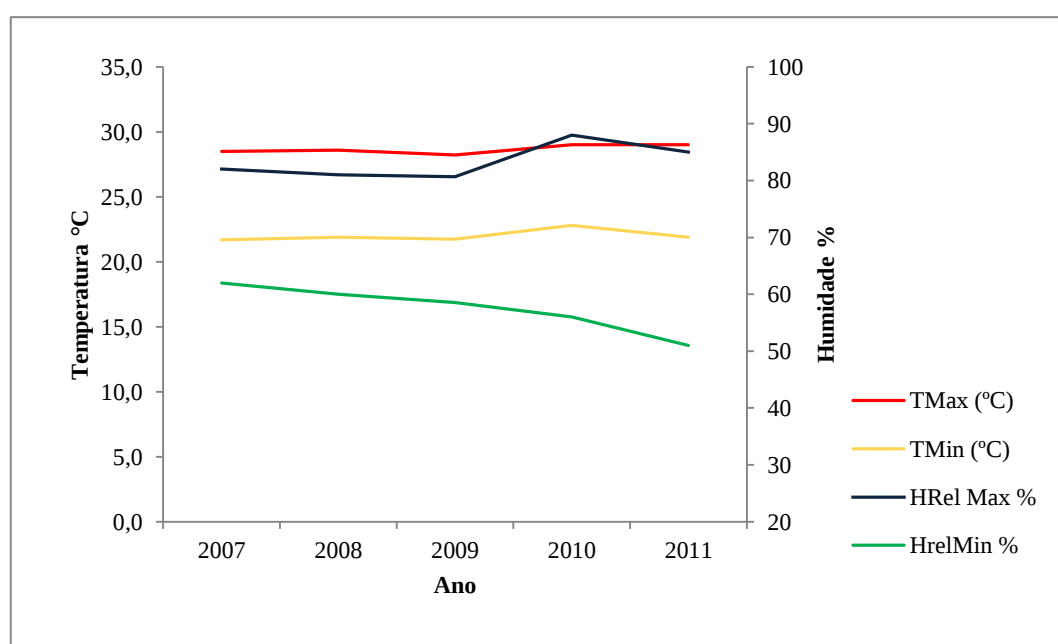


Figura 2- Variação média da Temperatura e da Humidade da cidade da Praia

O «tempo das águas» corresponde à estação das chuvas «*N'esta quadra a atmosfera torna-se pesada, o céu forra-se de nuvens, a temperatura aumenta, chegando por vezes a 33°C e há maior humidade, chovendo abundantemente*» (Correia, 1996)

Segundo Ezequiel Correia (1996) a maior parte dos estudos sobre o clima de Cabo verde tem-se centrado na ilha de Santiago, sobretudo a partir dos anos 60, dando azo mesmo, por vezes, a generalizações simplistas sobre o clima do arquipélago. Certamente não será de estranhar este fato devido a sua importância política, sociodemográfica e económica, e a existência das melhores infraestruturas meteorológicas. Para além de Santiago, apenas as ilhas do Fogo e São

Nicolau contam com estudos de maior profundidade, de caracterização global, que ultrapassam as meras referências pontuais a um ou outro elemento, em estudos de conjunto. Apesar de alguns esforços de síntese das características do clima do arquipélago, sobressai a ausência de uma obra geral, dedicada ao arquipélago no seu conjunto. A maior parte dos estudos centraram sobre a precipitação e as disponibilidades hídricas devido a aridez, característica fundamental do clima do arquipélago. O autor salientou que o naturalista francês Auguste Chevalier (1935) consagrou parte do seu trabalho de caracterização da biogeografia do arquipélago à descrição da variação espacial dos elementos climáticos nas diversas ilhas, contribuindo para um maior conhecimento da diversidade climática de Cabo Verde. Pela primeira vez dando destaque à temperatura, procurando caracterizar o regime térmico e contrariar a ideia, segundo ele instalada, da existência de um clima tórrido em Cabo Verde. Com dados de Santa Maria, Praia e Mindelo, aprontou a revogar essa ideia, justificando as condições de forte calor que se podem fazer sentir durante alguns períodos do ano, não pela temperatura, mas antes pela sua conjugação com vento fraco e humidade elevada. Ainda assim nem em todas as áreas como ele salientou, a altitudes elevadas podem mesmo sentir-se temperaturas muito baixas no inverno, referindo situações de geada e temperaturas negativas no Fogo, na área de Chã das Caldeiras, a cerca de 1700 m, e em Covão, a 1200 m, na ilha de Santo Antão (Correia, 1996).

2.3 Indústria da construção

A existência de condições extremas de calor em muitos ambientes de trabalho pode ter uma série de efeitos adversos sobre a saúde e segurança dos trabalhadores

Tais condições extremas são encontradas na indústria da construção é um dos mais suscetíveis ao stress térmico. Os trabalhadores da construção civil são submetidos ao stress de calor não só devido ao trabalho físico ao ar livre, mas também em espaços confinados, o que torna as situações de trabalho mais problemáticas.

Em Hong Kong, a incidência do stress térmico na indústria da construção tem sido alarmante, incluindo morte de trabalhadores. Estes incidentes chamaram a atenção das autoridades, órgãos estatutários e da indústria para investigar o problema de saúde e segurança do trabalho em clima quente. O Conselho da Indústria da Construção que é um órgão de coordenação estatutária abrangendo todos os sectores importantes da indústria da construção civil em Hong Kong, criou um grupo de trabalho para investigar as ocorrências em tempo quente e promulgou um conjunto de diretrizes sobre prevenção de stress por calor. Embora a literatura esteja repleta de normas de orientação gerais sobre riscos de stress de calor em construção (por ex. na ISO 7243, 1989), falta a realização de pesquisas específicas para a indústria da construção e apresentar as medidas de segurança para combater o stress de calor com base em parâmetros clínicos confiáveis (Chan, Yam, Chung, & Yi, 2012).

Em regiões tropicais e subtropicais, as atividades dos trabalhadores da construção exigem bastante esforço físico e em condições de elevado calor e humidade. Uma das soluções para esses trabalhadores da construção ao ar livre em dias de verão é ter uma parte do dia livre e trabalhar a noite quanto está mais ameno. No entanto, Chan, *et al.* (2012) notaram que esta possibilidade não se aplica em Hong Kong uma vez que não há diferença da temperatura e humidade entre o dia e a noite, devido ao efeito de estufa induzido pelo oceano Pacífico.

Os trabalhadores da construção são vulneráveis ao efeito do stresse térmico durante o verão como a insolação que já causou uma série de mortes. Os dobradores e fixadores de barras geralmente têm que trabalhar em áreas abertas sem sombras, sem dúvida uma das atividades mais exigentes fisicamente, a flexão e fixação de barras é um ofício selecionado como o protótipo para o desenvolvimento de uma metodologia mais direcionada que se bem-sucedida poderia ser aplicada em outros ofícios. O stresse térmico pode ser diminuído, fornecendo abrigo, pausas para descanso, bebidas adequadas e frescas para substituir a água perdida com a transpiração. Um outro fator a ter em atenção é que há uma enorme diferença entre a temperatura oficialmente notificada e a do ambiente real de trabalho (Chan, *et al.*, 2011). Estes dados, vêm ao encontro de outro trabalho desenvolvido no Japão, onde foi referido que a maioria dos trabalhadores que sofrem transtorno devido ao calor no verão são os que trabalham ao ar livre, onde sobressaem os da construção e os controladores de tráfico (Inaba & Mirbod, 2007).

Também em Taiwan foram identificados como em risco os operários que trabalham em ambientes quentes ao ar livre, e que incluem os trabalhadores da construção civil (estradas e telhados), agricultura, pesca, e transporte de materiais (tais como distribuidores dos correios postais e policia de trânsito). Estes podem sofrer de stresse térmico ocupacional com reflexo na saúde e produtividade. Esses trabalhadores são uma população de alto risco potencial porque têm que trabalhar sob condições severas de ambiente térmico durante verão, as quais duram mais de cinco meses. Estes trabalhadores contribuíram com cerca de 3,4% do PIB real de Taiwan em 2008. No entanto, o efeito do calor sobre a saúde destes trabalhadores e, consequentemente, na sua capacidade de produção de trabalho é um problema importante de saúde pública em Taiwan (Lin & Chan, 2009).

No entanto, em climas menos agressivos como em Espanha, estão registados oficialmente, no sector da construção, acidentes mortais com origem no stresse térmico. A sua causa é atribuída à má organização e prevenção no trabalho. No período de 1990 e 2000, foi avaliado em 0,1% o número de acidentes na indústria da construção devidos à exposição a temperaturas elevadas, no entanto, se o foco forem os acidentes fatais, os que têm origem na exposição à altas temperaturas atingem o dobro desse valor, 0,2%. Infelizmente, essas mortes não ocorrem só neste sector, mas também em trabalhos que exigem ou geram grande quantidade de calor, como na indústria de ferro e aço, vidro e fornos em geral, e em atividades que exijam esforço físico extenuante, como a agricultura (Alonso, Ferre, Ortega, & Hermosilla, 2011).

Um projeto de construção é considerado bem-sucedido se for concluído no prazo estipulado e a custos inicialmente previstos. Considerando os vários elementos de custo, não há consenso geral entre os estimadores que o elemento de maior variabilidade é o custo do trabalho, que é uma função de duas variáveis, ou seja, o custo unitário do tempo de trabalho e a produtividade. A produtividade é a mais sujeita a variabilidade devido a sua dependência de vários fatores, incluindo as variações térmicas do ambiente. Por isso, uma adequada avaliação do efeito do ambiente térmico na produtividade do trabalho é aconselhável e necessária para estimar os custos da construção e elaborar o cronograma ou quantificar danos resultantes de perdas de produtividade. Ao contrário da maioria das indústrias de manufatura, a construção ocorre geralmente em área aberta e, portanto, tem a influência direta do ambiente físico, incluindo o ambiente térmico e, por isso, das suas quatro principais variáveis: temperatura do ar, humidade relativa, velocidade do vento e a temperatura média radiante (Mohamed & Srinavin, 2005)

Os trabalhadores da construção civil têm que executar tarefas exigentes com elevados e vários tipos de esforços, posturas não naturais, ações altamente repetitivas e gasto energético excessivo.

É um trabalho fisicamente exigente que combina exposição a altas temperaturas e humidades, radiação solar, pouca ventilação o que podem aumentar ainda mais o stresse físico dos trabalhadores durante a sua jornada diária. Os trabalhadores da construção civil estão expostos ao stresse térmico não só num trabalho fisicamente exigente ao ar livre, mas também em espaços fechados, o que pode ser ainda mais condicionante. Tudo isto não só resulta em cansaço e desgaste físico, mas leva, também, a uma perda de produtividade (Yi & Chan, 2013).

2.4 Efeito do Ambiente Térmico Sobre o Homem

Quando as condições do ambiente térmico se elevam para além do limite do conforto, aparecem estados sucessivos de mal-estar psicológico que vão desde de um incómodo a uma redução apreciável do rendimento de tarefas que exigem habilidade manual. Com a exposição ao calor em demasia, aparece uma clara diminuição de capacidade de trabalho, mal-estar fisiológico, sobrecarga do coração e aparelho circulatório e desequilíbrio no balanço de água e sais do organismo (Miguel, 2012).

O stresse térmico tem causado mortes lamentáveis e evitáveis por todo o mundo. É, por isso, perigoso para os trabalhadores da construção, em particular em situações de climas quentes e húmidos. Colocação das armaduras do betão (armado) é uma das tarefas da construção que exige muito esforço e demorado. Infelizmente foi relatado que 10% dos trabalhadores das armaduras em Hong Kong sofreu de insolação e um trabalhador morreu por essa causa numa das obras no verão de 2009. Portanto, o stresse térmico pode ameaçar seriamente a saúde e segurança desses trabalhadores. Para garantir a saúde e segurança do pessoal que trabalha em locais de clima quente é urgente e necessária mais investigação sobre as respostas fisiológicas dos trabalhadores sob stresse devido ao calor (Chan, Yam, Chung, & Yi, 2012).

Os transtornos mais comuns causados pelo calor são: síncope (desmaio), exaustão pelo calor e golpe de calor. O golpe de calor é uma resposta inflamatória sistémica com uma temperatura interna superior a 40,6 °C e manifestações clínicas associadas por alterações do estado mental (ansiedade, confusão, comportamento excêntrico, perda de coordenação, alucinações, agitação, convulsões e muitas vezes induz ao coma). Além disso, é na maioria das vezes acompanhada de sintomas agudos que são frequentemente um indicador precoce. O problema é de tal modo grave em alguns pontos do globo, como por exemplo em Hong Kong que já em 2004 o Ministério do Trabalho desse território publicou notas de orientação sobre Riscos e Saúde no Trabalho da Construção tendo em atenção este fator (Chan, *et al.*, 2011).

Trabalhar um longo período de tempo exposto a temperatura e humidade elevadas aumenta a carga de trabalho ou o risco stresse térmico. Quando isto acontece, o calor acumulado no organismo pode prejudicar o desempenho do trabalhador aumentando, como já foi dito, o risco de acidentes, doença e até mesmo de morte. O corpo tenta manter uma temperatura interna estável, através da formação de suor e evaporação. Se durante a exposição ao calor, não for possível manter a temperatura interna entre valores adequados o organismo é afetado. Até mesmo uma forma leve de stresse térmico pode causar irritabilidade. O stresse por calor é um perigo muitas vezes ignorado no local de trabalho (Inaba & Mirbod, 2007).

O calor ambiental influencia consideravelmente os sistemas cardiovascular e termorregulação de trabalhadores que desempenham funções pesadas. De acordo com Alonso (2011) citando Maiti (2008) os valores registados na avaliação da carga de trabalho na indústria da construção da

Índia, tanto de carga física como de stresse de temperatura excederam os valores limite recomendados pelas diretrizes de saúde. Nestas circunstâncias, os trabalhadores de construção sentiram que o desempenho das suas tarefas foi influenciado não só pela carga física, mas também pelo impacto do ambiente, de modo que uma maior temperatura ambiental reduz a eficiência e aumenta o potencial para acidentes. Ainda segundo o mesmo autor, foram encontrados resultados semelhantes sobre o stresse térmico em sectores de produção diversos, incluindo a construção, na Tanzânia. Em ambientes de trabalho com altas temperaturas, a atenção e o estado de consciência dos trabalhadores diminuiu, alterando eficácia do trabalho e segurança do trabalhador. Em Espanha os trabalhadores da construção de estufas estão sujeitos a um nível de risco alto ou muito alto de stresse térmico, de Junho a Setembro, durante grande parte do dia do trabalho, particularmente das 09h00 às 18h00. Para controlar este risco, recomenda-se o regime trabalho-descanso, aplicação da legislação sobre saúde e segurança do trabalho e por políticas de prevenção com base na formação e informação dos trabalhadores, bem como de empregadores. Além disso, os trabalhadores devem proteger-se através da aplicação de protetor solares durante todo o período de Junho a Setembro (Alonso, Ferre, Ortega, & Hermosilla, 2011).

Em ambientes de trabalho leve o organismo liberta calor metabólico para o meio ambiente por radiação e convecção através da pele. No entanto, quando o trabalho se torna mais pesado, ou em ambientes mais quentes, torna-se cada vez mais dependentes do arrefecimento evaporativo, e cada vez mais vulneráveis a qualquer fator que impeça a evaporação, nomeadamente vestuário, humidade elevada, ou falta de movimento de ar. A evaporação do suor permite às pessoas saudáveis lidar sem efeitos nocivos ou desconforto, mesmo a temperaturas de elevadas em saunas e 50°C em desertos, e com mais de 1 kw de calor metabólico em exercício extenuante. Mas quando a evaporação é muito restringida impedindo a dissipação das cargas de calor do ambiente, em seguida, o calor metabólico acumula-se no organismo. O aumento da temperatura do corpo aumenta tensões cardiovasculares com mais sangue bombeado para a pele, para segregação de suor adicional, o que acelera a desidratação. Nestas condições há uma aproximação do limite da tolerância ao calor. A circulação é sobrecarregada pelas tensões combinadas com o calor, o exercício, a postura ereta e a desidratação. Como consequência surge uma sensação de fraqueza, tonturas, descoordenação, ou doença. Se os limites forem excedidos de forma prolongada existe a possibilidade de sucumbir ao calor com um esgotamento ou golpe de calor (Budd, 2008).

Normalmente evitam-se esses efeitos adversos pelas respostas comportamentais. Sempre que a evaporação é limitada o suor não evaporado molha a pele e a roupa, causando desconforto que induz a ações para melhorar a evaporação. Geralmente soltando/desapertando roupas e procurando um lugar mais ventilado. Pode-se reduzir as cargas de calor ambiental e metabólico, procurando a sombra, trabalhando a um ritmo mais lento de modo a manter-se confortável. Pode-se ainda fazer pausas para recuperar ou refrescar sempre que haja necessidade. O ser humano faz isso tudo automaticamente, em resposta a estímulos subjetivos, tais como desconforto térmico ou tensão percebida, e, assim, mantém um equilíbrio entre as exigências da tarefa que está a realizar e a capacidade de lidar com as condições em que essa tarefa se realiza. Desta forma, os resultados do stresse imposto resultam em redução do desempenho, em vez de excessivas tensões. As respostas comportamentais podem proteger o trabalhador de um ambiente ameaçador, mesmo que a tolerância ao calor seja baixa. Sendo-lhes permitido reagir

naturalmente, as reações comportamentais dos trabalhadores atuam como uma defesa sensível e adequada contra efeitos adversos (Budd, 2008).

2.5 A Produtividade

Foi realizada uma meta-análise para resumir matematicamente o efeito de exposição da temperatura quente e frio sobre o performance. Os resultados indicaram que a exposição a temperaturas quentes teve um efeito negativo sobre o desempenho de uma variedade de diferentes tipos de funções. Mais especificamente, as temperaturas quentes de 90°F (32.22°C) índice de *Wet Bulb Globe Temperature*. As tarefas de atenção e de percepção foram as mais afetadas (Pilcher, Nadler, & Busch, 2002). A produtividade é um dos indicadores de desempenho mais utilizados para avaliar o sucesso de um projeto de construção. A construção é uma indústria de mão-de-obra intensiva, pode-se argumentar que a mão-de-obra é um recurso produtivo dominante, assim a produtividade da construção é principalmente dependente da performance e do esforço humano. A utilização do tempo de trabalho reflete a presença de "restrições impostas organizacionais" que impedem a sua melhoria. A percentagem de tempo gasto em atividades de trabalho direto é um ótimo indicador de produtividade, bem como um preditor útil de um modelo de projeção. Assim sendo, Yi & Chan (2013) definiram o tempo total gasto na produção real, (t_i) representado na equação Eq 1, como um parâmetro para medir a produtividade e a equação Eq 2 representa o tempo médio gasto (Yi & Chan, 2013).

$$t_i(h) = \sum_{j=0}^{n_{ir}} HTT_{ij} + T_{iw} \quad \text{Eq 1}$$

$$\bar{t}_i(h) = \frac{1}{m} \sum_{i=0}^m t_i \quad \text{Eq 2}$$

Onde: HTT_{ij} - duração de trabalho j até a exaustão do trabalhador no cenário i; n_{ir} - número de pausas para cenário i; T_{iw} - duração do último trabalho até as 12h00 ou até as 17h00 no cenário i; m- número dos vários cenários.

Para Donn E. Hancher (1998) a produtividade da construção em climas quentes é difícil de avaliar. O clima quente afeta a indústria da construção em três principais fatores: humano, económico e a qualidade do trabalho realizado. O efeito do tempo quente no fator humano é a principal razão para a redução da produtividade. Da mesma forma, provoca má qualidade do trabalho, quando comparado com o trabalho realizado em temperaturas moderada. Trabalhar em clima muito quente tem efeitos sobre os trabalhadores da construção, nomeadamente na redução da sua eficácia, e muitas vezes em atrasos do cronograma. Têm sido desenvolvidos muitos índices para estudar o efeito do calor sobre os trabalhadores e da sua produtividade. Estes índices preveem a tensão provocada pelo calor excessivo que resulta do ambiente quente, são eles: temperatura efetiva e a temperatura efetiva corrigida, taxa de suor previsto, índice de stresse de calor e o *Wet Bulb Globe Temperature* (WBGT). Este último é comum na construção. Um dos modelos do cálculo da produtividade representada nas equações Eq 3 e 4 foi desenvolvido pelo *US Army Corps of Engineers*, depois de medir a produtividade de diversos trabalhadores trabalhando em diferentes temperaturas em 46 países. A correlação de fatores foi desenvolvida

para cada país (Figura 3 e Figura 4) O modelo depende do índice do WBGT (Hancher & Elkhalek, 1998).

Climatic Labor Productivity Factors

NORTHERN GROUP		
	MEAN	MULTIPLE
ZONE 1-UNITED KINGDOM	0.92	1.08
England	0.93	1.08
Ireland	0.92	1.09
Scotland	0.92	1.09
ZONE 2-NORTHERN EUROPE	0.91	1.10
Luxembourg	0.92	1.09
Netherlands	0.92	1.09
Belgium	0.91	1.10
Germany	0.91	1.10
Sweden	0.90	1.11
Norway	0.89	1.12
Denmark	0.91	1.10
ZONE 3-SOUTHERN EUROPE	0.92	1.09
Spain	0.92	1.09
Portugal	0.92	1.09
France	0.92	1.09
Italy	0.94	1.06
Switzerland	0.92	1.09
Austria	0.92	1.09
Turkey	0.93	1.08
Greece	0.88	1.14
ZONE 4-MIDDLE EAST	0.84	1.18
Egypt	0.84	1.19
Saudi Arabia	0.81	1.23
Oman	0.84	1.19
Kuwait	0.82	1.22
Israel	0.88	1.14
Lebanon	0.89	1.12
Pakistan	0.82	1.22
ZONE 5-FAR EAST	0.91	1.10
Korea	0.89	1.12
Japan	0.92	1.09
Taiwan	0.91	1.10

Figura 3-Factor de produtividade dos Países do grupo do norte ²

$$P = 0.000048WBGT + 0.0081WBGT + 0.6875 \quad (\text{Eq 3})$$

$$WBGT \leq 60^{\circ}F$$

$$P = 2.2 \log_e WBGT - 0.0366WBGT - 5.8116 \quad (\text{Eq 4})$$

$$WBGT \geq 60^{\circ}F$$

Onde a produtividade é dada pela equação Eq 5

$$P = (\text{Produtividade a qualquer temperatura}) / (\text{produtividade a } 60^{\circ}F) \quad (\text{Eq 5})$$

² Fonte: (Hancher & Elkhalek, 1998)

SOUTHERN GROUP		MEAN	MULTIPLE
ZONE 1		0.89	1.12
	Costa Rica	0.89	1.12
	El Salvador	0.89	1.12
	Guatemala	0.90	1.11
	Honduras	0.89	1.12
	Mexico	0.88	1.14
ZONE 2		0.83	1.20
	Colombia	0.83	1.20
	Ecuador	0.90	1.11
	Panama	0.79	1.27
	Venezuela	0.80	1.25
ZONE 3		0.90	1.11
	Brazil	0.87	1.15
	Bolivia	0.90	1.11
	Chile	0.90	1.11
	Paraguay	0.91	1.10
	Peru	0.91	1.10
	Uruguay	0.92	1.09
ZONE 4		0.88	1.14
	Dominican Repub	0.87	1.15
	Haiti	0.91	1.10
	Jamaica	0.84	1.14

Figura 4- Factor de produtividade dos Países do grupo do sul³

Para Korb Srinavin, e Sherif Mohamed (2003) apesar de amplamente utilizado devido a sua simplicidade, o índice *WBGT* não dá conta da natureza da tarefa executada, ou seja, do esforço humano colocado na tarefa. Apesar de realista, este modelo de produtividade pode ser criticada por só dar o seu melhor resultado no ambiente térmico quente. Isto é porque o índice *WBGT* não é aplicável à avaliação do stresse de calor perto da zona de conforto. Também não considera o efeito sensação do vestuário sobre a do trabalhador no ambiente térmico. A roupa é um dos fatores dominantes afetando a transferência de calor entre o corpo e o ambiente. Por isso existe uma necessidade para um modelo de ambiente de produtividade térmica que possa ser usado para estimar a mudança na produtividade dos trabalhadores, devido a variações no ambiente térmico, com um elevado grau de precisão.

O modelo *PMV* (*predicted mean vote*) Produtividade, que tem o potencial de superar as falhas do *WBGT*, uma vez que leva em consideração: todos os quatro parâmetros básicos térmicos (ou seja, temperatura do ar, humidade relativa, temperatura radiante e velocidade do vento), a natureza da tarefa e o vestuário do trabalhador. O modelo *PMV*-Produtividade é baseado na análise dos efeitos do ambiente térmico sobre o trabalhador ao executar uma determinada tarefa. Tendo em conta as suas respostas fisiológicas e psicológicas a mudanças térmicas, como o equilíbrio da transferência de calor entre o corpo humano e o ambiente circundante (primeira lei da termodinâmica) (Srinavin & Mohamed, 2003).

³ Fonte: (Hancher & Elkhalek, 1998)

Segundo Sherif Mohamed e Korb Srinavin (2005) as variações térmicas ambientais afetam a eficiência do trabalho e reduz sua produtividade. Relatam que muitos pesquisadores tentaram modelar matematicamente os impactos das variações do ambiente térmico na produtividade, mas ignoraram uma série de variáveis que podem afetar a sensação térmica e consequentemente, a produtividade. Efetuaram ainda um estudo onde se adotou uma abordagem mais racional e realista para simular o impacto do ambiente térmico na produtividade, e introduziram um novo modelo de regressão que reflete a relação entre o índice de conforto térmico *PMV* e a produtividade.

Para relacionar o *PMV* com a produtividade foi necessária uma grande quantidade de dados. Assim, através do estudo de trabalhos anteriormente publicados, foram obtidos duzentos conjuntos de dados, relativos a sete tarefas de construção distintas (escavação manual, elevação de aço, trabalho de pedreiro, de eletricista, de carpintaria e manuseamento de equipamentos).

Os valores do *PMV* são correlacionados com a produtividade por meio de uma técnica de análise de regressão polinomial que resulta em três diferentes modelos de regressão matemáticos, equações Eq 6, 7 e 8, para prever a produtividade em tarefas de construção leve, moderada e pesada, respectivamente.

$$PL = 102 - 0.80PMV - 1.84 PMV^2 \quad \text{Eq 6}$$

$$PM = 102 + 1.19 PMV - 2.17 PMV^2 \quad \text{Eq 7}$$

$$PH = 83 + 21.64 PMV - 9.53 (PMV)^2 + 0.91 (PMV)^3 \quad \text{Eq 8}$$

Onde:

PL - produtividade em tarefas de construção leve

PM - produtividade em tarefas de construção moderada

PH - produtividade em tarefas de construção pesada

A produtividade máxima obtida a partir das três equações não deverá ultrapassar os 100%. O coeficiente de determinação (R^2) obtido a partir da regressão foi respectivamente 0.97, 0.95 e 0.95. Estes valores indicam que os modelos obtidos são robustos e que podem explicar mais de 90% da variabilidade da produtividade causada pelo ambiente térmico. Este fator de correlação é relativamente elevado, considerando que a produtividade na construção é afetada por diversos fatores tais como: mau planeamento, falta de material, motivação, etc. A combinação das três equações numa só conduziu a um valor de R^2 bastante inferior devido à sensibilidade do ritmo metabólico para a natureza da tarefa a ser executada (Mohamed & Srinavin, 2005).

O governo chinês põe ênfase no trabalho e ambiente térmico do ponto de vista da saúde humana. “Padrões provisórios de higiene na concepção das empresas industriais” proposto e promulgada pelo Ministério da Saúde, em 2002. Padrão da classificação da alta temperatura de trabalho define os graus de alta temperatura de trabalho de acordo com o tempo de trabalho *WBGT* que é o principal indicador para avaliar a intensidade térmica do ambiente de trabalho com base na ISO 7243. A variabilidade é fator-chave no comportamento da produtividade do trabalho de construção. Reconhece-se que o ambiente térmico afeta a eficiência do trabalho e pode reduzir sua produtividade (Zhao, Zhu, & Lu, 2009).

Ao longo dos anos, várias tentativas têm sido feitas para estabelecer modelos matemáticos que refletem a relação entre o ambiente térmico e da produtividade do trabalho de construção. Uma

vez estabelecidos, os modelos foram usados para prever a mudança na produtividade devido às variações do ambiente térmico. Koehn e Brown (1985) investigaram e usando uma ampla gama de dados de produtividade publicados para obter duas relações não-lineares relativas à produtividade com temperatura do ar e umidade relativa. Enquanto Thomas e Yiakoumis (1987) recolheram dados de uma série de projetos comerciais e utilizaram uma técnica de análise de regressão múltipla para obter a relação. O Hancher e Abd-Elkhalek (1998) utilizaram o índice térmico *WBGT*, para avaliar o efeito combinado do calor sobre a resposta fisiológica e sensorial do corpo humano e o Sherif Mohamedand e Korb Srinavin (2005) construíram um modelo de regressão que reflete a relação entre o índice de conforto térmico (*PMV*) e produtividade. Os modelos, no entanto, não conseguiram demonstrar com precisão o desempenho da produtividade em ambiente quente e húmido, considerando corpo humano limite de tolerância ao calor (Zhao, Zhu, & Lu, 2009).

Jing Zhao, Neng Zhu, e Shilei Lu (2009) propõem um modelo matemático para a produtividade com base na experiência do tempo de tolerância ao calor em ambiente quente e húmido, utilizando a ferramenta da análise de regressão (em EXCEL) para três condições de intensidade de trabalho físico (pesado, médio e leve). Este modelo ajuda a determinar o tempo de trabalho seguro para os trabalhadores expostos a ambiente quente e húmido, de acordo com o ambiente térmico e intensidade do trabalho físico, e também prever o desempenho de produtividade de acordo com o ambiente térmico e intensidade do trabalho físico na faixa de tempo de tolerância de calor apresentado nas equações Eq 9 a Eq 11 (Zhao, Zhu, & Lu, 2009).

Trabalho físico pesado:

$$t_{htt} = 0.0519WBGT^3 - 5.6694WBGT^2 + 206.04WBGT - 2490.3$$

$$P = -0.5963t^2 + 0.9115t - 0.0676WBGT + 2.44; t \leq t_{htt} \quad \text{Eq 9}$$

Trabalho físico médio:

$$t_{htt} = 0.1508WBGT^3 - 16.0601WBGT^2 + 608.11WBGT - 7411.8$$

$$P = -0.364t^2 + 0.7476t - 0.05301WBGT + 2.09; t \leq t_{htt} \quad \text{Eq 10}$$

Trabalho físico leve:

$$t_{htt} = 0.0869WBGT^3 - 9.3769WBGT^2 + 336.24WBGT - 4004.5$$

$$P = -0.286t^2 + 0.6256t - 0.07WBGT + 2.94; t \leq t_{htt} \quad \text{Eq 11}$$

Onde t_{htt} (h) é tempo de tolerância ao calor; t (h) é tempo do trabalho; P (%) é produtividade

2.6 História de *Wet Bulb Globe Temperature (WBGT)*

O *WBGT* é atualmente o índice stresse térmico mais utilizado mas muitos dos seus utilizadores parecem não conhecer a sua história e as suas limitações. *WBGT* foi criado no início dos anos 50, para controlar a doença de calor nos campos de treinos das Forças Armadas dos Estados Unidos. A doença provocada pelo calor foi um problema sério ao longo dos anos 40 e 50 no Exército, Marinha e Corpo de Fuzileiros Navais nos EUA. Nos meados de ano 40, 198 soldados morreram de insolação nos campos de treinos uma incidência quatro vezes superior do que durante o

serviço ativo no exterior em climas tropicais e no deserto. A doença provocada pelo calor continuou a ser um problema depois da guerra. Cerca de 600 casos de doenças, no verão de 1952 (principalmente exaustão de calor) ocorreram no *Marine Corps Recruit Depot em Parris Island*, Carolina do Sul, e seis recrutas morreram de insolação entre 1951 e 1953 (Budd, 2008).

Entre 1947 e 1961, cientistas americanos iniciaram uma série de trabalhos de investigação ao tomarem conhecimento dos fatores complexos da doença de calor nos campos de treino, e implementaram medidas eficazes de prevenção. Estudos efetuados no Exército, analisando 157 dos 198 casos de calor fatais de insolação em campos de treinos entre 1942 e 1944, e identificando as combinações da temperatura e da humidade em que eles ocorreram. Supostamente com base nestes estudos e em experiência industrial, muitos campos instituíram regulamentos em ambientes quentes em que as atividades dos estagiários foram limitadas sempre que certos limites de temperatura e humidade foram atingidos ou ultrapassados. Temperatura efetiva (ET) foi utilizada pela primeira vez em alguns campos do exército em 1952, e WBGT em pelo menos nove campos de Exército em 1954.

Os Fuzileiros Navais dos EUA ao verificar a eficácia das medidas preventivas usadas em outros campos de treinos entre 1952 e 1954. A estas medidas juntaram roupa adequada ao calor e ingestão de água e sal, reduzindo assim a carga de calor.

Apesar destas medidas, redução da doença do calor foi pequena e os autores sugerem, que foi por causa da aplicação inadequada das medidas preventivas. Quando as medidas preventivas foram rigorosamente aplicadas em *Parris Island*, em 1954, houve muito menos casos de doença do calor do que nos últimos dois verões: a incidência por 10.000 estagiários por semana caiu de 53 em 1953 para menos de 10 em 1954, e para 12 em 1955. Mas a redução da doença causada pelo calor foi conseguida à custa de muitas horas programadas de exercícios (Budd, 2008).

O WBGT foi desenvolvido como um substituto para temperatura efetiva de radiação (ETR), e calculado a partir das leituras de três termómetros: de bolbo húmido (NWB), de globo (GT), e de bolbo seco (DB). “A ideia básica do WBGT é simples. GT responde à carga de calor do meio ambiente, enquanto NWB responde à facilidade ou não de evaporação. O calor radiante aquece GT a um nível acima DB enquanto o vento esfria para DB, consequentemente GT mede o efeito combinado do calor radiante, temperatura do ar e velocidade do vento. Da mesma forma, que a evaporação esfria NWB, a quantidade de refrigeração sendo aumentada por baixa humidade e pelo vento, enquanto o calor radiante aquece. Assim WBGT responde a todos os quatro elementos do ambiente térmico, mas não necessariamente da mesma maneira que o corpo humano, devido às diferenças no tamanho e forma.” (Budd, 2008).

O WBGT continua depois destes anos todos, um índice abrangente e importante na avaliação do stresse térmico. Seus principais pontos fortes são o sol e o vento dois componentes cruciais do clima exterior, bem como a temperatura e humidade do ar, e existem valores bem estabelecidos e limites para ajudar os usuários a interpretar leituras de WBGT em certos contextos militares e ocupacional.

Na prática, o WBGT é uma média ponderada de NWB e GT, complementados, quando exposto ao sol por DB. Os coeficientes de ponderação estão representados nas equações Eq 12 para locais exteriores com carga solar e Eq 13 para locais interiores ou exteriores sem carga solar. Especificações detalhadas são fornecidas na ISO 7243:1989.

Sua limitação mais grave é que não reflete adequadamente ao esforço adicional a experiência das pessoas quando a evaporação do suor é restrito por alta humidade ou quando o movimento do ar é baixo (resposta inadequada à humidade e ao movimento do ar) (Budd, 2008).

$$WGBT = 0.7NWB + 0.2GT + 0.1DB \quad \text{Eq 12}$$

$$WGBT = 0.7NWB + 0.3GT \quad \text{Eq 13}$$

NWB - temperatura natural do bolbo húmido.

GT - temperatura do globo.

DB - temperatura ambiente (bolbo seco).

3 OBJETIVOS, MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Objetivos da Dissertação

Esta dissertação consiste num trabalho de investigação que tem por objetivo quantificar a variação da produtividade na indústria da construção civil por influência do ambiente térmico existente em Cabo Verde mantendo a saúde e segurança do trabalho. Para reduzir o esforço fisiológico, bem como para melhorar a produtividade, a gestão dos ciclos de esforço e descanso deve ser adequada de forma eficaz.

Objetivos secundários desta dissertação:

- Desenhar os ensaios na câmara climática de modo a simular o ambiente térmico e a atividade metabólica em condições similares às de Cabo Verde;
- Efetuar ensaios para diferentes condições ambientais e de trabalho;
- Correlacionar a variação dos parâmetros fisiológicos com a carga térmica;
- Verificar a evolução da produtividade para cada uma das condições estipuladas.

3.2 Materiais e Métodos

A pesquisa bibliográfica, permitiu identificar os materiais necessários e preparar uma metodologia adequada aos objetivos pré-estabelecidos.

Foram realizados os ensaios para a obtenção de dados, bem como a interpretação dos seus resultados. Nos subparágrafos seguintes, fazem-se descrições sucintas de cada etapa percorrida, com a esquematização gráfica global do caminho traçado na Figura 5. A partir deste ponto, o trabalho pode ser sintetizado da seguinte forma:

- Atualização da pesquisa bibliográfica ao longo de todo o trabalho com a recolha de informação adicional relevante
- Componente prática experimental que consiste na aquisição, ensaios e tratamento de dados;
- Análise e discussão dos resultados;
- Considerações finais, discussão dos contributos da dissertação, assim como dos objetivos alcançados.

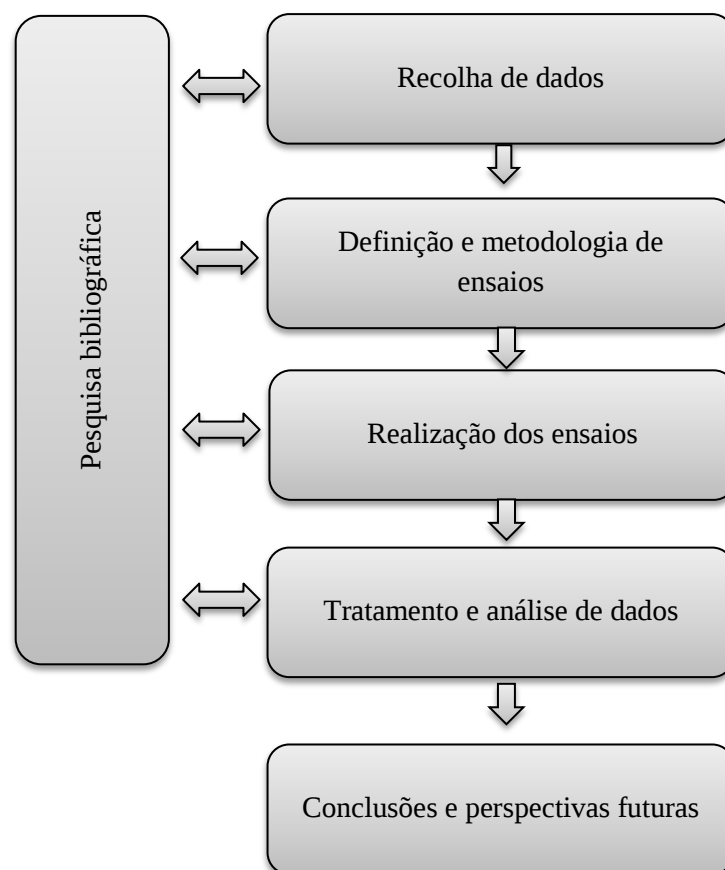


Figura 5-Esquema gráfico do caminho traçado

3.2.1 Materiais a utilizar: Equipamentos

No decorrer da dissertação, prevê-se a utilização de uma série de materiais com a finalidade de medir e realizar estudos em ambiente simulado em laboratório, com a utilização de uma Câmara climática, como pode ser observado na Tabela 2.

A câmara FitoClima 25000 EC20 (3,60 m x 3,20 m x 2,40 m) instalada no laboratório de Prevenção de Riscos Ocupacionais e Ambientais (PROA) da Faculdade de Engenharia de Universidade do Porto (F403) tem a função de efetuar testes em condições climáticas de temperatura, humidade, CO₂ e O₂ controladas, sendo estes dois últimos parâmetros controlados dentro dos limites legais definidos (5000 ppm de CO₂ e 21% O₂). A sua capacidade útil é de, aproximadamente 25.000 litros. Este equipamento permite a regulação e controlo das condições climáticas, alarmes e visualização em tempo real das variáveis de processo.

No interior da Câmara encontra-se uma Passadeira Ergométrica ilustrada na Figura 6 que foi utilizada para simular a atividade metabólica da indústria da construção em Cabo Verde em duas condições atmosférica extremas de temperatura e humidade.

Tabela 2- Equipamentos e Materiais utilizados

Equipamentos e materiais	Indicadores a ser medidos
Câmara Climática Fito Clima 25000	Temperatura e Humidade do ar
Passadeira Ergométrica	Atividade metabólica (simulada)
Termopar: Monitor Flux 29	Temperatura da pele (t_{sk})
Termómetro ingerível: Equivital	Temperatura interna (T_c)
ECG- Eletrocardiógrafo	Frequência cardíaca (F_c)
Balança	Peso e altura
T-shirt e Calção	-



Figura 6- Passadeira ergométrica e o interior da Câmara.

O Termopar Monitor Flux 29 (Figura 7) foi utilizado para medir a temperatura da pele (t_{sk}) em oito pontos (testa, omoplata direita, tórax esquerdo superior, parte superior do braço direito, ponto médio do braço esquerdo, mão esquerda, parte frente da coxa direita e a barriga da perna esquerda), a temperatura média da pele ($\bar{T}_{sk}$) foi calculado através da ponderação de cada uma das temperaturas locais com um coeficiente (indicado na Tabela 3) correspondente à relação da área de superfície do corpo que representa cada ponto de medição como indica a Eq 14, de acordo com as especificações da Norma ISO 9886 de 2004. Na Figura 10 estão ilustrados e legendados estes oito pontos de colocação dos sensores de temperatura. Em ambientes quentes as temperaturas locais da pele tendem a homogeneizar de modo que o sistema de ponderação usando poucos pontos de medição pode ser usado com precisão (ISO 9886, 2004).

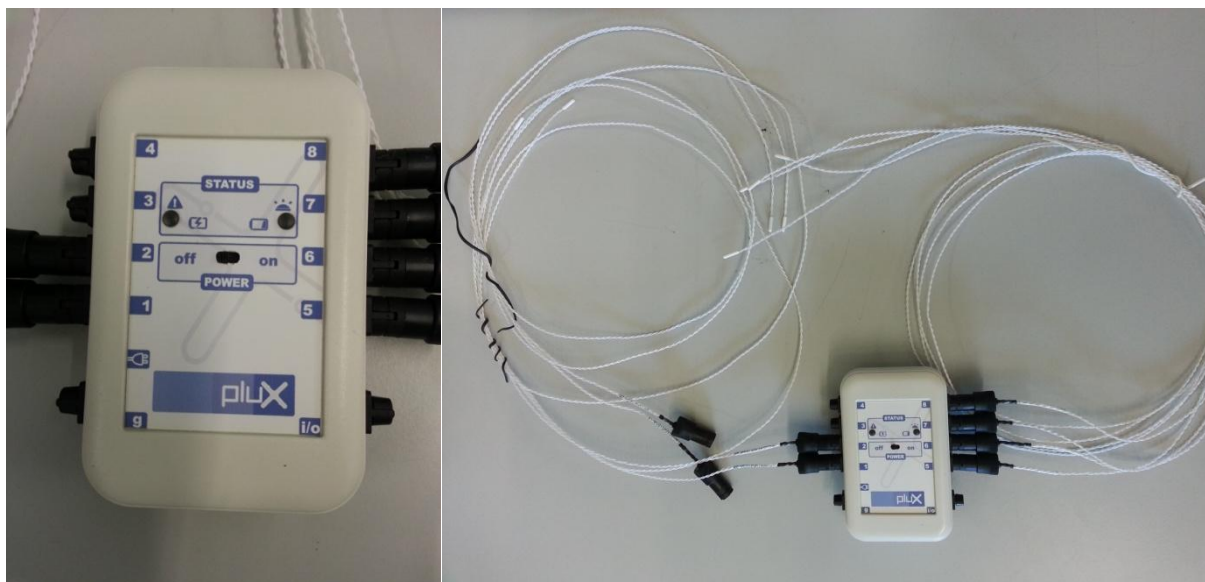


Figura 7- Termopar Monitor Plux 29

A temperatura interna (T_c) é determinada através da ingestão do Termómetro Ingerível (Figura 8), esta é ativada antes. Após ser engolido percorre todo o aparelho digestivo e tem capacidade para medir com precisão a temperatura interna durante a atividade física. A cápsula não representa nenhum perigo para o organismo, saindo naturalmente ao fim de 24 horas a 5 dias dependendo da variação gastrointestinal individual (McKenzie & Osgood, 2004). O dispositivo deve ser administrado pelo menos 8 horas antes do início do ensaio, de forma a permitir a progressão no tubo digestivo. A temperatura vai variando consoante a sua localização, a interpretação dependerá do tempo decorrido desde a ingestão do termómetro e da velocidade do tráfego gastrointestinal do indivíduo. À medida que o sensor progride para o interior do intestino, a temperatura característica aproxima da temperatura rectal, que é considerada o “*gold standard*” da medição da temperatura interna. A leitura e registo das temperaturas são conseguidos por um transmissor associado ao sensor. O sinal é recebido por recetor externo (Equivital) que está conectado num colete (Figura 9) e registado continuamente (ISO 9886, 2004).



Figura 8- Activador e o Termómetro Ingerível



Figura 9- Colete e o recetor externo

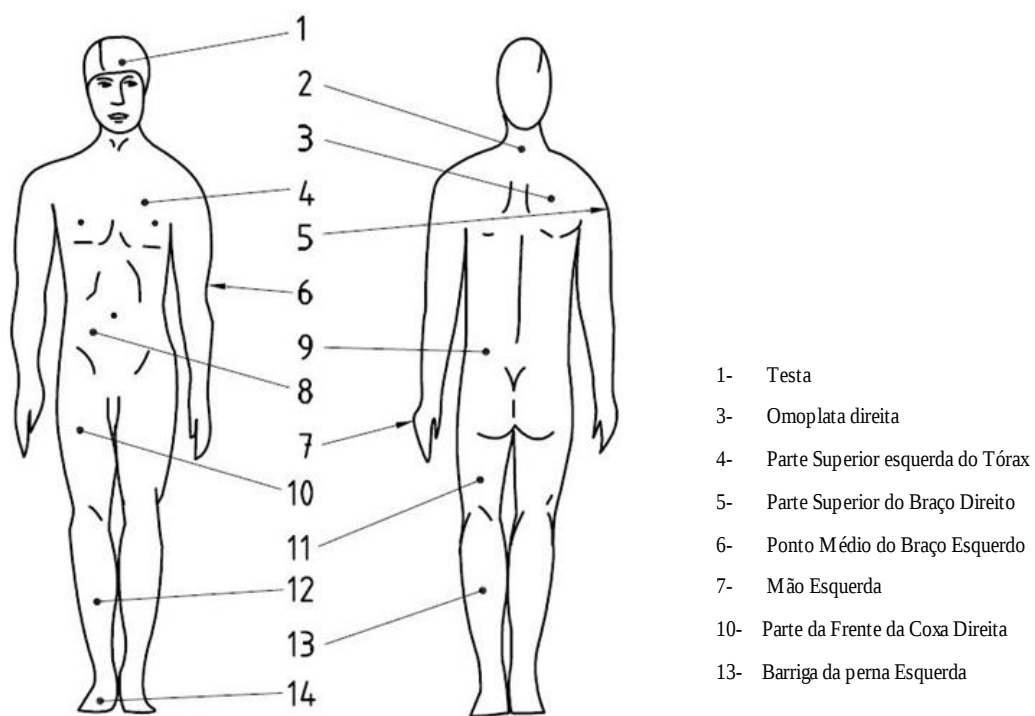


Figura 10 – Localização dos 8 pontos para estimativa da temperatura média da pele

Fonte: Adaptado da ISO 9886,2004

$$\bar{T}_{sk} = \sum k_i \times t_{ski}$$

Eq 14

Onde: k_i é o coeficiente de ponderação e t_{ski} é a temperatura da pele no ponto de medição i .

Tabela 3-Coeficientes de ponderação

Pontos	Gêmeo esquerdo	Mão esquerda	Braço p.inferior	Testa	Omoplata direita	Tórax esquerdo	Braço dto p.superior	Coxa dta frente
K-	0.2	0.05	0.07	0.07	0.175	0.175	0.07	0.19

Fonte: Adaptado da ISO 9886, 2004

A frequência cardíaca pode ser utilizada como índice de exposição ao calor. Efetivamente o calor provoca um aumento do débito sanguíneo e, conseqüentemente, da frequência cardíaca (Miguel, 2012).

A frequência cardíaca ($\text{batimentos} \cdot \text{min}^{-1}$) bpm durante um intervalo de tempo t é definida como $Fc = n/t$, onde n é o número de batimentos cardíacos durante esse intervalo de tempo. Este valor é contado em intervalos de um minuto (ISO 9886, 2004).

O método mais simples consiste em cronometrar um predeterminado número de pulsações no nível do radial ou da artéria carótida. Esta técnica manual exige a imobilização da pessoa e fornece apenas uma estimativa descontínua da frequência cardíaca (Fc). Os erros associados a este tipo de método são elevados, por isso deve ser dada preferência às técnicas de gravação do eletrocardiograma (ISO 9886, 2004). O sinal eletrocardiográfico é captado por elétrodos colocados adequadamente na pessoa de acordo com as dez derivações indicado na Figura 11. Os pontos I e H colocam-se na parte interior da perna direita e da perna esquerda. O ECG - _eletrocardiógrafo (Figura 12) é o equipamento que irá medir a Fc .

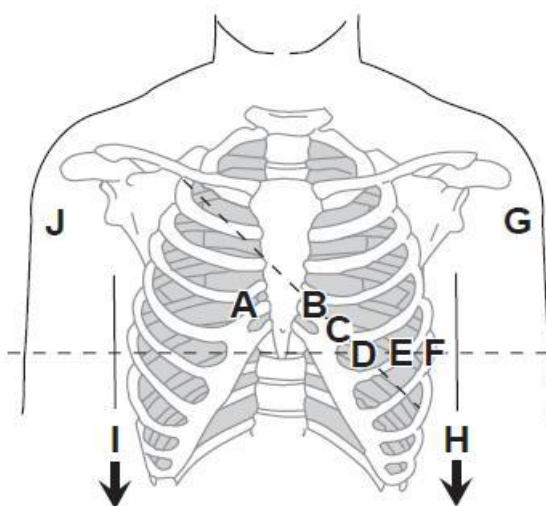


Figura 11- Pontos onde se colocam os elétrodos do ECG⁴

⁴ Fonte: MAC 5000 Resting ECG Analysis System Operator's Manual (2004)



Figura 12 - ECG_eletrocardiógrafo

3.2.2 Métodos

Foram realizados no total 9 ensaios com dois voluntários de 29 e 32 anos de idade do sexo masculino, para quantificar a produtividade dos trabalhadores na indústria da construção.

Na camara climática foram simuladas duas condições atmosférica que contemplam os valores extremos de temperatura e humidade registados pela central climática da cidade da Praia em 2011 que correspondem às situações limite de sensação térmica: $T_{max} = 32^{\circ}\text{C}$ a $H_r=40\%$ e $T_{min} = 20^{\circ}\text{C}$ a $H_r=80\%$. Estes valores foram escolhidos das medições de temperatura e humidade feitas nos dias 1 e 15 de cada mês ao longo do ano 2011 em diferentes horas do dia (07h00,12h00,14h00 e 16h00) representados nas Figura 13 e Figura 14, mas que compreende ao período do trabalho na construção. Pode verificar-se por simples análise dos gráficos das referidas figuras que as condições se mantêm praticamente constantes ao longo de todo o dia de trabalho, apenas divergindo na primeira leitura da manhã.

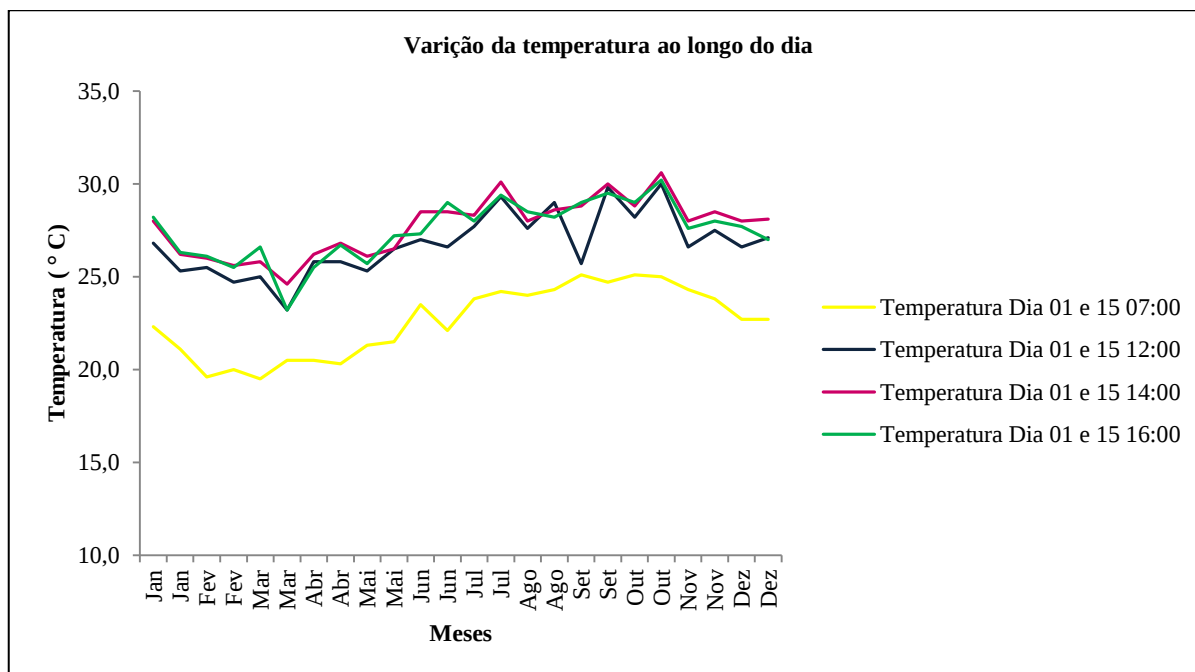


Figura 13- Varição da temperatura ao longo do dia, nos diferentes meses do ano.

Fonte: INMG-Delegação da Praia

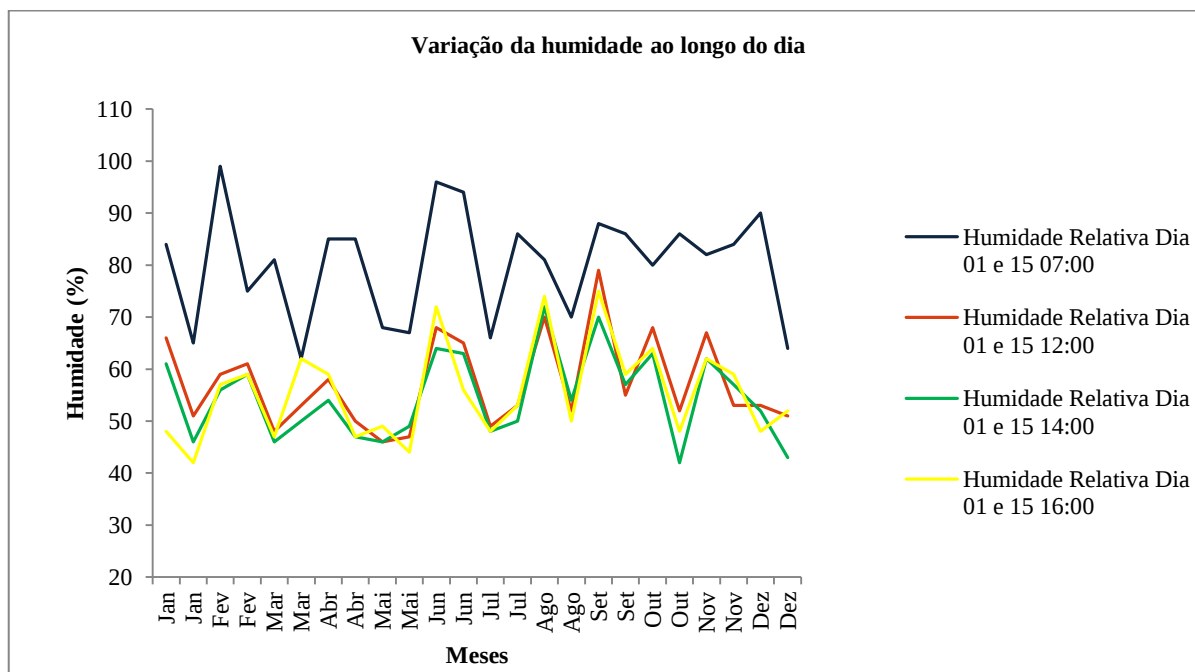


Figura 14-Varição da umidade ao longo do dia, nos diferentes meses do ano

Fonte: INMG-Delegação da Praia

Os níveis de metabolismo utilizados foram o moderado e o mais elevado referido pela norma ISO 8996 de 2004 como padrão de esforço físico na indústria em questão. Para trabalho leve foi utilizada a taxa metabólica moderada ($235 \text{ W} < M < 360 \text{ W}$) e, para trabalho pesado foi a taxa metabólica muito alta ($M > 465 \text{ W}$). A Tabela 4 apresenta essa classificação (ISO 8996, 2004).

Tabela 4-Classificação da taxa metabólica por categoria

Classe	Taxa metabólica (W.m ²)	Taxa metabólica (W) ⁵	Exemplos
0 (Descanso)	65 (55 a 70)	115 (100 a 125)	Descanso ou repouso
1 (Baixa Taxa metabólica)	100 (70 a 130)	180 (125 a 235)	Sentado: leve atividade manual, trabalho com mãos e braços ou braços e pernas; De pé: em bancadas, leve, caminhando levemente 2,5 km/h
2 (Moderada Taxa metabólica)	165 (130 a 200)	295 (235 a 360)	De pé: moderado trabalho de mãos e braços ou braços e perna; trabalho braço e tronco moderado (trabalho com martelo pneumático, reboco) Caminhar de 2,5-5,5 km/h
3 (Alta Taxa metabólica)	230 (200 a 260)	415 (360 a 465)	Trabalho intenso de braços e tronco; levando material pesado, pá, serrar, cavando; Caminhar de 5,5-7 km/h, puxar e empurrar cargas
4 (Muito alta Taxa metabólica)	290 (> 260)	520 (> 465)	Actividade muito intensa (trabalhar com machado, pá ou escavação, subir escadas, rampas Correr e caminhar a mais de 7 km/h

Fonte: adaptado da ISO 8996, 2004

A simulação do trabalho pesado foi efetuada na passarela com uma inclinação elevada. O cálculo da inclinação da rampa baseou-se na equação metabólica Eq 15 do *American College of Sports Medicine* (ACSM) que aconselha para indivíduos não-idosos saudáveis, uma intensidade de exercício entre 60 e 70% do consumo de oxigénio máximo estimado ($VO_{2max}E$) ou entre 70 e 85% da FC_{max} medida num teste de esforço (Rondon, *et al.*, 1998).

$$VO_2 = V \times [0.1 + (inclinação \div 100) \times 1.8] + 3.5 \quad \text{Eq 15}$$

Onde VO_2 (ml.kg⁻¹.min⁻¹) é volume do oxigénio consumido e V (m.min⁻¹) é a velocidade que é igual a 6,4 km.h⁻¹ (teste protocolo de caminhada).

Optou-se para uma inclinação de 7% na rampa a uma velocidade de 6km/h, para simular o trabalho pesado, com essa inclinação consegue-se um esforço equivalente a 7,4 METS (769,6 W) que corresponde a 26,1ml.kg⁻¹.min⁻¹ de VO_2 .

O trabalho pesado é definido como aquele que exige 6 a 8 vezes o consumo de oxigénio em repouso ou seja 6 a 8 METS (Sidney & Blumchen, 1990).

O equivalente metabólico da tarefa (MET) é um conceito fisiológico muito utilizado que é considerado ser um indicador simples para expressar o custo da energia das atividades físicas como um múltiplo da taxa metabólica de repouso e é definido como a quantidade de oxigénio consumida enquanto está sentado em repouso e é igual a 3,5 ml O₂.kg⁻¹.min⁻¹ (Byrne, Hills, Hunter, Weinsier, & Schutz, 2005).

⁵ Para uma área corporal de um adulto médio do sexo masculino 1.8 m².

MET é uma unidade utilizada para descrever a energia gerada no interior do corpo, devido à atividade metabólica, definida como 58 W.m^{-2} , que é igual à energia produzida por unidade de superfície de uma pessoa média equivale a 104 W de acordo com ASHRAE 55 (2004) (ASHRAE 55, 2004).

Durante o máximo esforço de caminhada ou corrida o volume do oxigénio (VO_2) consumido pelo corpo está relacionado com o grau e velocidade do exercício. O consumo de oxigénio é normalmente medido por calorimetria indireta e é considerado como o melhor indicador da função cardiovascular (Ruiz & Sherman, 1999).

O trabalho leve será a simulada a mesma velocidade (6 km) mas sem inclinação da rampa o que corresponde a 3,8 METS (395 W).

Foi feito um ensaio para cada condição climática e atividade segundo o esquema gráfico, representado na Figura 15 e repetidos três vezes para cada voluntário para trabalho pesado a alta temperatura e duas repetições para as outras condições, a fim de estudar as diferenças da resposta fisiológica individual. Os ensaios tiveram 3 a 5 ciclos, a duração de cada ciclo foi controlada por dois parâmetros, a temperatura interna ($T_{c_{\max}} \leq 39^\circ\text{C}$) e a frequência cardíaca ($F_{c_{\max}}=160 \text{ bpm}$) (ISO 9886, 2004). Esses valores respeitam os valores de limite fisiológico de tensão térmica recomendada pela norma ISO 9886 de 2004 apresentados na Tabela 5.

O ensaio é suspenso quando é atingido o primeiro dos valores máximos de T_c ou de F_c , ou caso nenhum dos critérios se verifique, em 20 minutos isto porque no organismo humano entre 20 a 30 minutos as respostas fisiológicas têm a tendência a estabilizar-se quando expostos a alterações graduais da taxa metabólica (Goto, Toftum, Dear, & Fanger, 2006). Nesse caso devem ser tomados nota dos valores de F_c ou de T_c , e retomar os ensaios quando os valores dos parâmetros forem:

- $T_c < 37.5$
- $F_c < 120 \text{ bpm}$ (próxima de F_c de repouso)

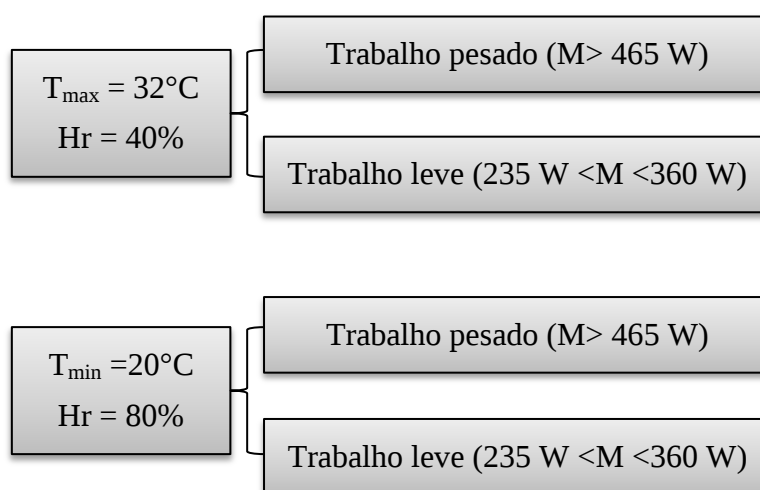


Figura 15- Esquema gráfico dos 4 ensaios

Tabela 5- Valores limite fisiológico de tensão térmica

Indicadores fisiológicos	Ambiente quente
Temperatura interna	38 °C ou aumento de 1 °C a partir da temperatura interna inicial; 38,5 °C ou aumento de 1,4 °C a partir da temperatura interna inicial – apenas se a temperatura esofágica e a frequência cardíaca forem continuamente monitorizadas; > 38,5 °C se o indivíduo estiver aclimatado, monitorização continua da frequência cardíaca e supervisionado por um médico ≥ 39 °C não é recomendado.
Frequência Cardíaca	20 batimentos.min⁻¹ – em ambiente de trabalho; 33 batimentos.min⁻¹ – em situação de tensão térmica por parte do indivíduo; Frequência Cardíaca Limite Continuada = 180-idade; Frequência Cardíaca Limite = 185-0,65 x idade; Em situação cujo limite máximo de temperatura interna (39°C) seja atingido, podem-se chegar os 60 batimentos. min⁻¹ – aplicável apenas com monitorização continua e supervisão médica

Fonte: Adaptado da ISO 9886,2004

3.2.3 Procedimento Geral de Ensaio

O estudo da resposta fisiológica sob diferentes condições de temperatura e humidade na indústria da construção exige um cuidadoso procedimento de ensaio, no sentido de que sejam garantidas as melhores condições para a sua realização com a minimização dos vieses e a melhor qualidade dos resultados. Para isso foi seguido, rigorosamente, o seguinte procedimento para a monitorização completa dos voluntários (Figura 16):

1. Receber o voluntário no laboratório.
2. Questionar o voluntário sobre qualquer dúvida.
3. Leitura e assinatura do consentimento informado (CI), se for a primeira vez que o voluntário comparece para o ensaio. O modelo deste consentimento encontra-se no anexo II.
4. Efetuar o questionário (Q1), a 1ª parte se for primeira vez que o voluntário comparece para os ensaios e a 2ª parte no início de todos os ensaios.
5. Registrar na ficha individual de ensaios (FIE) a temperatura e humidade do laboratório e no interior da camara (esta deve ser ligado algumas horas antes do ensaio), enquanto o voluntário lê o CI e/ou troca de roupa no balneário por um calção e t-shirt. Esta ficha está no anexo IV.
6. Registrar, o peso do voluntário na FIE, após este subir lentamente na balança onde deve colocar-se de pé de frente para o avaliador que se encontra de frente para balança (ele deve beber antes de ser pesado).
7. Registrar, na FIE a altura. O voluntário deve colocar-se em pé de costas para o avaliador, onde as costas, cabeça, nádegas, pernas e os calcanhares devem estar encostados à régua da balança.
8. Ativar o procedimento- ingestão de cápsulas, para medição da temperatura interna (T_c) ver o anexo III.

9. Colocar os sensores da pele de acordo com o procedimento - Colocação dos sensores temPlux ver o anexo III.
10. Colocar o ECG de acordo com o procedimento-, Colocação dos elétrodos ver o anexo III.
11. Instalar o voluntário na camara e na passarela, ligar o sensor Plux e conectar o ECG
12. Iniciar o ensaio.
13. Finalizar o ensaio após o tempo estipulado de acordo com as etapas estipulados no protocolo do teste de esforço.
14. Desligar o Plux e desconectar o ECG.
15. Sair da câmara.
16. Retirar os sensores colocados na pele, primeiro ECG de seguido o plux.
17. Pesar novamente o voluntário e registrar o valor na FIE.
18. Gravar os dados, do Plux, Equivital e do ECG.
19. Recolha de dados e registrar de acordo com o protocolo específico.

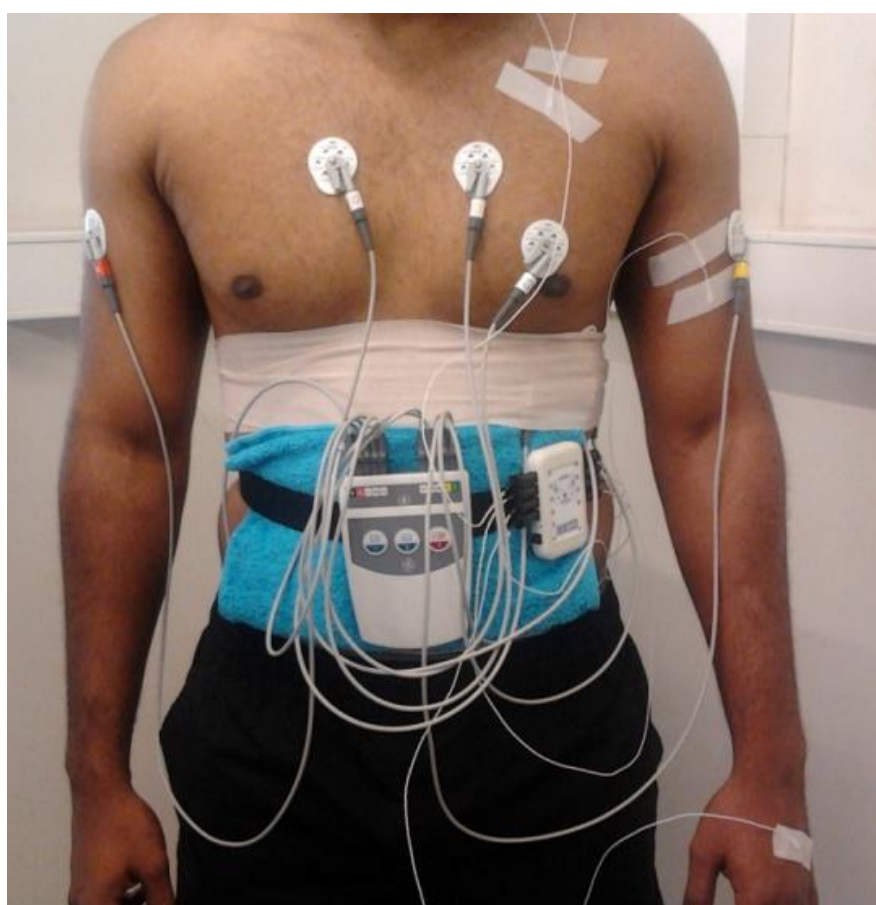


Figura 16 – Voluntário após colocação dos equipamentos de monitorização

O questionário (Q1) representado na Tabela 6 tem a finalidade de traçar o perfil completo do voluntário na primeira parte e a segunda parte do (que serão feitas antes de cada ensaio) questionário terá algumas informações que poderá influenciar de algum modo os resultados dos ensaios devido a reação fisiológica individual.

Tabela 6- Questionário (Q1)

Q1-1ª parte	Resposta
Nome?	
Data de nascimento?	
Altura?	
Peso?	
Profissão?	
Estilo de vida?	
Tem algum problema de saúde?	
Toma alguma medicação?	
Q1-2ª Parte	
Está ou esteve doente nos últimos dias?	
Quando é que teve a última folga?	
Tempo de trabalho e o horário nos últimos dias?	
Qual foi a sua última refeição?	

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análise dos resultados das atividades simuladas

De seguida são apresentadas as Figura 17 a 24 que ilustram gráficos com as variações dos parâmetros fisiológicos individual dos voluntários (v_1 e v_2), nas diferentes condições térmica e de trabalho.

O v_1 mede 188 cm de altura e pesa 105 ± 1 kg e Fc em repouso é de 84 bpm.

O v_2 mede 182 cm e pesa 88 ± 1 kg e Fc em repouso é de 91 bpm.

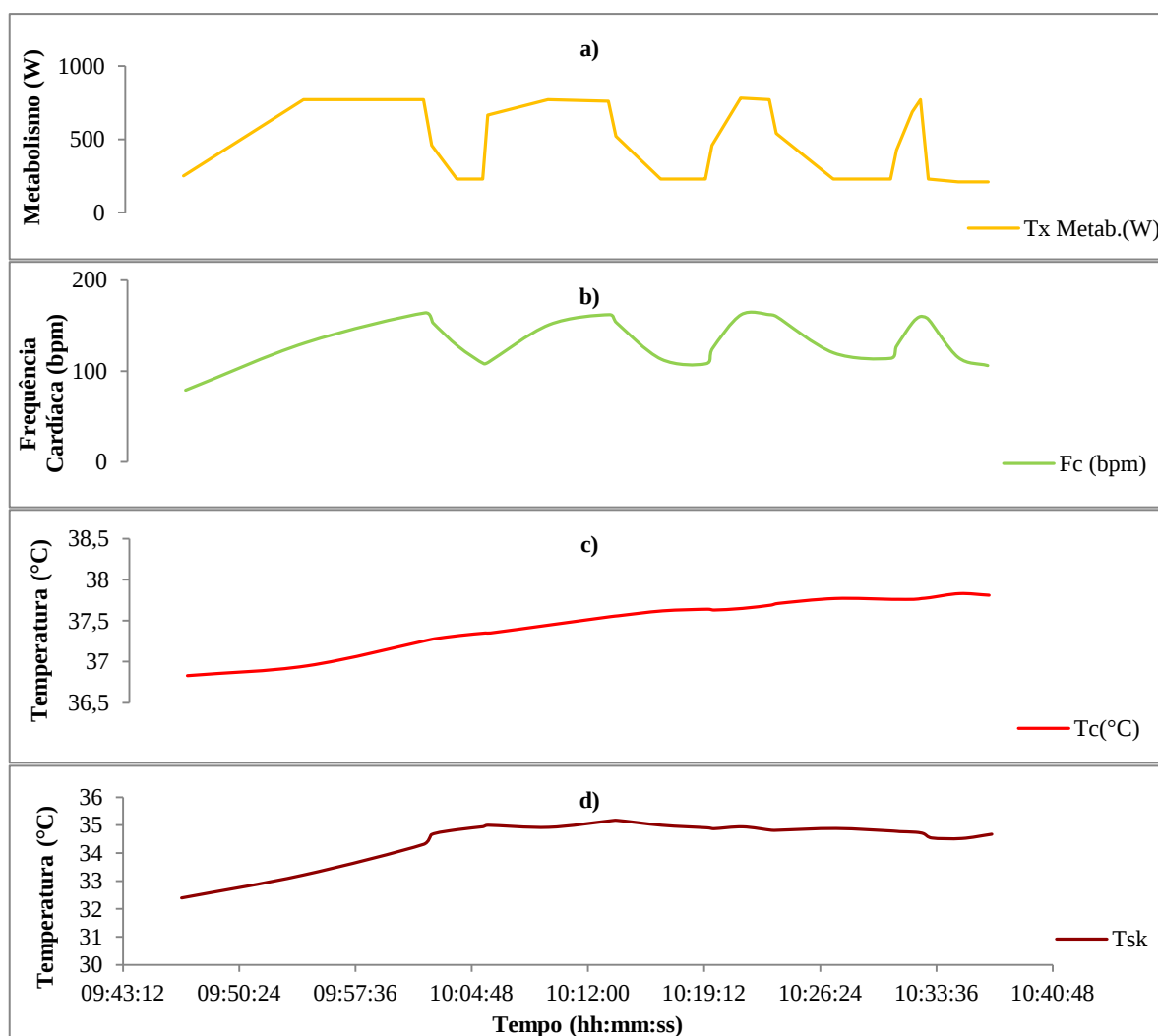


Figura 17- Resposta fisiológica do v_1 para trabalho pesado a 32 °C e 40% Hr

a)Taxa Metabólica; b) Frequência Cardíaca; c) Temperatura Interna; d) Temperatura média da pele.

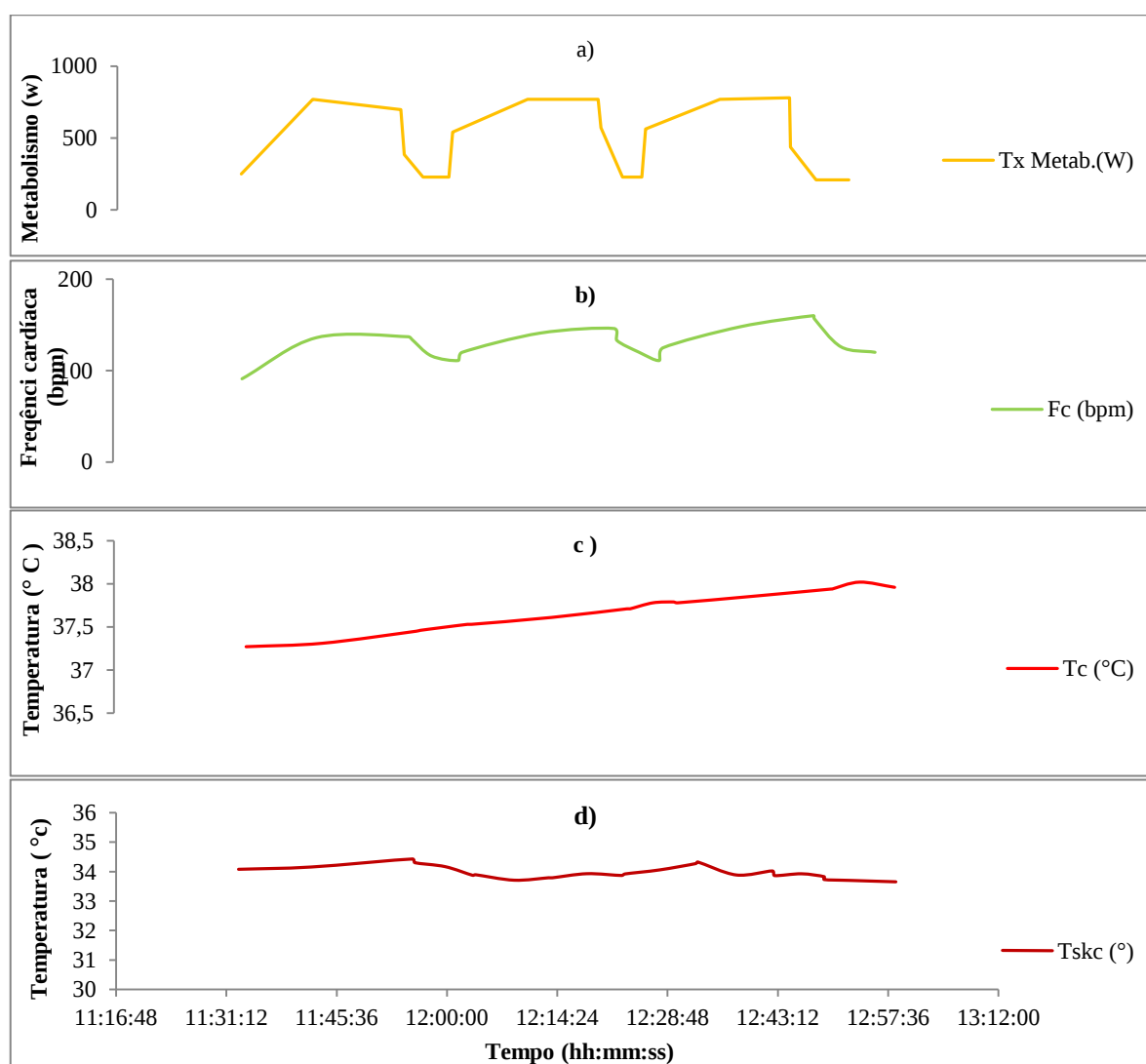


Figura 18- Resposta fisiológica do v_2 para trabalho pesado a 32 °C e 40% Hr

a)Taxa Metabólica; b) Frequência Cardíaca; c) Temperatura Interna; d) Temperatura média da pele.

Pela análise das Figura 17 e Figura 18, a atividade pesada a alta temperatura com o metabolismo (M) elevado aumentam a Fc , Tc e T_{sk} .

Quando a Fc máxima estipulada (160 bpm) é atingida inicia-se o período de descanso. No descanso diminui-se o M . Em consequência, a Fc diminui, mas a Tc continua aumentar com um ligeiro patamar e a T_{sk} inicia a sua estabilização. Ao terminar o descanso inicia o novo ciclo da atividade.

Comparando os resultados dos voluntários v_1 e v_2 (figura 17 e figura 18, respetivamente), nota-se que a Fc do v_1 atinge 160 bpm aos 14 min e 59 s enquanto no v_2 esse valor não é atingido passados 21 min e 29 s. A Fc não atinge os 160 bpm. A Tc do v_1 é inferior inicia nos 36,83°C e atinge os 37,81°C aos 50 min aproximadamente.

No v_2 , a Tc inicia nos 37,27°C e atinge os 38,02° cerca de 1 h e 19 min mais tarde.

A Tc dos dois voluntários aumentou cerca de um grau depois de aproximadamente 1 h de atividade.

A T_{sk} do v_1 aumenta até aos 15 min e 29 s onde começa a estabilizar. Estabiliza nos 34,9° C.

A do v_2 apresenta-se um valor estável nos 20 min iniciais diminuindo ligeiramente e mantendo-se praticamente estável até ao final do ensaio (34°C).

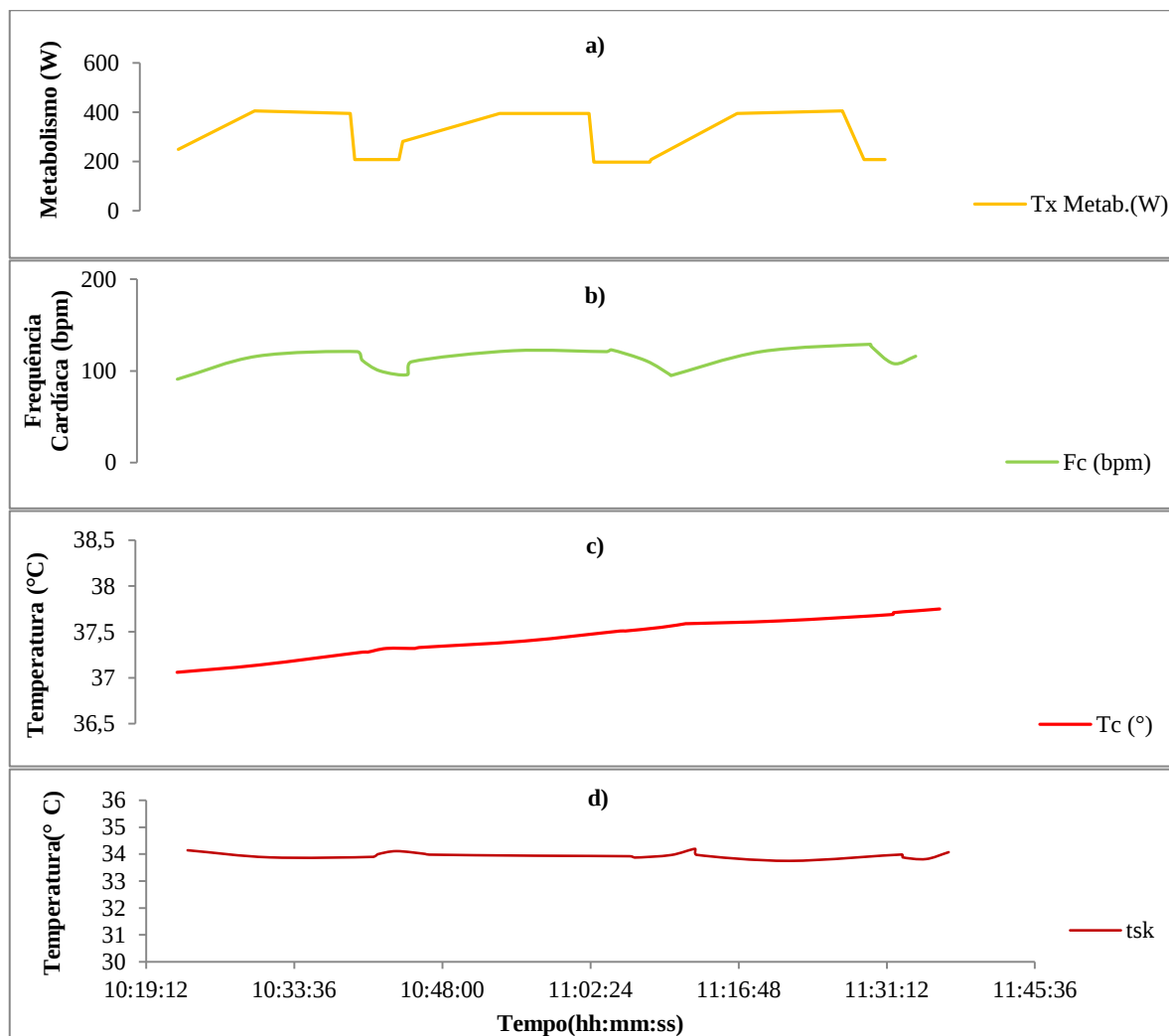


Figura 19- Resposta fisiológica do v_1 para trabalho leve a 32 °C e 40% Hr

a)Taxa Metabólica, b) Frequência Cardíaca, c) Temperatura Interna e d) Temperatura média da pele

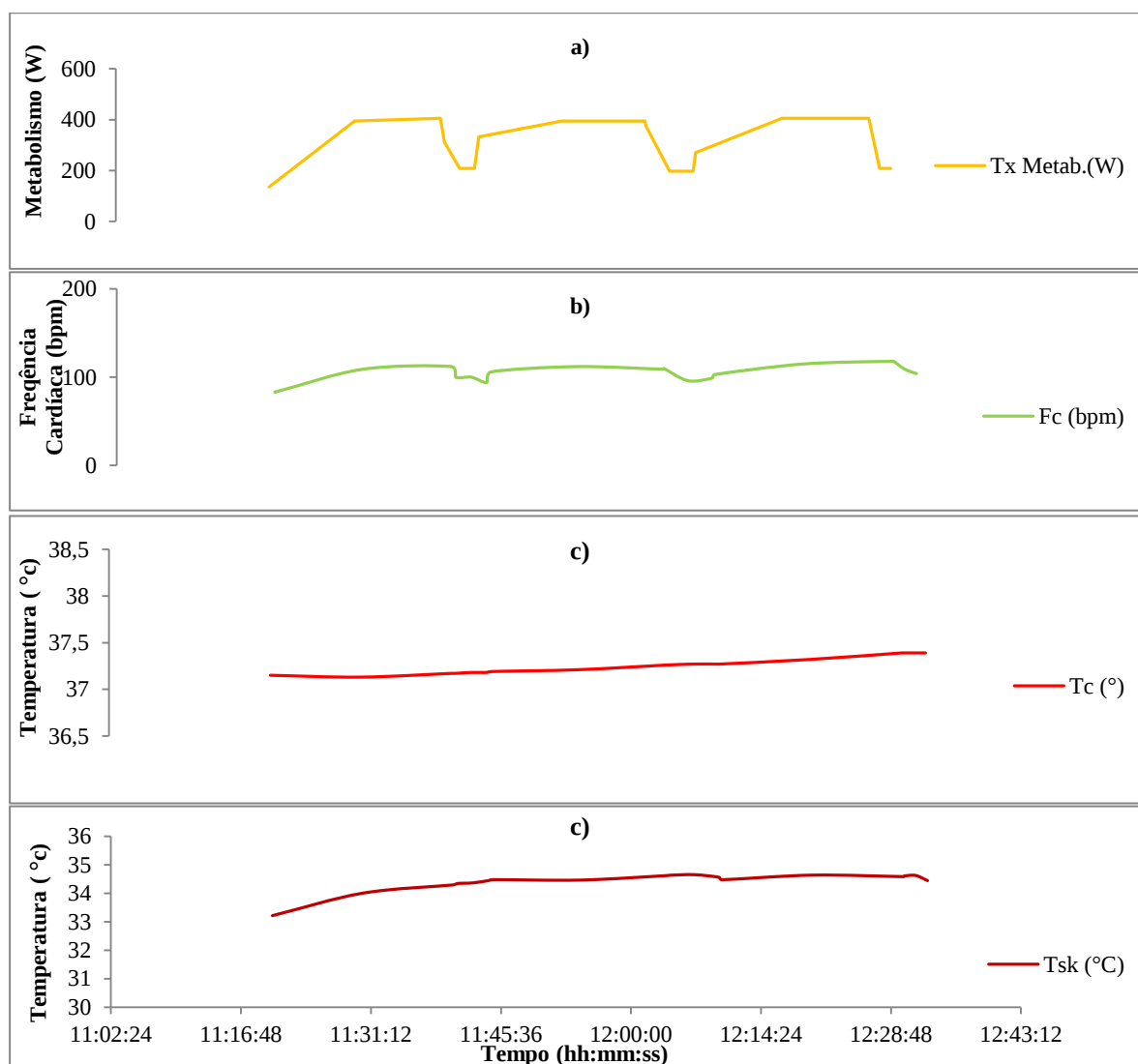


Figura 20- Resposta fisiológica do v_2 para trabalho leve a 32 °C e 40% Hr

a)Taxa Metabólica, b) Frequência Cardíaca, c) Temperatura Interna e Temperatura média da pele

As Figura 19 e Figura 20 esquematizam os resultados da atividade com metabolismo baixo a alta temperatura. A F_c aumenta mas nunca chega a 160 bpm, os ciclos de trabalhos têm aproximadamente 20 min. A T_c aumenta ao longo da atividade, apresentando patamares nos descansos. O T_{sk} aumenta no início mas depois estabiliza por volta dos 20 min apresentando ligeiras oscilações nos descansos.

Comparando os resultados dos dois voluntários nota-se que a F_c máxima do v_1 ronda 129bpm e do v_2 são 120 bpm. A T_c do v_1 inicial são 37,06°C e o valor máxima atingido foi 37,75°C depois de 1 h e 16 min.

O valor inicial da T_c do v_2 foi de 37,15°C e diminui no início, para depois aumentar até 37,39°C depois de 1 h e 12 min.

A T_c do v_1 aumenta 0,69°C ao passo que a do v_2 só aumentou 0,24°C.

A T_{sk} do v_1 mantém-se praticamente constante ao longo do ensaio rondando os 33,9°C. T_{sk} do v_2 inicia-se nos 33°C e estabiliza aos 20 min nos 34,5°C.

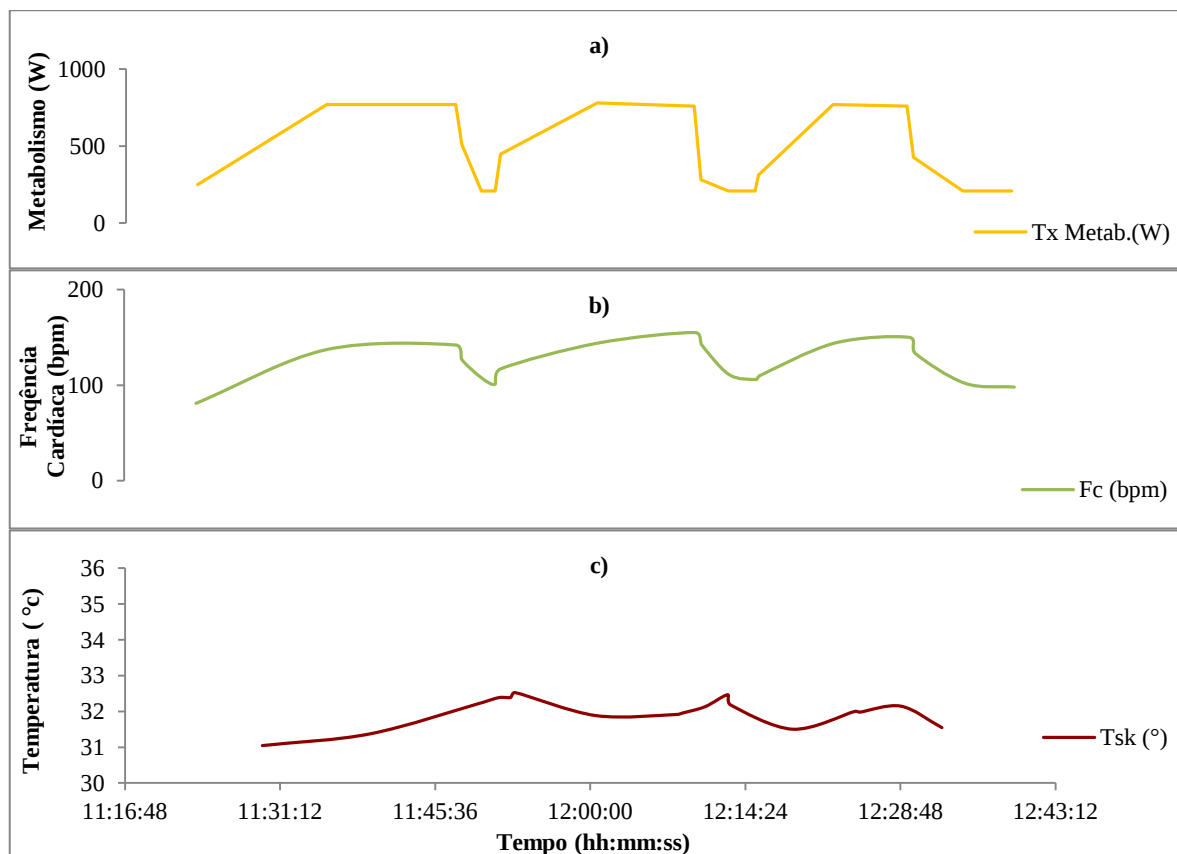


Figura 21 -Resposta fisiológica do v_1 para trabalho pesado a 20°C e 80% Hr

a)Taxa Metabólica, b) Frequência Cardíaca e c) Temperatura média da pele.

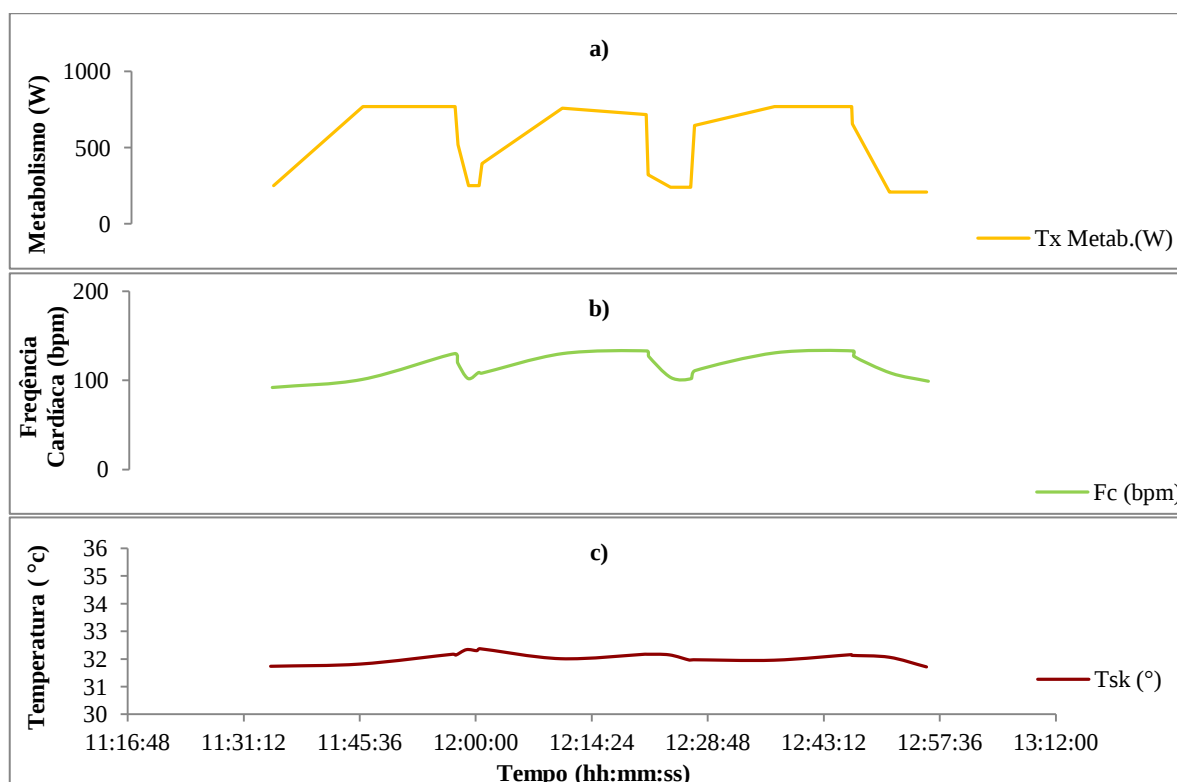


Figura 22- Resposta fisiológica do v_2 para trabalho pesado a 20°C e 80% Hr

a)Taxa Metabólica, b) Frequência Cardíaca e c) Temperatura média da pele.

Pela análise das Figura 21 e Figura 22 para atividade pesada a baixa temperatura, com o M elevado aumenta a F_c , e a T_{sk} aumenta ou diminui ligeiramente no início das atividades mas depois estabiliza. Quando a F_c máxima estipulada (160bpm) é atingida inicia-se o período de descanso. Em descanso diminui o M , a F_c também baixa, a T_{sk} começa a estabilizar. Ao terminar o descanso inicia o novo ciclo da atividade.

Comparando os resultados do v_1 (Figuras 21) e v_2 (Figuras 22), verifica-se que a F_c máxima do v_1 é 155 bpm enquanto do v_2 é de 136 bpm. A T_{sk} do v_1 oscila entre 31°C e 31,8°C. Apresenta o valor mais elevado nos descansos.

Para o v_2 a T_{sk} aumenta gradualmente nos primeiros 20 min e estabiliza nos 32°C aproximadamente aos 22 min.

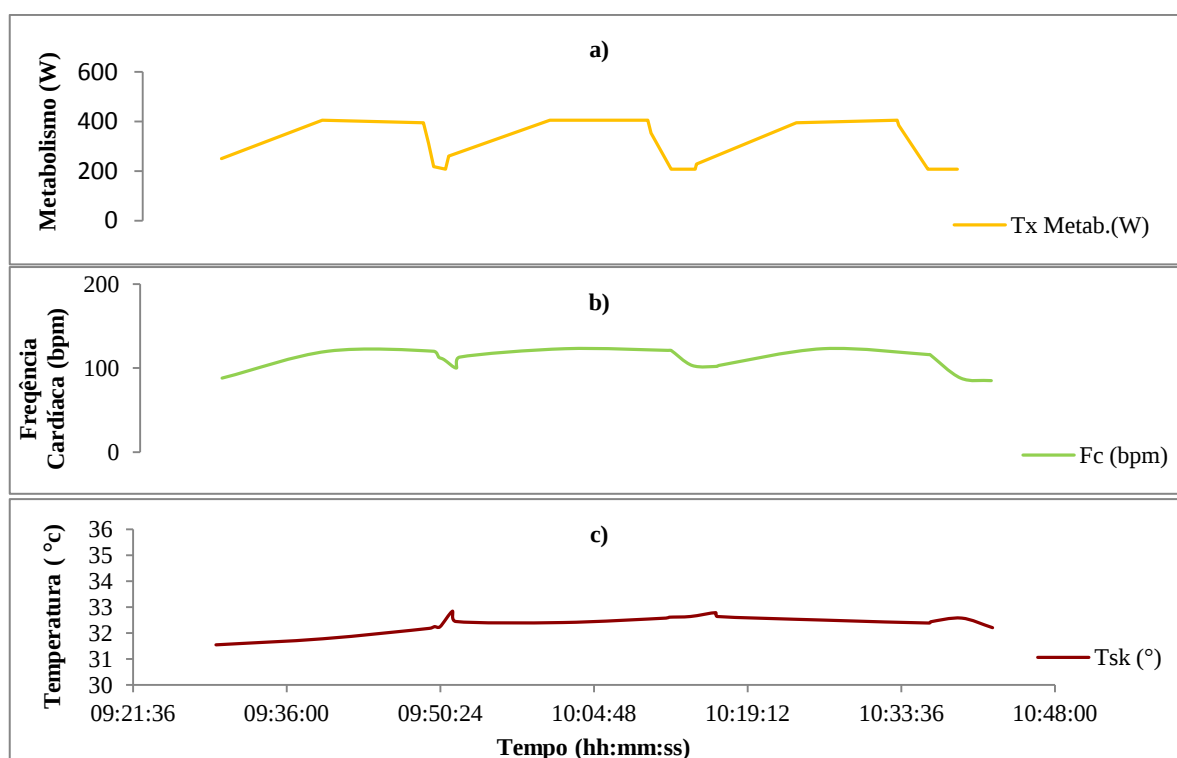


Figura 23- Resposta fisiológica do v_1 para trabalho leve a 20°C e 80% Hr

a)Taxa Metabólica, b) Frequência Cardíaca e c) Temperatura média da pele.

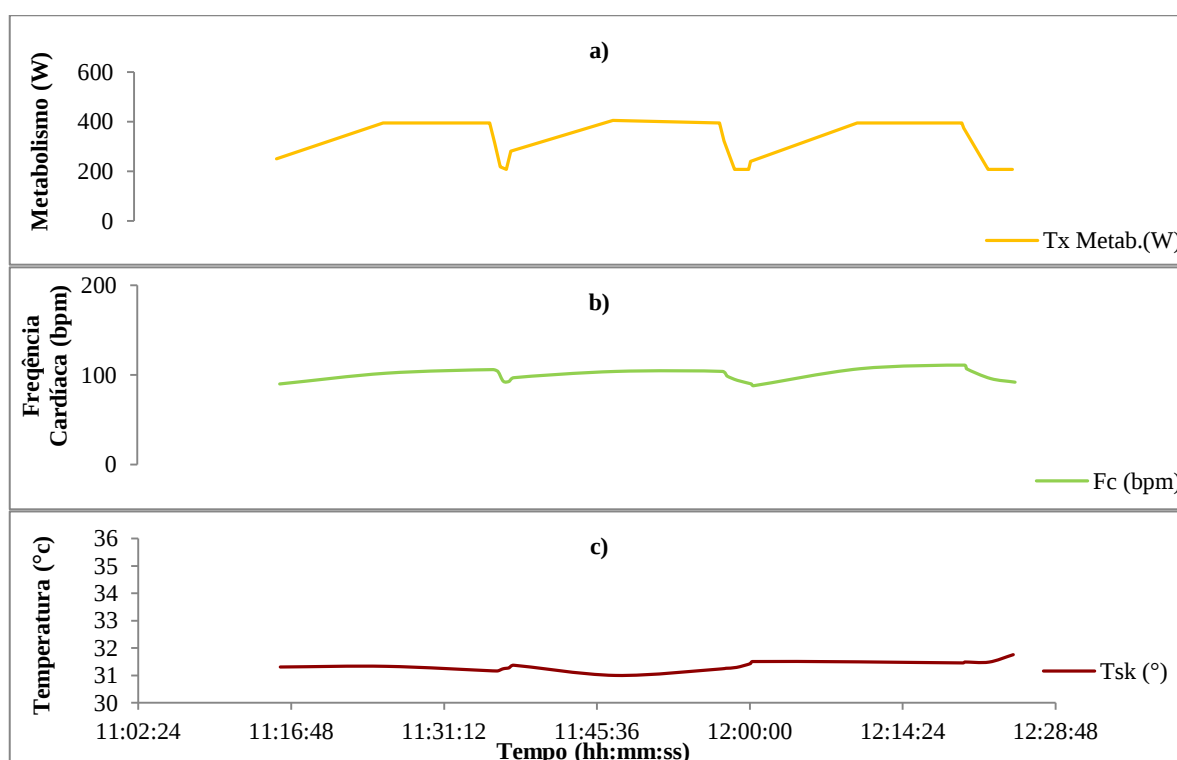


Figura 24- Resposta fisiológica do v_2 para trabalho leve a 20°C e 80% Hr

a)Taxa Metabólica, b) Frequência Cardíaca e c) Temperatura média da pele.

As Figura 23 e Figura 24 esquematizam os resultados da atividade com metabolismo baixo a baixa temperatura. A F_c aumenta mas nunca chega a 160 bpm, os ciclos de trabalhos têm aproximadamente 20 min. A T_{sk} varia pouco apresentando ligeiras oscilações nos descansos.

Comparando os resultados do v_1 e v_2 a F_c máxima do v_1 é 129 bpm e do v_2 foi de 130 bpm. A T_{sk} do v_1 aumenta ligeiramente no início e começa a estabilizar por volta dos 22 min. Estabiliza nos 32,5°C. Para o v_2 o T_{sk} não varia muito mantendo-se praticamente nos 31,4°C.

Nota-se nas curvas dos gráficos que, sempre que há alteração de atividade e de repouso o organismo responde com clareza a estas alterações. F_c aumenta com o aumento da taxa metabólica e a temperatura da pele também apresenta ligeiras subidas ou descidas nestas mudanças até estabilizar entre os 15 e 25 min. Nesse período, a temperatura interna vai aumentando gradualmente apresentando ligeiros patamares nos descansos. Este resultado é coerente com os resultados de Goto, Toftum, Dear, e Fanger, (2006) que mostraram que a sensação de aumento ou decréscimo de temperatura ocorre imediatamente (em intervalos de 1 min), após uma mudança de atividade, o que significa que mudanças de curta duração da atividade, mesmo moderadas afeta a percepção térmica dos seres humanos. Após cerca de 15 a 20 minutos sob constante atividade, as respostas térmicas subjetivos tendem a estabilizar.

A produção de calor metabólico e o ambiente térmico provoca tensões/esforços fisiológicos distintos e em grande parte independentes. A produção de calor metabólico conduz a temperatura interna e o ambiente térmico influencia a temperatura da pele (Brotherhood, 2008).

Nos ensaios realizados a baixa temperatura não foram apresentados dados da T_c devido a restrições de equipamentos e tempo.

4.2 Resultados dos ciclos de trabalho/descanso

Nas Figura 25 a Figura 32 estão representados os gráficos com os resultados da variação dos tempos dos ciclos de trabalho e descanso para diferentes condições térmicas e de trabalho dos voluntários (v_1 e v_2).

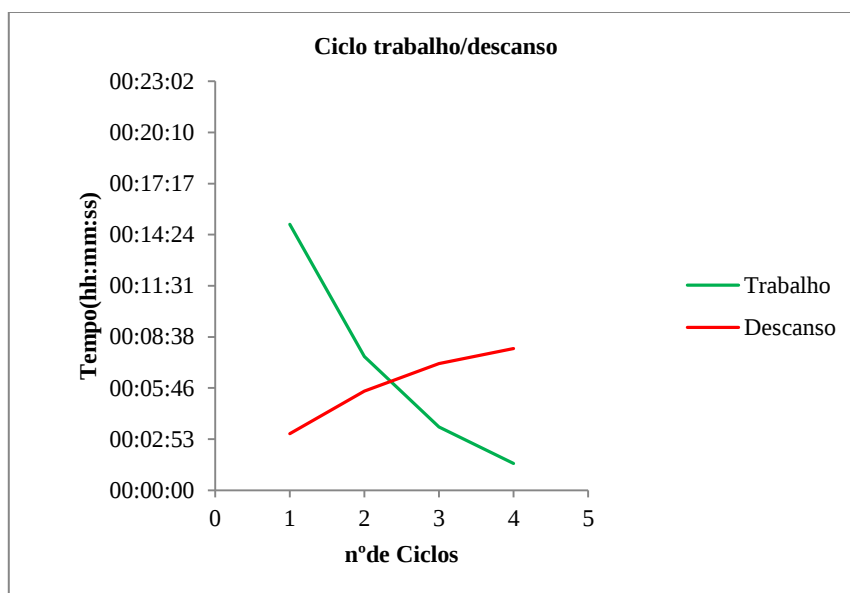


Figura 25-Ciclo do trabalho pesado a 32 °C e 40% Hr (v_1)

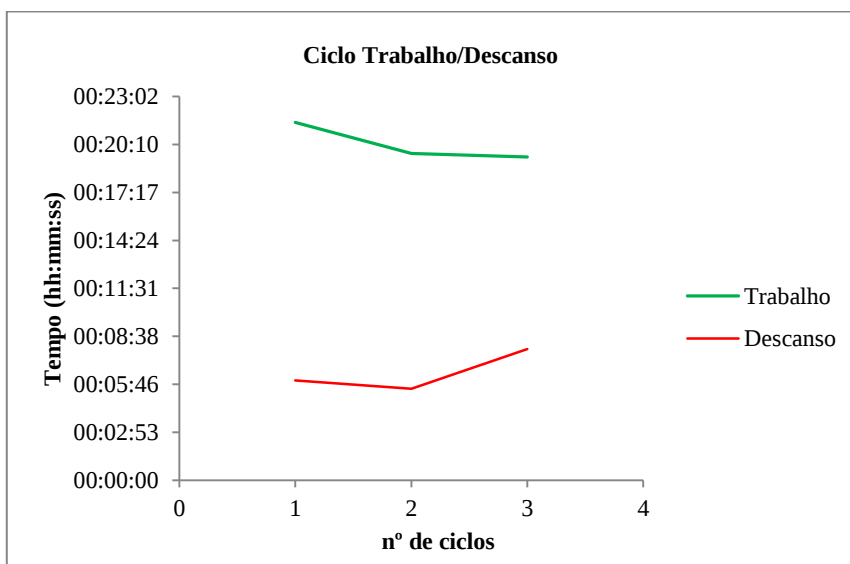


Figura 26 Ciclo do trabalho pesado a 32 °C e 40% Hr (v_2)

As Figura 25 e Figura 26 apresentam os resultados da realização de trabalho pesado a alta temperatura, nota-se que à medida que o tempo do trabalho diminui o tempo de descanso aumenta.

Comparando os resultados dos dois voluntários nota-se que o 1º ciclo do trabalho do v_1 dura 14 min e 59 s e o de descanso é de 3 min e 11 s. Já o 2º ciclo de trabalho é mais pequeno é de 7 min e 32 s e o descanso é mais longo que o primeiro 5 min e 35 s. Nos 3º e 4º ciclos os tempos de

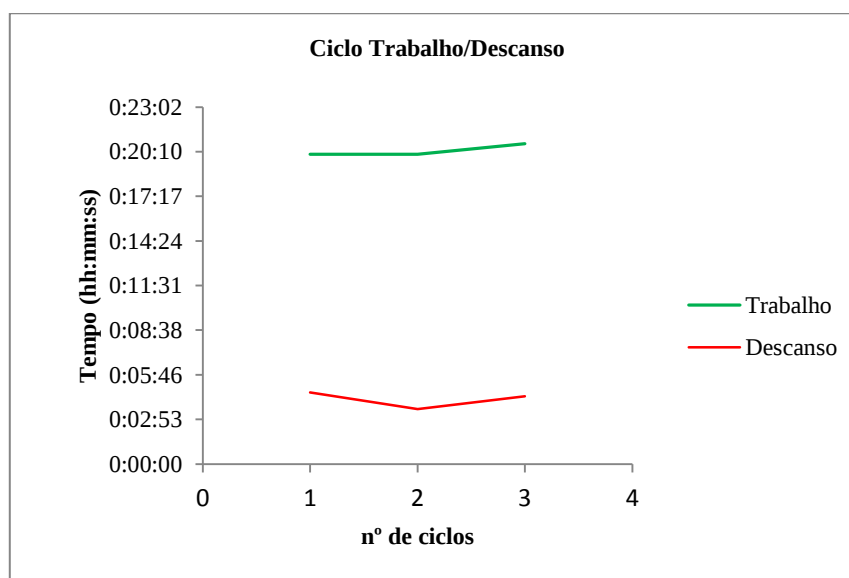
trabalho são de 3 min e 34 s e de 1 min e 30 s respetivamente e os descansos são de 7 min e 8 s e 7min 59s.

Já para v_2 nota-se que o 1º ciclo de trabalho dura 21 min e 29 s e o de descanso são de 6 min. O 2º ciclo, 19 min e 37 s e o descanso de 5 min e 30 s. O tempo do 3º ciclo de trabalho é praticamente igual ao 2º ciclo 19 min e 25 s e o 3º descanso são 7 min e 53 s.

O declínio no tempo de trabalho do v_1 notável ao longo dos três ciclos enquanto a do v_2 já não se nota tanto, isto pode ser devido às características fisiológicas individuais. Ao analisar o tempo de descanso do v_2 nota-se que leva mais tempo no 1º descanso do que no segundo, teve um comportamento de um individuo com uma boa preparação física. O 1º ciclo funcionou como um aquecimento permitindo assim melhorar a sua performance no ciclo seguinte. No desporto atletas de alta competição e recreativos normalmente fazem o aquecimento para se prepararem para o exercício mais intenso. Essa atividade preliminar é usada para melhorar o desempenho físico. Segundo estes autores Bishop, Bonetti, & Dawson, (2000), Robergs, *et al.* (1991), é facto que o exercício de aquecimento deve ser realizado antes de qualquer exercício físico que exija elevado esforço. A justificação para tal prática é que o exercício anterior pode prevenir lesões músculo-esqueléticas e melhorar a performance (Burnley & Jones, 2005).

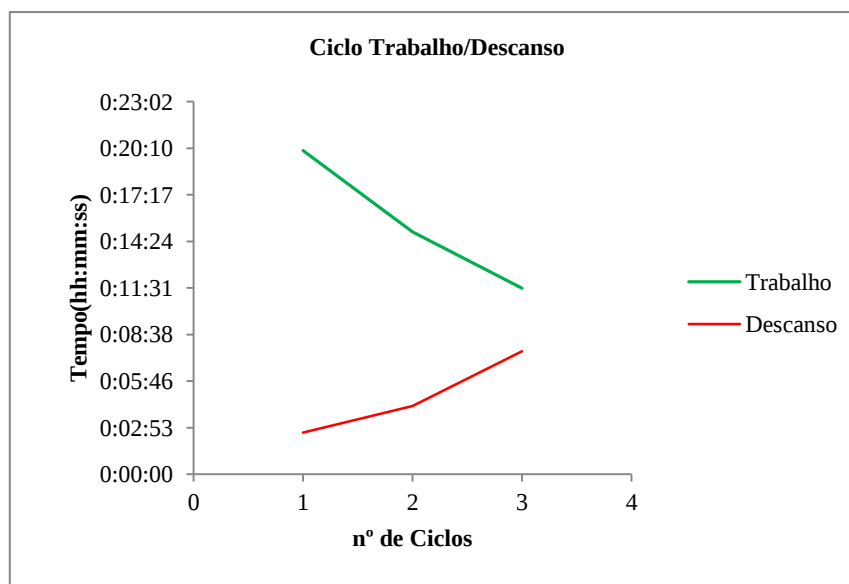


Figura 27-Ciclo do trabalho leve a 32 C 40% Hr (v_1)

Figura 28- Ciclo do trabalho leve a 32 C 40% Hr (v_2)

Nas Figura 27 e Figura 28 estão representados os resultados da realização do trabalho leve a alta temperatura. Verifica-se que o tempo da realização do trabalho mantém-se, só há alteração no tempo dos descansos que vai aumentando a cada ciclo.

Comparando os resultados dos voluntários os tempos dos ciclos do trabalho são idênticos. Aqui no descanso o voluntário v_2 apresenta um valor no 2º ciclo de descanso mais baixo do que no 1º ciclo, teve o mesmo comportamento do que na realização do trabalho pesado (Figura 28).

Figura 29- Ciclo do trabalho pesado a 20 °C e 80% Hr (v_1)

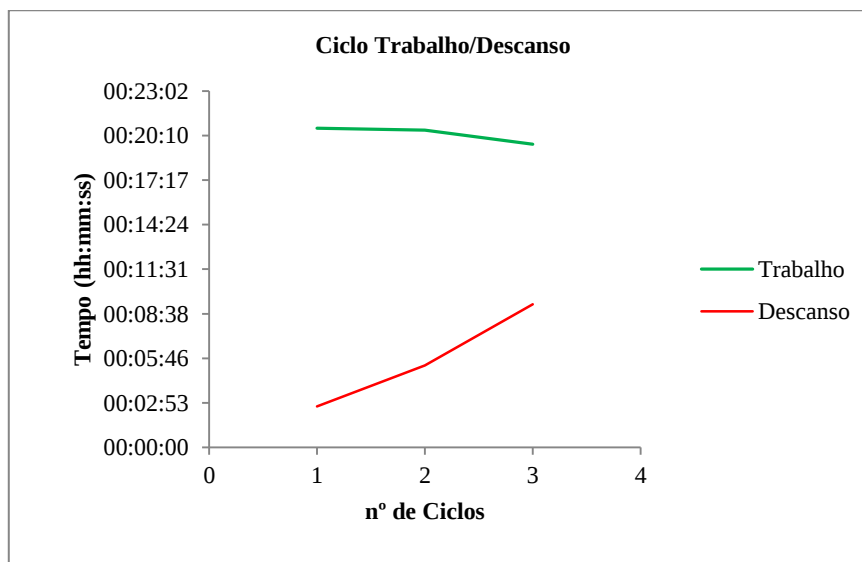


Figura 30- Ciclo do trabalho pesado a 20 °C e 80% Hr (v_2)

As Figura 29 e Figura 30 apresentam os resultados da realização de trabalho pesado a baixa temperatura. Os tempos de realização do trabalho são mais longos do que para temperaturas elevadas, não variando muito entre os ciclos. Mas o tempo dos descansos aumenta ao longo de cada ciclo como acontece no caso das altas temperaturas.

Comparando os resultados dos voluntários, no gráfico da Figura 29, os tempos de trabalho de v_1 diminuem um pouco a cada ciclo. Já para v_2 os tempos são quase constantes. Têm cerca de 20 min cada. Os tempos de descanso vão aumentando gradualmente a cada ciclo para os dois voluntários.

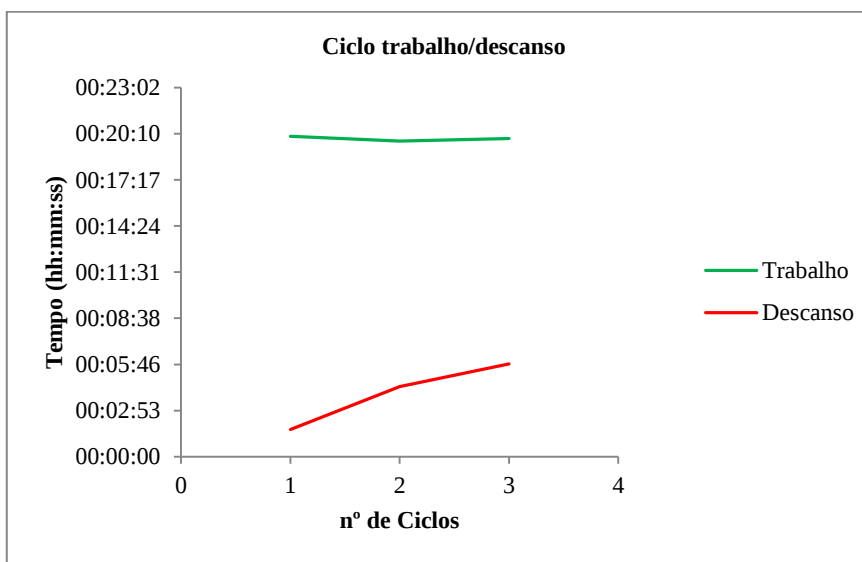


Figura 31- Ciclo do trabalho leve a 20 °C e 80% Hr (v_1)

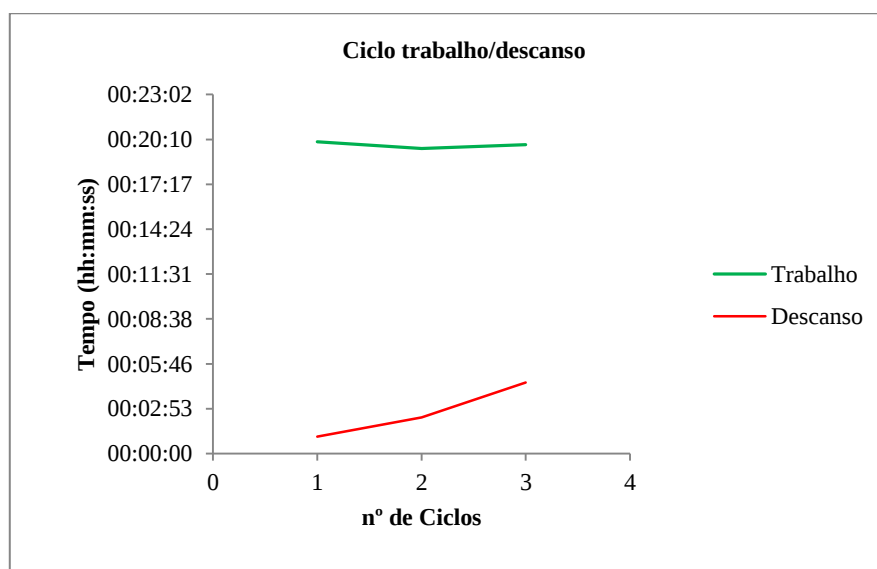


Figura 32- Ciclo do trabalho leve a 20 °C e 80% Hr (v_2)

Analizando os gráficos das Figura 31 e Figura 32, onde estão representados os resultados da realização do trabalho leve a baixa temperatura, verifica-se que o tempo do trabalho é praticamente contante, só variando o tempo de descanso, o qual vai aumentando ao longo dos ciclos.

Os resultados dos dois voluntários são praticamente idênticos. Só o tempo do descanso do 2º ciclo do v_2 que é ligeiramente inferior ao do v_1 .

Analizando os resultados verifica-se que a temperatura elevada influência muito a performance em trabalho pesado, o que não acontece quando realizam trabalho leve. A temperatura baixa tem pouco efeito sobre a performance nos dois tipos de trabalho. Nota-se também que quanto mais tempo levam a descansar menor é o tempo de trabalho, isto na realização de atividade pesada.

Como esperado, a média do trabalho realizado diminuiu e a taxa de fadiga aumenta com o aumento do número de ciclos realizados.

Nota-se também que a condição física individual acaba por influenciar a performance. Um individuo que está em boa forma física o seu rendimento diminui mas não tanto como de um outro que não esteja em boa forma física.

Nos ensaios realizados não se sabe qual foi a solicitação que se fez ao organismo.

Freese, Gist, & Cureton, (2013) explicam esta taxa progressivamente mais lenta de declínio ao longo do tempo é provavelmente devido a redução da contribuição do metabolismo anaeróbico e aumento da utilização do metabolismo aeróbico. Também constataram que junto com este lento declínio há um aumento do VO_2 , o que suporta a ideia de que a maioria da energia consumida durante uma sessão de *Sprint interval cycling* (SIC) é derivada do metabolismo aeróbico. SIC é uma forma de exercício de alta intensidade e de baixo volume que induz adaptações músculo esqueléticas, cardiorrespiratórias e metabólicas semelhantes a um exercício aeróbico mais prolongado e de intensidade moderada.

A realização do trabalho pode ser comparada com a realização de exercício intermitente. Os exercícios intermitentes podem ser mantidos por períodos mais longos do que exercício contínuo. Isto só é possível quando a relação de trabalho/descanso permite que um estado estável seja alcançado. Um estado estável tanto de concentração de lactato no sangue e de frequência

cardíaca está associado ao equilíbrio fisiológico. Se o estado de equilíbrio não for atingido, a diminuição dos substratos ou acumulação de metabolitos pode produzir a perda de desempenho em exercícios intermitentes (Pereira, *et al.*, 2008).

Na realização do trabalho pesado assim como no desporto em que os movimentos são realizados repetidamente com uma produção de alta potência muscular, o controle do tempo de descanso entre as tarefas é uma variável importante para lidar com a intensidade do trabalho.

Para uma maior fiabilidade estatística sugeria no futuro a utilização de maior número de amostra, e mais pontos nos gráficos dos ciclos trabalho/descanso.

Numa meta-análise realizada por Pilcher, Nadler, e Busch, (2002), estes autores constataram que a exposição a temperatura quente tem um impacto negativo na performance e que outras variáveis (por exemplo, o tempo de exposição à temperatura ou duração da tarefa) podem modificar essa relação.

Num estudo desenvolvido por Yi e Chan, (2013) em que utilizaram o método de *Monte Carlo* para otimizar o tempo de descanso demonstraram que fazendo uma pausa de 15min de manhã depois de 120min de trabalho, e no período da tarde uma pausa de 20min depois de 115min de trabalho, melhorava a produtividade e protegia a saúde dos trabalhadores da construção em ambiente quente e húmido.

4.3 Variação de massa de água perdida (mH₂O)

As tabelas Tabela 7 e Tabela 8 indicam os resultados da variação da mH₂O dos dois voluntários para as diferentes condições térmicas e de trabalho.

Ao analisar as perdas de mH₂O dos voluntários verifica-se que variam entre 1kg e 0,6 kg durante o ensaio. Há uma maior perda na realização do trabalho pesado do que no trabalho leve. Estes valores estão dentro do intervalo de valores da taxa máxima de suor para um sujeito médio não aclimatado que podem variar entre 0,65kg e 1kg mencionado por Malchaire (2006), não dizendo o autor qual o tempo necessário para alcançar estes valores.

Nota-se que a perda do líquido do v₁ para trabalho pesado a alta temperatura está fora do valor esperado o que pode ser devido ao tempo total do ensaio ou devido a baixa hidratação antes dos ensaios.

A ISO 7933 (2004) indica a perda máxima de água, levando-se em conta as compensações normais, é definida como 5% da massa corporal para 95% da população trabalhadora.

A produção de calor metabólico e o ambiente térmico provoca tensões/esforços fisiológicos distintos e em grande parte independentes. Produção de calor metabólico conduz a temperatura interna, e o ambiente térmico leva/influencia a temperatura da pele. Controlo da temperatura interna depende da produção de suor adequado e a capacidade do meio para evaporar o suor (Brotherhood, 2008).

Com estes resultados não se pode tirar nenhuma conclusão, uma vez que as hidratações antes dos ensaios não foram significativas.

Tabela 7-Variação de mH_2O no trabalho pesado

	Trabalho pesado 32°C 40%		Trabalho pesado 20°C 80%	
	V ₁	V ₂	V ₁	V ₂
mH₂O (kg)	1	0,91	1,05	0,73
M_{máx} (w)	769,6	769,6	769,6	769,6
Tsk_{est} (°C)	34,5	34	31	32
Tc_{máx} (°C)	37,83	38,02	-	-
Ttotal	00:50:12	01:23:53	01:09:39	01:12:04

Ttotal- Tempo total do ensaio (hh:mm:ss); Tsk_{est}-Valor estabilizadoTabela 8- Variação de mH_2O no trabalho leve

	Trabalho leve 32°C 40%		Trabalho leve 20°C 80%	
	V ₁	V ₂	V ₁	V ₂
mH₂O (kg)	1,15	0,68	0,78	0,45
M_{máx} (w)	395	395	395	395
Tsk_{est} (°C)	34,2	34,45	32	31,5
Tc_{máx} (°C)	37,75	37,39	-	-
Ttotal	01:15:59	01:12:35	01:12:47	01:04:28

Ttotal- Tempo total do ensaio (hh:mm:ss); Tsk_{est}- Valor estabilizado

5 CONCLUSÕES E PERSPETIVAS FUTURAS

5.1 Conclusões

Nesta dissertação a etapa da revisão bibliográfica permitiu uma compreensão e conhecimento mais profundo sobre os temas abordados neste trabalho.

No decorrer de pesquisa bibliográfica foi possível perceber que o ambiente térmico extremo afeta a saúde humana e a sua produtividade e que a tolerância ao ambiente térmico depende de vários fatores tais como, fatores ambientais, ocupacionais e também das características individuais. Em determinadas atividades é impossível evitar o ambiente de exposição, no entanto, para evitar o pior pode-se controlar quem está exposto através de formação, sensibilização, vigiando os indicadores fisiológicos individuais, avaliando a aptidão para determinadas tarefas.

Ajustar e trabalhar em temperaturas altas e baixas tem sido um desafio para as pessoas que vivem sob condições extremas de ambiente térmico. As mudanças climáticas vão representar uma série de ameaças à saúde. Os efeitos da carga de trabalho e calor sobre o homem ainda não foram totalmente analisadas. A base fisiológica e ergonómica destes potenciais efeitos da mudança climática é bem conhecida, mas os impactos em diferentes países e grupos ocupacionais ainda necessita de estudos. Verificou-se que existem várias técnicas de verificação dos indicadores fisiológicos a temperatura interna uns dos quais considerados a “*gold standard*” na matéria. Apesar de ser um método bastante eficaz a sua utilização acarreta algum constrangimento tais como a complexidade do equipamento e o custo. Daí a existência e desenvolvimento de vários índices de stresse térmico viável à medição de indicadores fisiológicos Os mais utilizados apesar das suas limitações são os índices *WBGT* e *Predicted Heat Strain (PHS)* para ambientes quentes.

As maiorias dos modelos de produtividade com base nos índices de stresse térmico até agora apresentados não têm em conta as características individuais. Contudo, quando se lida com pessoas, estas não devem ser considerados como simples “números”, mas ser consideradas individualmente, atendendo às características únicas de cada uma delas.

Trabalhar sob condições de stresse térmico tem riscos associados graves, que podem ter como consequência a morte. Trabalhadores em diferentes atividades podem ter diferentes graus de suscetibilidade ao stresse térmico. Um estudo específico a cada atividade refletiria melhor a situação real.

O objectivo deste estudo é avaliar os efeitos da temperatura na saúde e produtividade no trabalho especificamente na indústria de construção em Cabo Verde. Estudo motivado pelo tipo de clima que se faz sentir nesse país a maior parte do ano e num sector que está em crescimento.

Com os dados do ambiente térmico da cidade da Praia, Cabo Verde escolheu-se os extremos para serem simulados.

Efetuaram-se os ensaios na câmara climática simulando os diferentes ambientes térmico e as atividades metabólica da construção recorrendo a uma passadeira ergométrica. Para trabalho pesado andou-se a 6km/h e 7% de inclinação e para trabalho leve andando a 6km/h e sem inclinação. Realizou-se as medições dos indicadores fisiológicos dos voluntários para cada uma das condições térmica e de atividade ensaiadas.

Verificou-se que a temperatura elevada (32°C a 40% Hr) tem um efeito negativo na realização de trabalho pesado, diminuindo assim a produtividade.

A temperatura elevada teve pouco efeito na realização de trabalho leve.

A temperatura baixa (20°C a 80% Hr) teve pouco efeito sobre o desempenho das duas atividades simuladas.

Sugiro a leitura dos seguintes artigos e normas que servirão de complemento, justificação e compreensão dos resultados e conclusões deste trabalho: Pilcher, Nadler, e Busch, (2002); Yi e Chan, (2013); Goto, Toftum, Dear, e Fanger; (2006) Malchaire, (2006); Brotherhood, (2008); Havenith, (2001); Zhao, Zhu, e Lu, (2009); ISO 7933 (2004); ISO 9886, (2004); Pereira, *et al.*, (2008); Burnley & Jones, (2005); (Freese, Gist, & Cureton, (2013).

Com isto conclui-se que podem ocorrer diferenças significativas na performance, ao nível do ambiente térmico, influenciando assim a produtividade conforme varia:

- O ambiente térmico;
- O tipo de atividade a realizar;
- O tempo da realização da tarefa;
- O tempo dos descansos;
- E as características físicas individuais dos trabalhadores.

A intensidade e duração do trabalho devem ser individualizadas de acordo com a capacidade física do trabalhador e tendo em consideração os fatores ambientais que podem alterar as respostas fisiológicas.

Na construção, pode-se gerir as atividades de acordo com as temperaturas, escalar as atividades pesadas nas horas de menos calor, quando não for possível o melhor será incidir nos tempos de trabalho e descanso e ter em conta também as características físicas individuais. As indústrias que necessitam de trabalhadores para executar sob condições de temperatura quente devem estar cientes dos potenciais efeitos negativos da exposição da temperatura no desempenho.

5.2 Perspetivas Futuras

Este estudo foi efetuado a pensar especificamente na indústria de construção. Ficou demonstrada a importância de mais estudos nesta área. É possível e importante a aplicação desta abordagem em outros ramos de actividade. O desenvolvimento destes estudos pode contribuir fortemente para a melhoria das condições de trabalho da produtividade e da qualidade de vida no futuro.

Partindo da base desenvolvida neste trabalho das respostas dos indicadores fisiológicas individual a diferentes atividade e ambiente térmicos sugere-se para estudos futuros:

- Estudos de campo no sector da construção e nos outros setores da indústria no âmbito do ambiente térmico e o seu efeito no ser humano através dos indicadores fisiológicos;
- Investigação laboratorial com um amostras mais representativas;
- Estudar indivíduos com características distintas;
- Ajustar melhor o trabalho às Preferências e Capacidades individuais;
- Melhorar a avaliação do stresse térmico em trabalhadores por métodos fisiológicos.

Um modelo para determinar o tempo de trabalho e prever a produtividade e o desempenho em condições de trabalho físico pesados, médios e leves em ambiente térmico distinto e que tenha em conta as características físicas individuais.

6 BIBLIOGRAFIA

- Alonso, J. P., Ferre, Á. J., Ortega, Á. C., & Hermosilla, J. S. (2011). Approach to the evaluation of the thermal work environment in the greenhouse-construction industry of SE Spain. *Elsevier Ltd., Building and Environment* 46, 1725-1734.
- ASHRAE 55. (2004). *Thermal Environment Conditions for Human Occupancy*. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.
- Barbosa, L. F., Souza, M. R., Pelarigo, J. G., Caritá, R. A., Caputo, F., Denadai, B. S., & Greco, C. C. (2009). Máxima fase estável de lactato sanguíneo e o limite superior do domínio pesado em ciclistas treinados. *Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum*, 320-325.
- Bishop, D., Bonetti, D., & Dawson, B. (2000). The effect of three different warm-up intensities on kayak ergometer performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 1026-1032.
- Brauer, R. L., Brown, G. J., Koehn, E., Brooks, S. T., & Mahon, T. (1984). *AFCS Climatic Zone Labor Adjustment Factors*. USA, Champaign: US Army Corps of Engineers, Construction Engineering Research Laboratory.
- Brotherhood, J. (2008). Heat stress and strain in exercise and sport. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 6-19.
- Budd, G. M. (2008). Wet-bulb globe temperature (WBGT) its history and its limitations. *Journal of Science and Medicine in Sport* 11, 20-32.
- Burnley, M. D., & Jones, A. M. (2005). Effects of Prior Warm-up Regime on Severe-Intensity Cycling Performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 838-845.
- Byrne, N. M., Hills, A. P., Hunter, G. R., Weinsier, R. L., & Schutz, Y. (2005). Metabolic equivalent: one size does not fit all. *Journal of Applied Physiology*, 1112-1119.
- Carvalhais, C. A. (2011). *Contribuição para o Estudo da Tolerância Humana a Ambientes Térmicos Extremos: Ensaio de Validação de Câmara Climática- Tese de Mestrado*. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- Chan, A. P., Wong, F. K., Yam, M. C., Chan, D. M., Mok, E. C., Shea, G., . . . Dingsdag, D. (2011). A research framework for assessing the effects of heat stress on construction workers. *ISEC-6, Research Publishing Services, Zurich, Switzerland*, 1-6.
- Chan, A. P., Yam, M. C., Chung, J. W., & Yi, W. (2012). Developing a heat stress model for construction workers. *Emerald Group Publishing Limited, Journal of Facilities Management Vol. 10 N° 1*, 59-74.
- Correia, E. (1996). Contribuições para o conhecimento do clima de Cabo Verde. *Garcia de Orta. Série de Geografia*, 15 (2), 81-107.
- Dash, S. K., & Kjellstrom, T. (2011). Workplace heat stress in the context of rising temperature in India. *Current Science, VOL. 101*, 496-503.

-
- Fernandes, C. M. (2008). *Flora Exótica de Cabo Verde: Avaliação e Impactos nos Ecossistema Naturais, Utilizando Sistemas de Informação Geográfica*, Tese do Mestrado em Biologia da Conservação. Lisboa: Faculdade de Ciências Universidade de Lisboa.
- Freese, E. C., Gist, N. H., & Cureton, K. J. (2013). Physiological Responses to an Acute Bout of Sprint Interval Cycling. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(10)/2768–2773.
- Goto, T., Toftum, J., Dear, R. d., & Fanger, P. O. (2006). Thermal sensation and thermophysiological responses to metabolic step-changes. *Int J Biometeorol*, 323–332.
- Hancher, D. E., & Elkhalek, H. A. (1998). The effect of hot weather on construction labor productivity and costs. *Cost Engineering Vol 40/ n° 4*, 32-36.
- Havenith, G. (2001). Human surface to mass ratio and body core temperature in exercise heat stress - a concept revisited. *Journal of Thermal Biology*, 26, 387–393.
- Havenith, G. (2001). Individualized model of human thermoregulation for the simulation of heat stress response. *Applied Physiology*, 1943-1954.
- Havenith, G., Luttikholt, V. G., & Vrijkotte, T. G. (1995). The relative influence of body characteristics on humid heat stress response. *Eur J Appl Physiol*, 270-279.
- Hong, L., Qing, T., zhan, L. B., lan, T. M., & lei, M. X. (2011). Impact of cold indoor thermal environmental conditions on human thermal response. *J. Cent. South Univ. Technol.*, 1285-1292.
- Inaba, R., & Mirbod, S. M. (2007). Comparison of subjective Symptoms and Hot Prevention Measures in Summer Between Traffic control Workers and Construction workers in Japan. *Industrial Health*, 45, 91-99.
- Inocência, D. A. (2012). *Construção e Arquitectura Sustentáveis em Cabo Verde*, Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil. Lisboa: Instituto Superior Técnico.
- ISO 7243. (1989). *Hot environments - Estimation of the heat stress on working man, based on the WBGTindex (wet belt globe temperature)*. Genève, Switzerland: International Organization for Standardization.
- ISO 7730. (2005). *Ergonomics of the thermal environment- Analytical determination and interpretation of thermal comfort and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria*. Genève, Switzerland: International Organization for Standardization.
- ISO 7933. (2004). *Ergonomics of the thermal environment-Analytical determination and interpretation of heat stress using calculation of the predicted heat strain*. Genève, Switzerland: International Organization for Standardization.
- ISO 8996. (2004). *Ergonomics of the thermal environment-Determination of metabolic rate*. Genève, Switzerland: International Organization for Standardization.
- ISO 9886. (2004). *Ergonomics - Evaluation of thermal strain by physiological measurements*. Genève, Switzerland: International Organization for Standardization.

- Kjellstrom, T., Gabrysch, S., Lemke, B., & Dear, K. (2009.). The 'Hothaps' programme for assessing climate change impacts on occupational health and productivity: an invitation to carry out field studies. *Global Health Action*.
- Koppe, C., Kovats, S., Jendritzky, G., & Menne, B. (2004). *Health and Global Environmental Change*. Copenhagen, Denmark: WHO (World Health Organization) Regional Office for Europe.
- Lin, R. T., & Chan, C. C. (2009). Effects of heat on workers' health and productivity in Taiwan. *Global Health Action*.
- Lopes, R. F., Baptista, J. S., & Diogo, M. T. (s.d.). Conforto Térmico e Produtividade - Aplicação de Modelos Previsionais no Sector da Construção. *Faculdade de Engenharia da Univ. do Porto, Centro de Inv. em Geoambiente e Recursos, Porto*.
- Malchaire, J. M. (2006). Occupational Heat Stress Assessment by the Predicted Heat Strain Model. *Industrial Health*, 44, 380–387.
- McKenzie, J., & Osgood, D. (2004). Validation of a new telemetric core temperature monitor. *Journal of Thermal Biology*, 605-611.
- McLean, S. P., Vint, P. F., & Stember, A. J. (2006). Submaximal Expression of the Bilateral Deficit. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, Vol. 77, Nº 3, 340–350.
- Miguel, A. S. (2012). *Manual de Higiene e Segurança do Trabalho*. Porto: Porto Editora.
- Miller, V. S., & Bates, G. P. (2007). The Thermal Work Limit Is a Simple Reliable Heat Index for the Protection of Workers in Thermally Stressful Environments. *Oxford University Press, British Occupational Hygiene Society*, 553-561.
- Ministério do Ambiente, A. e. (2004). *Livro Branco Sobre o Estado do Ambiente*. Cabo Verde: Ministério do Ambiente Agricultura e Pescas, Direcção Geral do Ambiente.
- Mohamed, S., & Srinavin, K. (2002). Thermal environment effects on construction worker's productivity. *Work study, Emerald*, 297-302.
- Mohamed, S., & Srinavin, K. (2005). Forecasting labor productivity changes in construction using the PMV index. *International Journal of Industrial Ergonomics* 35, 345-351.
- Moraru, R. I., Babut, G. B., & Babut, M. C. (2010). Management of Heat Stress in a Hot , Humid, Underground Environment Especific to Mine Rescue Activities in Valea Jiului Coal Basin. *Revista Minelor*.
- Neto, H. C., Baptista, J. M., & Barkokébas Júnior, B. (s.d.). *Ambiente térmico como instrumento de gestão na construção em altura, Programa Doutoral em Segurança e Saúde Ocupacional*. Faculdade de Engenharia Universidade do Porto.
- Oliveira, R. R. (s.d.). Repetição e Produtividade na Construção Civil Estudo da Execução de Estruturas de Edifícios. *UNIOESTE - Universidade do Oeste do Paraná*.
- Orosa, J. A. (2009). Research on General Thermal Comfort Models. *European Journal of Scientific Research*, 217-227.

-
- Pereira, G., Almeida, A. G., Rodacki, A. L., Ugrinowitsch, C., Fowler, N. E., & Kokubun, E. (2008). The Influence of Resting Period Length on Jumping Performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(4)/1259–1264.
- Pilcher, J. J., Nadler, E., & Busch, C. (2002). Effects of hot and cold temperature exposure on performance: a meta-analytic review. *Ergonomics, Taylor & Francis Ltd*, 682-698.
- Pincivero, D. M., Lephart, S. M., & Karunakara, R. G. (1997). Effects of rest interval on isokinetic strength and functional performance after short term high intensity training. *Br J Sports Med*, 229-234.
- Poole, D. C., Barstow, T. J., Gaesser, G. A., Willis, W. T., & Whipp, B. (1994). Vo2 Slow Component: Physiological and Functional Significance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 1354-1358.
- Robergs, R. A., Pascoe, D. D., Costill, D. L., Fink, W. J., Moneta, J. C., Davis, J. A., & Hickner, R. (1991). Effects of warm-up on muscle glycogenolysis during intense exercise. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, vol 23, 37– 43.
- Rondon, M. U., Forjaz, C. L., Nunes, N., Amaral, S. L., Barretto, A. C., & Negrão, C. E. (1998). Comparação entre a Prescrição de Intensidade de Treinamento Físico Baseada na Avaliação Ergométrica Convencional e na Ergoespirométrica. *Arq Bras Cardiol*, volume 70 (nº 3), 159-166.
- Ruiz, A., & Sherman, N. W. (1999). An Evaluation of the Accuracy of the American College of Sports Medicine Metabolic Equation for Estimating the Oxygen Cost of Running. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 219-223.
- Sidney, M. J., & Blumchen, G. (1990). Metabolic Equivalents (METs) in Exercise Testing, Exercise Prescription and Evaluation of Functional Capacity. *Clin. Cardiol.*, 555-565.
- Soares, M. R. (2011). *Avaliação Ambiental em Cabo Verde – aplicação à actividade turística, Dissertação para tese de Mestrado em Engenharia do Ambiente*. Aveiro: Universidade de Aveiro, Departamento de Ambiente e Ordenamento.
- Srinavin, K., & Mohamed, S. (2003). Thermal environment and construction workers' productivity: some evidence from Thailand. *Building and Environment*, 339-345.
- Stewart, M., Adams, R., Alonso, A., Koesveld, B. V., & Campbell, S. (2007). Warm-up or stretch as preparation for sprint performance? *Journal of Science and Medicine in Sport*, 10, 403-410.
- Turim- Sociedade turística e imobiliária, SA. (15 de Maio de 2007). Obtido de Turim: <http://www.turim.cv>
- Yi, W., & Chan, A. P. (2013). Optimizing work-rest schedule for construction rebar workers in hot and humid environment. *Building and Environment* 61, 103-113.
- Zhao, J., Zhu, N., & Lu, S. (2009). Productivity model in hot and humid environment based on heat tolerance time analysis. *Building and Environment, Elsevier Ltd.*, 2202-2207.

ANEXOS

Anexo I Tabela com todos os resultados dos ensaios.....	1
Anexo II - DEMSHO-IM01_01 – Declaração de Consentimento Informado.....	11
Anexo III - Procedimento- checklist colocação dos equipamentos.....	14
Anexo VI - Ficha individual de ensaios (FIE).....	16

Codificação: IM – Impresso; 01_01 – número do documento versão

Anexo I - Tabela com todos os resultados dos ensaios

Nas Tabelas 1 a 18 estão apresentados os resultados dos ensaios feitos ao longo deste trabalho para os dois voluntários

Tabela 1- Resultados do v_1 para trabalho pesado a 32°C e 40% H_r

Hora	Ciclo	Tempo (hh:mm:ss)	METS	Metabolismo (W)	Fc (bpm)	Tsk (°C)
16:27:00	1°T	00:00:00	3,2	332,8	92	33,344
16:33:30		0:06:30	7,5	780	145	34,140
16:40:00		0:13:00	7,4	769,6	160	34,961
16:40:10	Des	00:13:10	5,4	561,6	151	35,086
16:42:35		00:15:35	2	208	120	35,141
16:45:01		00:18:01	2	208	114	34,818
16:45:10	2°T	00:18:10	3	312	130	34,642
16:49:43		00:22:43	7,4	769,6	145	34,096
16:54:15		00:27:15	7,4	769,6	164	34,434
16:54:19	Des.	00:27:19	3,5	364	145	34,462
16:57:12		00:30:12	2	208	130	34,688
17:00:05		00:33:05	2	208	117	34,558
17:00:07	3°T	00:33:07	3,4	353,6	129	34,448
17:03:38		00:36:38	7,5	780	151	34,101
17:07:09		00:40:09	7,5	780	164	34,280
17:07:10	Des.	00:40:10	3,4	353,6	151	34,336
17:10:01		00:43:01	2	208	125	34,460
17:13:12		00:46:12	2	208	115	34,325

T-Trabalho; Des.-Descanso

Tabela2-- Resultados do v_1 para trabalho pesado a 32°C e 40% H_r

Hora	Ciclo	Tempo (hh:mm:ss)	METS	Metabolismo (W)	Fc (bpm)	Tsk	Tc(°C)
09:46:50	1°T	00:00:00	2,4	249,6	79	32,392	36,83
09:54:19		00:07:30	7,4	769,6	131	33,207	36,95
10:01:49		00:14:59	7,4	769,6	164	34,311	37,26
10:02:19	Des	00:15:29	4,4	457,6	153	34,662	37,28
10:03:54		00:17:04	2,2	228,8	127	34,837	37,32
10:05:30		00:18:40	2,2	228,8	108	34,944	37,35
10:05:49	2°T	00:18:59	6,4	665,6	110	34,998	37,35
10:09:35		00:22:45	7,4	769,6	151	34,923	37,45
10:13:21		00:26:31	7,3	759,2	162	35,154	37,55
10:13:49	Des.	00:26:59	5	520	153	35,173	37,56
10:16:36		00:29:46	2,2	228,8	113	34,996	37,62
10:19:24		00:32:34	2,2	228,8	108	34,905	37,64
10:19:49	3°T	00:32:59	4,4	457,6	125	34,874	37,63
10:21:36		00:34:46	7,5	780	162	34,941	37,65
10:23:23		00:36:33	7,4	769,6	162	34,817	37,69
10:23:49	Des.	00:36:59	5,2	540,8	160	34,818	37,71
10:27:23		00:40:33	2,2	228,8	120	34,882	37,77
10:30:57		00:44:07	2,2	228,8	114	34,786	37,76
10:31:19	4°T	00:44:29	4,1	426,4	127	34,768	37,76
10:32:19		00:45:29	6,6	686,4	153	34,746	37,76
10:32:49		00:45:59	7,4	769,6	160	34,693	37,77
10:33:19	Des.	00:46:29	2,2	228,8	157	34,539	37,78
10:35:11		00:48:21	2	208	115	34,523	37,83
10:41:18		00:54:28	2	208	88	34,674	37,81

Tabela 3- Resultados do v_1 para trabalho pesado a 32°C e 40%Hr

Hora	Ciclo	Tempo (hh:mm:ss)	METS	M (W)	Fc (bpm)
09:32:38	1ºT	00:02:00	2,4	249,6	81
09:41:07		00:10:29	7,5	780	151
09:53:45		00:23:07	7,4	769,6	153
09:54:07	Des	00:23:29	5,6	582,4	144
09:55:37		00:24:59	2,3	239,2	114
09:58:43		00:28:05	2,3	239,2	113
09:59:07	2ºT	00:28:29	4,1	426,4	107
10:02:37		00:31:59	7,4	769,6	148
10:05:37		00:34:59	7,4	769,6	160
10:06:05	Des.	00:35:27	3,6	374,4	157
10:08:07		00:37:29	2,2	228,8	116
10:10:37		00:39:59	2,2	228,8	115
10:11:07	3ºT	00:40:29	4,7	488,8	125
10:14:07		00:43:29	7,4	769,6	155
10:16:39		00:46:01	7,4	769,6	162
10:16:57	Des.	00:46:19	5,8	603,2	150
10:19:38		00:49:00	2	208	118
10:22:18		00:51:40	2	208	115

Tabela 4- Resultados do v_2 para trabalho pesado a 32°C e 40%Hr

Hora	Ciclo	Tempo (hh:mm:ss)	METS	M (W)	Fc (bpm)	Tsk
15:53:57	1ºT	00:02:00	4,7	488,8	98	34,08
15:59:26		00:07:29	7,4	769,6	137	34,15
16:06:56		00:14:59	7,4	769,6	160	34,43
16:07:26	Des	00:15:29	3,8	395,2	151	34,30
16:09:56		00:17:59	2	208	120	34,17
16:13:28		00:21:31	2	208	115	33,87
16:13:56	2ºT	00:21:59	2,9	301,6	123	33,89
16:17:26		00:25:29	7,4	769,6	153	33,71
16:20:58		00:29:01	7,3	759,2	162	33,79
16:21:26	Des.	00:29:29	4,9	509,6	153	33,79
16:23:54		00:31:57	2	208	140	33,93
16:25:56		00:33:59	2	208	118	33,82
16:26:26	3ºT	00:34:29	7,5	780	122	33,81
16:29:26		00:37:29	7,3	759,2	157	33,49
16:31:26		00:39:29	7,4	769,6	162	33,49
16:31:56	Des.	00:39:59	4,4	457,6	153	33,50
16:34:56		00:42:59	2	208	126	33,68
16:38:40		00:46:43	2	208	117	33,71
16:38:56	4ºT	00:46:59	2,5	260	117	33,95
16:40:56		00:48:59	7,5	780	155	33,90
16:43:09		00:51:12	7,4	769,6	169	33,42
16:43:26	Des.	00:51:29	6,3	655,2	153	33,44
16:46:56		00:54:59	2	208	122	33,70
16:50:07		00:58:10	2	208	115	33,65
16:50:26	5ºT	00:58:29	6,4	665,6	118	33,66
16:52:26		01:00:29	7,4	769,6	155	33,72
16:54:14		01:02:17	7,5	780	155	33,42
16:54:20	Rec.	01:02:23	2	208	155	33,33
16:57:49		01:05:52	2	208	140	33,56
17:01:22		01:09:25	2	208	123	33,83

Tabela 5 Resultados do v_2 para trabalho pesado a 32°C e 40% H_r

Hora	Ciclo	Tempo (hh:mm:ss)	METS	Tx Metab.(W)	Fc (bpm)	Tskc (°)
11:32:47	1°T	00:02:00	2,4	249,6	92	
11:42:16		00:11:29	7,4	769,6	144	
11:55:30		00:24:43	7,5	780	164	
11:55:46	1°Des	00:24:59	6,1	634,4	157	
11:59:46		00:28:59	2,3	239,2	122	
12:03:20		00:32:33	2,3	239,2	115	
12:03:46	2°T	00:32:59	4,5	468	123	
12:08:46		00:37:59	7,4	769,6	155	
12:13:16		00:42:29	7,3	759,2	160	
12:13:46	2°Des.	00:42:59	4,6	478,4	148	
12:18:16		00:47:29	2,2	228,8	125	
12:22:46		00:51:59	2,2	228,8	115	33,87
12:23:16	3°T	00:52:29	4,9	509,6	121	33,92
12:27:46		00:56:59	7,4	769,6	150	34,06
12:32:28		01:01:41	7,4	769,6	157	34,27
12:32:46	3°Des.	01:01:59	6,1	634,4	153	34,32
12:37:46		01:06:59	2,3	239,2	125	33,88
12:42:28		01:11:41	2,3	239,2	116	34,02
12:42:46	4° T	01:11:59	2,9	301,6	122	33,86
12:46:16		01:15:29	7,4	769,6	150	33,92
12:49:14		01:18:27	7,4	769,6	160	33,83
12:49:15	4° Des	01:18:28	7,4	769,6	157	33,73
12:52:38		01:21:51	2	208	126	
12:58:36		01:27:49	2	208	114	

Tabela 6- Resultados do v2 para trabalho pesado a 32°C e 40%Hr

Hora	Ciclo	Tempo (hh:mm:ss)	METS	Tx Metab.(W)	Fc (bpm)	Tc (°)
11:33:30	1°T	00:02:00	2,4	249,6	91	37,27
11:43:08		00:11:38	7,4	769,6	136	37,31
11:54:59		00:23:29	6,7	696,8	137	37,45
11:55:29	Des	00:23:59	3,7	384,8	134	37,46
11:58:00		00:26:30	2,2	228,8	116	37,49
12:01:29		00:29:59	2,2	228,8	111	37,53
12:01:59	2°T	00:30:29	5,2	540,8	120	37,53
12:12:05		00:40:35	7,4	769,6	141	37,61
12:21:36		00:50:06	7,4	769,6	146	37,71
12:21:59	Des.	00:50:29	5,5	572	133	37,71
12:24:52		00:53:22	2,2	228,8	120	37,78
12:27:29		00:55:59	2,2	228,8	111	37,79
12:27:59	3°T	00:56:29	5,4	561,6	125	37,78
12:38:00		01:06:30	7,4	769,6	148	37,86
12:47:24		01:15:54	7,5	780	160	37,94
12:47:30	Des.	01:16:00	4,2	436,8	157	37,94
12:50:58		01:19:28	2	208	126	38,02
12:55:23		01:23:53	2	208	120	37,96

Tabela 7- Resultados do v1 para trabalho leve a 32°C e 40%Hr

Hora	Ciclo	Tempo (hh:mm:ss)	METS	Tx Metab.(W)	Fc (bpm)	Tc (°)	Tsk
10:23:14	1°T	00:02:00	2,4	249,6	91	37,06	34,14
10:31:13		00:09:59	3,9	405,6	116	37,14	33,88
10:41:14		00:20:00	3,8	395,2	121	37,28	33,90
10:41:43	Des	00:20:29	2	208	112	37,28	34,00
10:43:32		00:22:18	2	208	100	37,32	34,11
10:46:19		00:25:05	2	208	96	37,32	34,01
10:46:43	2°T	0:25:29	2,7	280,8	110	37,33	33,98
10:56:53		00:35:39	3,8	395,2	122	37,4	33,94
11:06:13		00:44:59	3,8	395,2	121	37,51	33,92
11:06:43	Des.	00:45:29	1,9	197,6	123	37,51	33,87
11:10:13		00:48:59	1,9	197,6	111	37,55	33,97
11:12:35		0:51:21	1,9	197,6	96	37,59	34,20
11:12:43	3°T	0:51:29	2	208	95	37,59	33,97
11:21:43		01:00:29	3,8	395,2	121	37,62	33,75
11:32:40		01:11:26	3,9	405,6	129	37,69	33,99
11:32:44	Des.	01:11:30	3,9	405,6	127	37,71	33,88
11:35:00		01:13:46	2	208	108	37,73	33,82
11:37:13		01:15:59	2	208	116	37,75	34,07

Tabela 8- Resultados do v_1 para trabalho leve a 32°C e 40%Hr

Hora	Ciclo	Tempo (hh:mm:ss)	METS	Tx Metab.(W)	Fc (bpm)	Tsk (°C)
09:34:30	1°T	00:00:00	3	312	77	32,36
09:44:30		0:10:00	3,8	395,2	122	33,74
09:54:30		0:20:00	3,9	405,6	115	33,84
09:54:59	Des	00:20:29	3	312	112	33,82
09:56:00		00:21:30	2	208	101	33,78
09:57:10		00:22:40	2	208	86	33,80
09:57:29	2°T	00:22:59	2,6	270,4	103	33,84
10:04:59		00:30:29	3,8	395,2	115	33,81
10:12:09		00:37:39	3,9	405,6	115	33,94
10:12:29	Des.	00:37:59	3,3	343,2	112	33,93
10:15:09		00:40:39	2	208	109	33,97
10:17:58		00:43:28	2	208	97	33,92
10:17:59	3°T	00:43:29	2	208	98	33,89
10:28:29		00:53:59	3,8	395,2	121	34,12
10:39:07		01:04:37	3,8	395,2	121	34,09
10:39:29	Des.	01:04:59	3,2	332,8	116	34,09
10:42:10		01:07:40	2	208	97	34,15
10:45:21		01:10:51	2	208	92	34,22

Tabela 9- Resultados do v_2 para trabalho leve a 32°C e 40%Hr

Hora	Ciclo	Tempo (hh:mm:ss)	METS	M.(W)	Fc (bpm)	Tc (°)
11:20:17	1°T	00:00:01	1,3	135,2	83	37,15
11:30:16		00:10:00	3,8	395,2	109	37,13
11:40:16		00:20:00	3,9	405,6	112	37,17
11:40:46	Des	00:20:30	3	312	100	37,17
11:42:31		00:22:15	2	208	100	37,18
11:44:16		00:24:00	2	208	94	37,18
11:44:46	2°T	00:24:30	3,2	332,8	106	37,19
11:54:27		00:34:11	3,8	395,2	112	37,21
12:04:09		00:43:53	3,8	395,2	109	37,26
12:04:16	Des.	00:44:00	3,6	374,4	110	37,26
12:07:01		00:46:45	1,9	197,6	96	37,27
12:09:46		00:49:30	1,9	197,6	99	37,27
12:10:03	3°T	00:49:47	2,6	270,4	103	37,27
12:20:08		00:59:52	3,9	405,6	115	37,32
12:30:13		01:09:57	3,9	405,6	118	37,39
12:30:17	Des.	01:10:01	3,9	405,6	118	37,39
12:31:32		01:11:16	2	208	109	37,39
12:32:51		01:12:35	2	208	104	37,39

Tabela 10- Resultados do v2 para trabalho leve a 32°C e 40%Hr

Hora	Ciclo	Tempo (hh:mm:ss)	METS	M.(W)	Fc (bpm)	Tsk (°C)
11:32:41	1ºT	00:00:00	2,4	249,6	93	33,215
11:42:41		0:10:00	3,8	395,2	113	34,003
11:52:41		0:20:00	3,8	395,2	115	34,293
11:53:10	Des	00:20:29	3	312	114	34,344
11:55:40		00:22:59	2	208	102	34,366
11:57:47		00:25:06	2	208	99	34,450
11:58:10	2ºT	00:25:29	2,7	280,8	113	34,480
12:05:16		00:32:35	3,8	395,2	113	34,465
12:12:46		00:40:05	3,9	405,6	117	34,625
12:13:10	Des.	00:40:29	3,2	332,8	115	34,634
12:14:46		00:42:05	2	208	108	34,653
12:16:43		00:44:02	2	208	100	34,562
12:17:10	3ºT	00:44:29	2,8	291,2	115	34,476
12:27:40		00:54:59	3,8	395,2	114	34,638
12:37:50		01:05:09	3,8	395,2	117	34,585
12:37:59	Des.	01:05:18	3,6	374,4	117	34,609
12:40:10		01:07:29	2	208	113	34,626
12:42:21		01:09:40	2	208	107	34,445

Tabela 10- Resultados do v1 para trabalho pesado a 20°C e 80%Hr

Hora	Ciclo	Tempo (hh:mm:ss)	METS	M. (W)	Fc (bpm)	Tsk (°)
10:09:14	1ºT	00:00:00	2,4	249,6	81	32,11
10:25:14		0:16:00	7,4	769,6	137	32,06
10:41:14		0:32:00	7,2	748,8	155	32,81
10:41:43	Des	00:32:29	4,4	457,6	133	32,61
10:43:43		00:34:29	2,2	228,8	111	32,52
10:45:18		00:36:04	2,2	228,8	102	32,50
10:45:43	2ºT	00:36:29	4,3	447,2	118	31,99
10:55:14		00:46:00	7,4	769,6	141	31,41
11:05:43		00:56:29	7,4	769,6	144	31,67
11:05:44	Des.	00:56:30	5,5	572	137	31,77
11:08:43		00:59:29	2,2	228,8	118	31,70
11:11:44		01:02:30	2,2	228,8	106	31,75
11:12:13	3ºT	01:02:59	5	520	117	31,88
11:23:43		01:14:29	7,4	769,6	139	31,42
11:32:24		01:23:10	7,4	769,6	145	31,34
11:32:43	Des.	01:23:29	5,5	572	139	31,36
11:38:18		01:29:04	2	208	115	30,95
11:40:53		01:31:39	2	208	101	30,96

Tabela 11- Resultados do v1 para trabalho pesado a 20°C e 80%Hr

Hora	Ciclo	Tempo (hh:mm:ss)	METS	M.(W)	Fc (bpm)	Tsk (°)
11:29:33	1ºT	00:00:00	2,4	249,6	81	31,05
11:39:33		00:10:00	7,4	769,6	137	31,37
11:49:34		0:20:01	7,4	769,6	142	32,21
11:50:02	Des	00:20:29	4,9	509,6	127	32,25
11:51:32		00:21:59	2	208	108	32,39
11:52:37		00:23:04	2	208	101	32,39
11:53:02	2ºT	00:23:29	4,3	447,2	117	32,52
12:00:32		00:30:59	7,5	780	144	31,88
12:08:02		00:38:29	7,3	759,2	155	31,91
12:08:33	Des.	00:39:00	2,7	280,8	142	31,95
12:10:40		00:41:07	2	208	111	32,13
12:12:46		00:43:13	2	208	106	32,47
12:13:02	3ºT	00:43:29	3	312	110	32,18
12:18:48		00:49:15	7,4	769,6	144	31,50
12:24:33		00:55:00	7,3	759,2	150	32,00
12:25:02	Des.	00:55:29	4,1	426,4	133	31,98
12:28:51		00:59:18	2	208	102	32,15
12:32:39		01:03:06	2	208	98	31,55

Tabela 12- Resultados do v2 para trabalho pesado a 20°C e 80%Hr

Hora	Ciclo	Tempo (hh:mm:ss)	METS	M (W)	Fc (bpm)	Tsk (°)
11:52:29	1ºT	00:00:00	2,4	249,6	85	31,796
12:07:58		0:15:29	7,4	769,6	130	32,235
12:23:34		0:31:05	7,4	769,6	131	32,469
12:23:58	Des	00:31:29	5,4	561,6	125	32,416
12:25:28		00:32:59	2,2	228,8	109	32,427
12:26:58		00:34:29	2,2	228,8	108	32,516
12:27:28	2ºT	00:34:59	5,4	561,6	115	32,553
12:37:28		00:44:59	7,5	780	131	32,377
12:46:58		00:54:29	7,3	759,2	139	32,610
12:47:28	Des.	00:54:59	4,5	468	130	32,616
12:49:58		00:57:29	2,2	228,8	114	32,734
12:52:29		01:00:00	2,2	228,8	102	32,658
12:52:58	3ºT	01:00:29	6,8	707,2	105	32,546
13:00:16		01:07:47	7,5	780	133	32,351
13:12:28		01:19:59	7,4	769,6	134	32,560
13:12:29	Des.	01:20:00	5,4	561,6	125	32,434
13:17:15		01:24:46	2	208	110	31,882
13:18:50		01:26:21	2	208	101	31,829

Tabela 13- Resultados do v2 para trabalho pesado a 20°C e 80%Hr

Hora	Ciclo	Tempo (hh:mm:ss)	METS	Tx Metab.(W)	Fc (bpm)	Tsk (°)
11:34:32	1°C	00:00:00	2,4	249,6	92	31,735
11:45:41		00:11:09	7,4	769,6	101	31,817
11:55:10		0:20:38	7,4	769,6	130	32,173
11:57:31	Des	00:22:59	5	520	120	32,139
11:58:50		00:24:18	2,4	249,6	102	32,337
12:00:10		00:25:38	2,4	249,6	109	32,299
12:00:31	2°T	00:25:59	3,8	395,2	108	32,371
12:10:32		00:36:00	7,3	759,2	130	32,010
12:21:01		00:46:29	6,9	717,6	133	32,172
12:21:14	Des.	00:46:42	3,1	322,4	127	32,170
12:24:01		00:49:29	2,3	239,2	103	32,150
12:26:32		00:52:00	2,3	239,2	102	31,959
12:27:01	3°T	00:52:29	6,2	644,8	111	31,972
12:37:01		01:02:29	7,4	769,6	131	31,956
12:46:37		01:12:05	7,4	769,6	133	32,157
12:46:42	Des.	01:12:10	6,3	655,2	127	32,129
12:51:20		01:16:48	2	208	108	32,063
12:55:57		01:21:25	2	208	99	31,713

Tabela 14- Resultados do v1 para trabalho leve a 20°C e 80%Hr

Hora	Ciclo	Tempo (hh:mm:ss)	METS	M (W)	Fc (bpm)	Tsk (°)
09:40:15	1°T	00:00:00	2,4	249,6	82	30,94
09:55:15		0:15:00	3,9	405,6	114	31,33
10:10:17		0:30:02	3,9	405,6	110	32,42
10:10:44	Des	00:30:29	3,1	322,4	102	32,34
10:11:46		00:31:31	2	208	93	32,48
10:12:49		00:32:34	2	208	91	31,93
10:13:14	2°T	00:32:59	2,7	280,8	112	31,77
10:22:44		00:42:29	3,9	405,6	115	32,02
10:32:48		00:52:33	3,8	395,2	116	32,06
10:33:14	Des.	00:52:59	3,1	322,4	109	31,95
10:35:44		00:55:29	2	208	89	31,63
10:38:07		00:57:52	2	208	101	31,60
10:38:14	3°T	00:57:59	2,2	228,8	103	31,23
10:48:13		01:07:58	3,9	405,6	115	31,84
10:58:11		01:17:56	3,9	405,6	117	32,07
10:58:12	Des.	01:17:57	3,1	322,4	111	32,14
11:01:04		01:20:49	2	208	108	32,17
11:03:55		01:23:40	2	208	90	31,61

Tabela 15- Resultados do v1 para trabalho leve a 20°C e 80%Hr

Hora	Ciclo	Tempo (hh:mm:ss)	METS	M (W)	Fc (bpm)	Tsk (°)
09:29:22	1°T	00:00:00	2,4	249,6	88	31,550
09:39:22		0:10:00	3,9	405,6	120	31,783
09:49:22		0:20:00	3,8	395,2	120	32,186
09:49:51	Des	00:20:29	3	312	113	32,255
09:50:22		00:21:00	2,1	218,4	110	32,246
09:51:33		00:22:11	2	208	100	32,850
09:51:51	2°T	00:22:29	2,5	260	113	32,450
10:01:51		00:32:29	3,9	405,6	123	32,410
10:11:33		00:42:11	3,9	405,6	121	32,582
10:11:51	Des.	00:42:29	3,4	353,6	121	32,616
10:13:51		00:44:29	2	208	103	32,643
10:16:13		00:46:51	2	208	102	32,792
10:16:21	3°T	00:46:59	2,2	228,8	103	32,643
10:26:13		00:56:51	3,8	395,2	123	32,505
10:36:13		01:06:51	3,9	405,6	116	32,391
10:36:21	Des.	01:06:59	3,7	384,8	116	32,440
10:39:15		01:09:53	2	208	88	32,582
10:42:09		01:12:47	2	208	85	32,212

Tabela 16- Resultados do v2 para trabalho leve a 20°C e 80%Hr

Hora	Ciclo	Tempo (hh:mm:ss)	METS	M. (W)	Fc (bpm)	Tsk (°)
11:15:46	1°T	00:00:00	2,4	249,6	90	31,308
11:25:46		00:10:00	3,8	395,2	102	31,332
11:35:46		0:20:00	3,8	395,2	106	31,166
11:36:15	Des	00:20:29	3	312	104	31,165
11:36:46		00:21:00	2,1	218,4	93	31,243
11:37:20		00:21:34	2	208	93	31,278
11:37:45	2°T	00:21:59	2,7	280,8	97	31,372
11:47:20		00:31:34	3,9	405,6	104	31,000
11:57:20		00:41:34	3,8	395,2	104	31,239
11:57:45	Des.	00:41:59	3,1	322,4	99	31,260
11:58:45		00:42:59	2	208	94	31,292
12:00:04		00:44:18	2	208	90	31,433
12:00:15	3°T	00:44:29	2,3	239,2	88	31,508
12:10:15		00:54:29	3,8	395,2	107	31,495
12:20:04		01:04:18	3,8	395,2	111	31,456
12:20:15	Des.	01:04:29	3,6	374,4	107	31,490
12:22:32		01:06:46	2	208	96	31,487
12:24:49		01:09:03	2	208	92	31,759

Tabela 17- Resultados do v2 para trabalho leve a 20°C e 80%Hr

Hora	Ciclo	Tempo (hh:mm:ss)	METS	M. (W)	Fc (bpm)	Tsk (°)
11:15:26	1°T	00:00:00	2,4	249,6	93	31,935
11:25:26		00:10:00	3,9	405,6	110	31,811
11:35:26		0:20:00	3,9	405,6	117	31,530
11:35:55	Des	00:20:29	3	312	117	31,536
11:36:26		00:21:00	2	208	109	31,494
11:37:34		00:22:08	2	208	108	31,549
11:37:55	2°T	00:22:29	2,6	270,4	109	31,429
11:47:33		00:32:07	3,8	395,2	112	31,057
11:57:33		00:42:07	3,8	395,2	114	31,009
11:57:55	Des.	00:42:29	3,2	332,8	112	31,016
11:58:55		00:43:29	2	208	109	31,031
12:00:20		00:44:54	2	208	100	31,111
12:00:25	3°T	00:44:59	2,1	218,4	100	31,141
12:10:25		00:54:59	3,8	395,2	115	31,052
12:20:23		01:04:57	3,8	395,2	115	31,040
12:20:25	Des.	01:04:59	3,7	384,8	114	31,067
12:22:51		01:07:25	2	208	103	31,112
12:25:17		01:09:51	2	208	97	31,012

Anexo II - DEMSHO-IM01_01 – Declaração de Consentimento Informado

Mestrado em Engenharia de Segurança e Higiene Ocupacionais
Declaração de Consentimento Informado
(baseado no anexo A da ISO 12894:2001)

Nome
 Idade Género: M....F....
 Médico Assistente
 Morada

Declaro para devido efeito que:

1. Estou disposto a participar como voluntário, num estudo experimental ao tema:.....

Que será conduzido por:

Nas instalações do (a).....

2. Recebi uma explicação sobre a natureza e a finalidade deste estudo e de quaisquer riscos para a minha saúde que estão previstos e que podem ser:
 - a) Aumento da temperatura interna e da temperatura da pele durante o ensaio;
 - b) Aumento do batimento cardíaco durante o ensaio;
 - c) Eventual dificuldade para deglutir a cápsula;
 - d) Outro qualquer sintoma de stresse por calor que apareça durante o ensaio, como, por exemplo, dores de cabeça, náuseas ou vertigens, deve ser imediatamente comunicado e o ensaio suspenso.
3. Concordo em fornecer informações precisas sobre a minha saúde e ser submetido a exame médico, se tal for necessário. Concordo que o meu médico de família forneça informações sobre o meu histórico médico para o médico independente autorizado para o estudo. Entendo que todas as informações sobre a minha saúde são tratadas em sigilo.

Concordo em cooperar plenamente com os investigadores e não tomar qualquer atitude voluntária que possa invalidar os resultados.

Mestrado em Engenharia de Segurança e Higiene Ocupacionais

4. Durante o decorrer das investigações a que estou agora a dar o meu consentimento, comprometo-me a não participar, como voluntário, em qualquer outro estudo, sem informar previamente os investigadores e obter a sua aprovação.
5. A qualquer momento sei que posso retirar o meu consentimento de participação no estudo, sem necessidade de dar uma explicação para a minha decisão.
6. Compreendi a informação que me foi dada, tive oportunidade de fazer perguntas e as minhas dúvidas foram esclarecidas.
7. Aceito participar de livre vontade no estudo acima mencionado.
8. Autorizo expressamente que os dados obtidos na minha pessoa sejam utilizados para a produção de artigos técnicos e científicos, sendo garantido sigilo sobre a minha identidade.

Assinatura.....

Data.....

Declaração do pesquisador

No âmbito do estudo descrito acima, expliquei ao Senhor..... a natureza e a finalidade do estudo e de eventuais riscos de participação no mesmo. Mais, expliquei que a decisão dos voluntários não afeta o direito à indemnização em caso de doença ou lesão, incluindo riscos que possam ocorrer, ainda que não previstos.

Assinatura.....

Data.....

Anexo III - Procedimento- colocação dos equipamentos

1º Coloca-se é o ECG a volta da cintura do voluntário, o flux 29 fica a esquerda como indicado na figura1. Os pontos onde se colocam os sensores e eléctrodos devem ser depilados e limpos com álcool para melhor aderência.

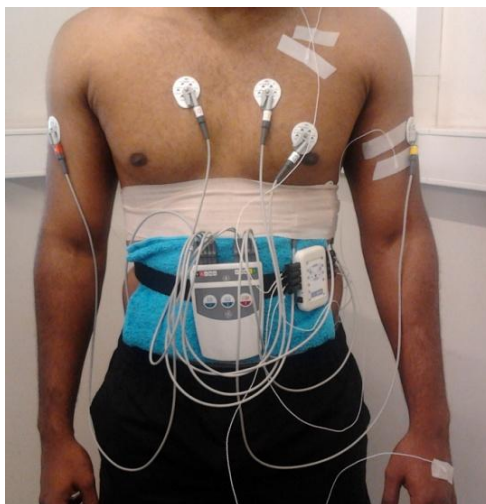


Figura 1-colocação do ECG e do Plux29

2º- Colocação dos sensores do flux 29 nos oitos pontos distintos de acordo com a ISO 9886, (2004) (1,3,4,5,6,7,10 e 13) da figura 2 com ajuda de fita adesiva.

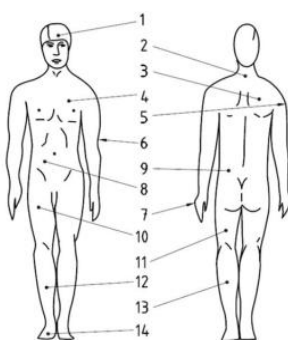


Figura 2-pontos onde se põe os sensores

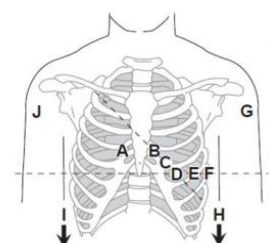


Figura 3-localização dos eléctrodos do ECG

3º- Colocação das 12 derivações do ECG de acordo com as figuras1 e 2 com ajuda de adesivos próprios, as derivações I e H, são colocados na parte interna da perna direita e esquerda respetivamente.

4º- No final o voluntário veste o colete onde está instalado o equipamento que vai detetar presença da cápsula no interior do organismo e transmitir os dados da temperatura interna (Figura 4).

Ativação da cápsula: Abre-se a embalagem que contem a cápsula, com umas luvas agarra-se na cápsula aproximando-o do activador. Com ajuda de um programa (Equivital) a cápsula é activada ao ser ativada aparece um nº de série que deve ser colocado numa

pulseira própria que o voluntário deve usar quando ingerir a cápsula, esta pulseira é para ser usada enquanto tiver a cápsula no organismo.



Figura 4-OS equipamentos equivital para medir a T_c

Anexo VI - Ficha individual de ensaios (FIE)

FIE 01_01 -Plano de ensaios Ambiente Térmico (trabalho pesado)

		Nome:					Data		Ensaio nº.....			
		Leu o regulamento, concordou e assinou										
P A R T E I	Data de Nascimento		Metabolismo Basal	H (45)	M(40)	Actividade	Intenso (>260 W/m²)		Pessoa não aclimatada			
	Idade		Género	F	M	Postura	De pé		IMC Fixo- entre 18,5 E 25			
	Profissão:.....		PARÂM. AMB. CÂMARA CLIMATICA			PARÂM. INDIVIDUAIS			PÂRAM. ANTROPOMETRICOS			
			T(°C)	Hr(%)	Var (m/s)	Tg(°C)	Tx Metabolismo (w/m²)	Vestuário	Altura	Peso Inicial	Peso Final	IMC=Pes/alt²
Cápsula nº.....				0								

P A R T E I I			MECANISMOS TERMOREGULADORES					
			INDICADORES FISIOLÓGICOS					
	Data.....	Hora	Freq. Card.	Freq. Resp.	T. Pele	Core T	EEG	METS
	Observações							
	Tempo Total							
Outros dados	Co2 Inicial.....	Co2 Final.....	Tlab.....	Hrlab.....				

FIE 01_02 -Plano de ensaios Ambiente Térmico (trabalho leve)

P A R T E I	 Universidade do Porto Faculdade de Engenharia FEUP		Nome: Leu o regulamento, concordou e assinou				Data		Ensaio nº.....			
	Data de Nascimento		Metabolismo Basal		H (45)	M(40)	Actividade	Leve(70 a 130 W/m²)		Pessoa não aclimatada		
	Idade		Género		F	M	Postura	De pé		IMC Fixo- entre 18,5 E 25		
	Profissão:.....		PARÂM. AMB. CÂMARA CLIMATICA				PARÂM. INDIVIDUAIS		PÂRAM. ANTROPOMETRICOS			
			T(°C)	Hr(%)	Var (m/s)	Tg(°C)	Tx Metabolismo (w/m²)	Vestuário	Altura	Peso Inicial	Peso Final	IMC=Pes/alt²
Cápsula nº.....				0								

P A R T E I			MECANISMOS TERMOREGULADORES					
			INDICADORES FISIOLÓGICOS					
	Data.....	Hora	Freq. Card.	Freq. Resp.	T. Pele	Core T	EEG	METS
	Observações							
	Tempo Total							
Outros dados	Co2 Inicial.....	Co2 Final.....	Tlab.....	Hrlab.....				

