



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Thiago Lourenço Cardoso

Avaliação do conforto térmico e análise do comportamento energético de uma sala de cinema

Tese de Mestrado

Mestrado em Engenharia Industrial

Trabalho efetuado sob a orientação

Professora Doutora Senhorinha Teixeira

Professora Doutora Isabel Freitas Loureiro

Outubro 2017

AGRADECIMENTOS

Aqui gostaria de deixar o meu agradecimento a todos os que tornaram a realização desta dissertação possível.

Em primeiro lugar gostaria de agradecer a toda à gerência do Cinemax Penafiel que demonstrou total disponibilidade e interesse em me acompanhar em todo este processo.

Às Professoras Senhorinha Teixeira e Isabel Loureiro agradeço pela dedicação e pela disponibilidade demonstrada ao longo deste percurso, assim como pelos conselhos e orientação dadas, essenciais para a realização desta dissertação.

Ao Professor Luís Martins e aos meus colegas Cláudio Oliveira e Henrique Delgado, pela ajuda no trabalho desenvolvido na modelação e simulação energética do espaço em estudo.

Por fim gostaria de agradecer à minha família pelo apoio que me têm dado ao longo dos anos, em especial aos meus pais por apoiarem as minhas escolhas e à minha companheira pois sem e a ajuda deles não seria possível.

O meu sincero obrigado a todos.

RESUMO

O tema principal deste trabalho é a caracterização da experiência vivida por um utilizador de uma sala de cinema na dimensão relacionada com o Ambiente Térmico. Foi efetuado um levantamento exaustivo de informação que permitiu caracterizar um conjunto de variáveis que podem afetar a experiência do utilizador neste tipo de contextos.

A recolha de informação compreendeu: uma lista de verificação para caracterização do espaço e da sua utilização; a medição experimental das variáveis relacionadas com o Ambiente Térmico e o cálculo de Índices de Conforto Térmico; e ainda uma análise subjetiva do conforto térmico dos utilizadores do espaço, resultado da implementação de dois questionários para analisar a perceção dos utilizadores face às condições de uma sala de cinema.

Os valores obtidos com o cálculo dos índices do Conforto Térmico e das medições experimentais foram comparados com os referenciados na norma ISO 7330:2005, e com os valores que resultaram da avaliação subjetiva.

A par das análises acima mencionadas, o espaço foi modelado através dos softwares OpenStudio e SketchUp2016, que permitiram a posterior simulação energética da sala de cinema recorrendo ao software Energyplus.

No final, os resultados obtidos foram comparados e analisados de forma a obter bases sólidas para uma melhor compreensão dos parâmetros que afetam o bem-estar do utente deste tipo de espaços.

PALAVRAS-CHAVE

Conforto térmico, Cinema, Ambiente Térmico, Simulação energética, Energy Plus

ABSTRACT

The main theme of this work is the characterization of the experience lived by a user of a movie theater in the dimension related to the Thermal Environment. An exhaustive survey of information was made that allowed to characterize a set of variables that can affect the user experience in this type of contexts.

The collection of information included: a checklist for characterization of space and its use; the experimental measurement of the variables related to the Thermal Environment and the calculation of Thermal Comfort Indices; and a subjective analysis of the thermal comfort of the users of the space, result of the implementation of two questionnaires to analyze the perception of the users against the conditions of a movie theater.

The values obtained with the calculation of the Thermal Comfort indices and the experimental measurements were compared with those referenced in ISO 7330: 2005, and with the values that resulted from the subjective evaluation.

In addition the space was modeled using the OpenStudio and SketchUp2016 softwares, which allowed the subsequent energy simulation of the cinema using Energyplus software.

In the end, the obtained results were compared and analyzed in order to obtain solid bases for a better understanding of the parameters that affect the well-being of the user of this type of spaces.

KEYWORDS

Thermal comfort, Cinema, Thermal environment, Energy simulation, Energy Plus

ÍNDICE

Agradecimentos.....	iii
Resumo.....	v
Abstract.....	vii
Índice de Figuras.....	xiii
Índice de Tabelas.....	xvii
1. Introdução.....	1
1.1 Objetivos do estudo.....	1
1.2 Espaço em estudo.....	2
1.3 Estrutura da dissertação.....	2
2. Enquadramento Teórico.....	3
2.1 Ambiente Térmico.....	3
2.1.1 Temperatura Média Radiante.....	3
2.1.2 Temperatura do Ar.....	4
2.1.3 Velocidade do Ar.....	4
2.1.4 Humidade do ar.....	4
2.2 Equilíbrio térmico.....	4
2.2.1 Metabolismo.....	6
2.2.2 Vestuário.....	8
2.2.3 Outros parâmetros.....	8
2.3 Conforto térmico em ambiente térmico interior neutro.....	9
2.4 Normas e Legislação.....	10
2.5 Método de Avaliação do conforto térmico -PPD - PMV.....	10
2.6 Utilização de Questionários para avaliação do conforto térmico.....	13
2.7 Simulação Energética.....	13
3. Metodologia.....	14
3.1 Caracterização do espaço em estudo - Lista de verificação.....	15
3.2 Caracterização da utilização do espaço em estudo.....	17
3.3 Medições experimentais.....	18
3.4 Inquérito por questionário.....	19

3.5	Modelação 3D do espaço em estudo	20
3.6	Simulação energética usando o Energy Plus	22
	Dados Climáticos	22
	Perfis de utilização	22
4.	Apresentação de resultados	29
4.1	Resultados dos inquéritos por questionário	29
4.1.1	Inquérito por questionário - Final da sessão de cinema	29
4.1.2	Inquérito por questionário - Online	32
4.2	Resultados das medições experimentais	35
4.3	PPD e PMV	39
4.4	Resultados da simulação Energy Plus	44
5.	Análise dos Resultados	47
5.1	Análise dos resultados dos inquéritos e das medições experimentais	47
5.1.1	Resultados os Inquéritos	47
5.1.2	Medições experimentais.....	48
5.2	Análise dos resultados do PPD -PMV e avaliação subjetiva	50
5.2.1	Análise resultados do PPD-PMV - Sessão das 15h00 do dia 19 de Abril 2017	50
5.2.2	Análise resultados do PPD-PMV - Sessão das 18h50 do 19 de Abril 2017	50
5.2.3	Análise resultados do PPD PMV e avaliação subjetiva - Sessão das 21h40 do 27 de Abril 2017	50
5.3	Análise dos resultados da simulação energética.....	52
6.	Conclusões e propostas de melhoria	55
	Propostas de melhoria	55
	Modelação e Simulação energética.....	56
	Proposta para trabalhos futuros	56
	Anexo I – Lista de verificação.....	62
	Anexo II – questionário: Final da sessão.....	65
	Anexo III – Questionário online.....	66

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Trocas térmicas entre o individuo e o ambiente.	5
Figura 2.2 -Taxa metabólica para diferentes níveis de atividade física	8
Figura 2.3 Valores de isolamento térmico, para diferentes combinações de vestuário	8
Figura 2.4 Normas em vigor este esquema deve estar junto do texto explicativo que apresentas mais para a frente	10
Figura 2.5 PPD em função do PMV	12
Figura 3.1 Pontos de insuflação do ar.....	15
Figura 3.2 Pontos de extração do ar.....	15
Figura 3.3 Distribuição da ocupação da sala	18
Figura 3.4 Modelação sala 2 - Vista exterior	21
Figura 3.5 Modelação sala 2 - Vista corte.....	21
Figura 3.6 Paredes exteriores	21
Figura 3.7 Paredes interiores.....	22
Figura 3.8 Interface do Energyplus - Definição das potências dos equipamentos.....	24
Figura 3.9 Interface do Energyplus – Definição da ocupação	25
Figura 3.10 Perfis de ocupação 1 – de 2 ^a a 6 ^a feira	26
Figura 3.11 Perfis de ocupação 2 - sábado	27
Figura 3.12 Perfil de ocupação 3 - domingo	27
Figura 3.13 Interface Energyplus - Definição das propriedades das paredes, tectos e chão.	28
Figura 4.1 Distribuição da ocupação da sessão.....	29
Figura 4.2 Resultado do questionário. Questão - Fatores que influenciam a escolha do lugar?	Error! Bookmark not defined.
Bookmark not defined.	
Figura 4.3 Resultado do questionário. Questão - Relativamente à temperatura da sala, indique como se sentiu.....	Error! Bookmark not defined.
Figura 4.4 Resultado do questionário. Questão - Alterava a temperatura da sala?.....	Error! Bookmark not defined.
defined.	
Figura 4.5 Distribuição da ocupação de acordo com a resposta à pergunta - Alterava a temperatura da sala?	Error! Bookmark not defined.
Figura 4.6 Resultado do questionário. Questão - Indique como preferia que a temperatura da sala estivesse.	Error! Bookmark not defined.

Figura 4.7 Resultado do questionário. Questão - Considera que as condições de ambiente térmico são as mais adequadas?	Error! Bookmark not defined.
Figura 4.8 Resultado do questionário online. Questão - Relativamente à temperatura da sala, indique como se sentiu.	Error! Bookmark not defined.
Figura 4.9 Resultado do questionário online. Questão - Sentiu correntes de ar?.....	Error! Bookmark not defined.
Figura 4.10 Resultado do questionário online. Questão - Alterava a temperatura da sala?	Error! Bookmark not defined.
Figura 4.11- Resultado do questionário. Questão - Indique como preferia que a temperatura da sala estivesse.	Error! Bookmark not defined.
Figura 4.12 Resultado do questionário. Questão - Considera que as condições de ambiente térmico são as mais adequadas?	Error! Bookmark not defined.
Figura 4.13 Resultado do questionário. Questão - Acha que o género de filme a que assistiu pode ter alterado a sua perceção térmica?.....	Error! Bookmark not defined.
Figura 4.14 Resultado do questionário. Questão - Classifique de 1 a 5 a importância do seu conforto térmico, para uma boa experiência de cinema.	Error! Bookmark not defined.
Figura 4.15 Resultados Software “EasyLog”, 1º Medição 19-04-17	36
Figura 4.16 Resultados Software “EasyLog”, 2º Medição, Lugar B8	37
Figura 4.17 Resultados Software “EasyLog”, 2º Medição, Lugar G12	Error! Bookmark not defined.
Figura 4.18 Resultados Software “EasyLog”, 2º Medição, Lugar K14	Error! Bookmark not defined.
Figura 4.19 Resultados Software “EasyLog”, 3º Medição, Lugar B8	38
Figura 4.20 Resultados Software “EasyLog”, 3º Medição, Lugar G12	39
Figura 4.21 Resultados Software “EasyLog”, 3º Medição, Lugar K14	39
Figura 4.22 PMV em função do PPD, Sessão: 15h30 - 19-04-2017	40
Figura 4.23 PMV ao longo da duração da sessão 15h30 -19-04-2017	40
Figura 4.24 PMV em função do PPD, Sessão: 18h50 - 19-04-2017	41
Figura 4.25 PMV em função da duração da sessão 18h50 de 19-04-2017	41
Figura 4.26 PMV em função do PPD, Sessão: 21h00 - 27-04-2017 – Lugar B8.....	42
Figura 4.27 PMV em função do PPD, Sessão: 21h00 - 27-04-2017 – Lugar G12.....	42
Figura 4.28 PMV em função do PPD, Sessão: 21h00 - 27-04-2017 – Lugar K14.....	43
Figura 4.29 PMV em função da duração da sessão, Lugares B8, G12 e K14	44
Figura 4.30 Distribuição do consumo energético anual da sala de cinema.....	44

Figura 4.31 Balanço energético mensal da sala de cinema	45
Figura 4.32 Balanço energético mensal, para o consumo energético necessário para o arrefecimento	45
Figura 4.33 Balanço energético mensal, para o consumo energético necessário para o aquecimento.	45
Figura 4.34 Variação mensal da temperatura exterior, carga para aquecimento e carga para arrefecimento	46
Figura 4.35 Variação mensal da temperatura exterior, carga para aquecimento e carga para arrefecimento. 100% ocupação	46
Figura 5.1 Certificado energético - Consumo anual.....	Error! Bookmark not defined.

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1 Consumo metabólico por unidade de superfície cutânea em função da idade e do sexo.	7
Tabela 2.2 Valores de referência para a temperatura dos edifícios tendo em consideração o tipo de edifício	9
Tabela 2.3 Escala de sensação térmica	11
Tabela 2.4 Valores de referência do PPD e PMV de acordo com edifício	13
Tabela 3.1 Resumo do consumo energético da iluminação.....	25
Tabela 3.2 Taxas de ocupação mensais – Referência 2016.....	26
Tabela 4.1: Parâmetros ambientais - 1ª sessão -15h30 dia 19-04-2017	36
Tabela 4.2: Parâmetros ambientais - 2ª sessão - 18h50 dia 19-04-2017	36
Tabela 4.3 Valores de PMV e PPD - Sessão: 15h30 - 19-04-2017	40
Tabela 4.4 Valores de PMV e PPD - Sessão: 18h50 - 19-04-2017.....	41
Tabela 4.5 Valores de PMV e PPD - Sessão: 21h00 - 27-04-2017 Lugar B8.....	42
Tabela 4.6 Valores de PMV e PPD, no lugar G12 na Sessão das 21h00 - 27-04-2017	43
Tabela 4.7 Valores de PMV e PPD - Lugar K14 na Sessão: 21h00 - 27-04-2017	43
Tabela 5.1 Distribuição do consumo energético	Error! Bookmark not defined.
Tabela 5.2 Cargas de Aquecimento e Arrefecimento - Certificado Energético.....	Error! Bookmark not defined.
Tabela 5.3 Cargas de Aquecimento e Arrefecimento - Real e Simulado.....	Error! Bookmark not defined.

1. INTRODUÇÃO

Em 31 de Dezembro de 2016 existiam em Portugal 549 ecrãs de cinema, 192 destes em recintos Multiplex (8 ou mais salas de cinema), com um total de 103.583 lugares, destes 35.758 em recintos com oito ou mais salas de cinema. No ano de 2016 foram exibidas 650.011 sessões de cinema, para um total de 14.890.813 espetadores. (ICA, 2016).

As salas tinham em média 188,67 lugares, com uma taxa média de ocupação de aproximadamente 12%. Considerando a duração média do TOP 10 dos filmes mais visto em 2016, 117 minutos, o somatório de horas que os espetadores passaram dentro das salas de cinema Portuguesas rondará as 29.037.085 horas.

A “experiência cinema” requer um ambiente tecnicamente preparado para esse fim, capaz de proporcionar ao utilizador uma envolvimento que este não consegue replicar em outros espaços. Assistir a um filme em uma sala de cinema resulta na ocupação temporária de um espaço climatizado, por um determinado período de tempo. Uma experiência sensorial, sendo que a inadequação do ambiente térmico ou outro elemento como por exemplo; o som, a iluminação e outros, podem provocar interferências e quebrar a sintonia estabelecida entre o espectador e a narrativa.

Particularizando na questão do Ambiente Térmico, as variáveis ambientais tais como o calor radiante, a temperatura, a humidade e a velocidade do ar, deverão ser ajustadas através dos sistemas de climatização de acordo com a taxa de ocupação e a temperatura exterior considerando que os indivíduos estarão em repouso, sentados e quietos e que o vestuário estará de acordo com a temperatura exterior.

1.1 Objetivos do estudo

As pessoas passam grande parte do seu tempo em ambientes fechados (Rai et al., 2015), muitos dos quais climatizados, cuja programação dos equipamentos deve ser regulada adequadamente tendo em consideração a saúde, o conforto e a produtividade dos seus ocupantes (Richardson, 2005).

Quando o ambiente térmico não é o mais adequado, os indivíduos tendem a adaptar o seu comportamento e as suas expectativas de forma a adaptarem-se ao ambiente, sendo que estes têm

uma menor tolerância para a inadequação do ambiente térmico em espaços climatizados, em comparação com espaços naturalmente ventilados (Dear e Brager, 1998).

Os efeitos físicos causados por ambientes termicamente desconfortáveis, induzem a agitação, o que pode reduzir a atenção e a concentração, e conduzir à fadiga e à sonolência (Dias, 2013).

De forma a proporcionar uma boa experiência de cinema, é fundamental garantir o conforto térmico dos utilizadores.

O objetivo deste estudo é caracterizar o ambiente térmico e caracterizar o consumo energético de uma sala de cinema, tentando obter bases sólidas para uma melhor compreensão dos parâmetros que afetam a experiência vivida pelos utilizadores destes espaços.

1.2 Espaço em estudo

O espaço em estudo é a Sala 2 do complexo de cinema do Cinemax Penafiel aberto desde 2002, e que no momento é explorado pelo exibidor Cenário Casual Unipessoal, LDA, empresa que iniciou a sua atividade em Abril de 2014. O Cinemax Penafiel é constituído por 3 salas de cinema com um total de 366 lugares e está inserido no nº 104 de uma galeria comercial sita na Rua D. António Ferreira Gomes no centro da cidade de Penafiel, região do Tâmega e Sousa, cuja população residente é de 423.683 habitantes.

A escolha desta sala prende-se pelo facto desta ser a maior sala deste complexo de cinema, com 170 lugares e a sua lotação ser a que mais se aproxima da lotação média das salas Nacionais, de 188 lugares

Na fase inicial deste estudo foi realizada uma reunião com a gerência do complexo de cinema com o objetivo de explicar quais os objetivos desta investigação e demonstrar a pertinência que esta poderia ter, pois iria dotar o cinema de mais informação acerca do ambiente térmico das suas salas e da experiência dos seus utilizadores, sendo que este serviria de ferramenta para implementação de melhorias numa ótica de melhoria contínua.

1.3 Estrutura da dissertação

O presente estudo foi dividido em sete capítulos. No segundo capítulo é feito um enquadramento teórico dos conceitos que se pretende estudar. No terceiro capítulo é caracterizado o espaço em estudo assim como a sua utilização. No quarto capítulo é apresentada e caracterizada a metodologia escolhida para o estudo, seguida da apresentação dos resultados, no capítulo quinto, e da análise dos mesmos, no capítulo sexto. O sétimo capítulo apresenta um conjunto de conclusões e de propostas de melhoria para o espaço em estudo.

2. ENQUADRAMENTO TEÓRICO

Neste capítulo serão apresentados os principais conceitos teóricos, resultado da recolha de dados da literatura existente, por forma a enquadrar o tema em estudo.

O enquadramento teórico começa por apresentar o conceito de ambiente térmico e equilíbrio térmico, enumerando e descrevendo as variáveis ambientais e individuais e outros parâmetros que influenciam o conforto térmico do indivíduo. De seguida é caracterizado o ambiente térmico interior neutro, o índice de avaliação do conforto térmico PPD-PMV e descrita a importância da utilização de inquéritos por questionário para a recolha de dados relativos à perceção de conforto térmico dos indivíduos.

O capítulo termina com o enquadramento da relevância da simulação energética segundo diversos autores, com a enumeração das ferramentas disponíveis para o efeito.

2.1 Ambiente Térmico

O ambiente térmico desempenha um papel fundamental na tomada de decisões no ponto de vista da comodidade e do desempenho dos indivíduos. Trata-se de um campo complexo, que atrai o interesse de vários investigadores, desde há muito tempo (Pantavou et al., 2013).

O ambiente térmico representa um conjunto de variáveis térmicas que influenciam as trocas de calor entre o indivíduo e o meio em que este se insere (Dias, 2013).

A ASHRAE (2004) caracteriza-o como um conjunto de características do ambiente que afetam a perda de calor de uma pessoa. Yao, Lian, Liu e Shen (2007), afirmam que o ambiente térmico resulta da complexa interação entre a temperatura média radiante, temperatura do ar, velocidade do ar e humidade do ar, denominados de parâmetros ambientais.

2.1.1 Temperatura Média Radiante

Esta é definida pela ASHRAE (2004) como a temperatura de superfície uniforme de um invólucro imaginário preto em que um ocupante trocaria a mesma quantidade de calor radiante, como no espaço real não uniforme. A temperatura radiante média é representada por (t_{rm}) e pode ser diferente da temperatura do ar, resultado da temperatura das superfícies (Rossi, 2012). É uma variável calculada (Grondzik e Kwok, 2015), em função da temperatura de globo, temperatura do ar e velocidade do ar, e coeficientes de ponderação (Miguel, 2014). Intervém nas trocas de calor por

convecção ao nível do indivíduo, e resume a exposição do indivíduo aos fluxos de radiação em um determinado ambiente (Johansson et al., 2006).

2.1.2 Temperatura do Ar

A temperatura do ar representa a temperatura em torno do ocupante (ASHRAE, 2004), representada por (t_a), usualmente expressa em grau Centígrados ($^{\circ}\text{C}$), Fahrenheit ($^{\circ}\text{F}$) (Araújo, 2010). É um parâmetro ambiental que caracteriza o ambiente (Sarbu e Sebarchievici, 2013) e intervém na determinação das trocas de calor por convecção ao nível do indivíduo (Miguel, 2014).

A temperatura pode ser medida através de termómetros de dilatação de líquidos (mercúrio, álcool), termopares (baseados na geração de uma força eletromotriz), termístores (formados por semicondutores) e termómetros de resistência (Miguel, 2014).

2.1.3 Velocidade do Ar

A velocidade do ar é a taxa de circulação de ar num determinado ponto, sem ter em consideração a sua direção (ASHRAE, 2004). A velocidade do ar é representada por (V_a), expressa em $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ (metros por segundo) e intervém na determinação das trocas de calor por convecção entre o indivíduo e o ambiente (ISO 7730, 2005). Para sua mensuração podem ser utilizados anemómetros térmicos ou de rotação (Miguel, 2014), que permitem medições unidirecionais e/ou omnidirecionais. Os anemómetros de rotação são baseados em princípios elétricos ou mecânicos (Kroemer, 2014) e permitem medir velocidade de ar até cerca de $50\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ rotação (Miguel, 2014).

2.1.4 Humidade do ar

A humidade do ar representa a quantidade de água no ar em termos absolutos (h_a), fator que intervém na determinação das trocas de calor por evaporação ao nível do indivíduo. (Miguel, 2014). O teor real de vapor em relação ao teor máximo possível para uma determinada temperatura do ar e pressão atmosférica, denomina-se de humidade relativa do ar (h_r) (Kroemer, 2014). Esta pode ser medida diretamente com um higrómetro ou pode ser determinada através de um psicrómetro (Araújo, 2010).

2.2 Equilíbrio térmico

O indivíduo necessita de manter a sua temperatura interna dentro de limites muito estreitos, e a uma temperatura de aproximadamente 37°C , o que obriga a uma procura constante de equilíbrio térmico. A homeotermia é assegurada sempre que o fluxo de calor produzido pelo organismo for igual ao fluxo de calor cedido ao ambiente, para que a temperatura se mantenha constante (Miguel, 2014), assegurando a ótima operação das principais funções do organismo em particular, do sistema nervoso central (Araújo, 2010).

A Figura 2.1 representa as trocas térmicas entre o indivíduo e o ambiente, abaixo discriminadas.

- Radiação: Transmissão de calor através de ondas eletromagnéticas entre o indivíduo e outros corpos ou objetos.
- Convecção: Troca térmica que resulta da diferença de temperatura entre a pele do indivíduo e o ar.
- Condução: Troca térmica que resulta da diferença de temperatura entre o indivíduo e os objetos.
- Evaporação: Perda de calor que ocorre no respiratório e ao nível da pele.

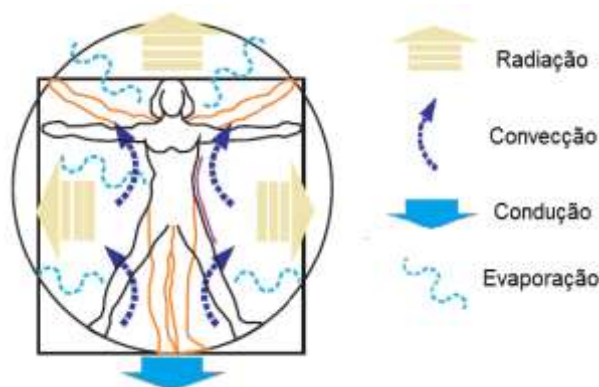


Figura 2.1 Trocas térmicas entre o indivíduo e o ambiente.

Quando o calor cedido pelo organismo ao meio ambiente é inferior ao calor recebido pelo metabolismo, o organismo tende a aumentar a sua temperatura para evitar a hipertermia. Se o calor cedido ao meio ambiente é superior ao calor recebido pelo metabolismo, o organismo tende a arrefecer, para evitar a hipotermia. Este comportamento fisiológico de adaptação ao ambiente térmico é denominado por aclimatização (Rodrigues, 2007). O gênero, o grau de aclimatização e a idade (Epstein e Moran, 2006), assim com a atividade do indivíduo, podem influenciar na termorregulação e portanto, a aceitação da temperatura ambiente (Djongyang, 2010).

À neutralidade térmica pode-se atribuir o estado de conforto térmico (Frontczak et al, 2014), desde que não se verifique desconforto térmico local (ISO 7330: 2005), pois este pode ser sentido como um todo em parte do corpo, resultado de assimetrias da temperatura radiante, da temperatura verticais, da velocidade do ar, da temperatura do solo entre outros.

A ASHRAE (2004) define conforto térmico como o estado mental que expressa satisfação do homem com o ambiente térmico que o circunda; e a ISO 7730 de 2005 define-o como uma expressão de satisfação com o ambiente que envolve o indivíduo. Esta interação faz com que a satisfação do indivíduo com o ambiente térmico seja complexa e subjetiva (Bradshaw, 2006). Segundo Parsons (2003), as variáveis ambientais combinadas com os índices de metabolismo e vestuário (designados por parâmetros individuais), formam os elementos básicos definidores do conforto térmico.

2.2.1 Metabolismo

O conforto térmico é afetado diretamente pelo metabolismo humano (Passe e Battaglia, 2015). Ao calor produzido pelo indivíduo em repouso para manter as suas funções vegetativas (respiração, circulação, etc.) a uma temperatura ambiente de 20°, denomina-se de metabolismo basal. Este pode ser expresso em $W.m^2$, $Kcal.m^2.h^{-1}$, $Kcal.h^{-1}$, ou Met (Miguel, 2014).

A taxa metabólica representa a energia libertada em função do nível de atividade desempenhada (Orosa e Oliveira, 2012), tendo em consideração à área de superfície do corpo, saúde, sexo, idade do indivíduo (Bradsaw, 2006).

O valor da superfície cutânea pode ser calculado de acordo com a equação (2.1) desenvolvida por Du Bois em 1916 (Miguel, 2014), que relaciona o peso em Kg (P) e a altura em cm (T), de forma a obter a superfície cutânea em cm^2 (S).

$$S = 71.84 P^{0.425} T^{0.725} \quad (2.1)$$

Existem múltiplas correlações para estimar o consumo metabólico basal, sendo que o método mais utilizado foi desenvolvido por Boothby, Berkson e Dunn em 1936, e que relaciona o consumo metabólico por unidade de superfície cutânea em função da idade e do sexo, de acordo com a Tabela 2.1 (Miguel, 2014).

Tabela 2.1 Consumo metabólico por unidade de superfície cutânea em função da idade e do sexo.

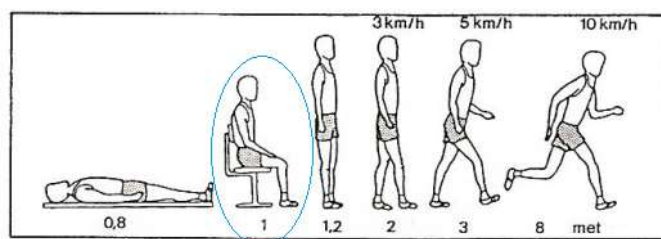
HOMENS		MULHERES	
ANOS DE IDADE	Kcal/m ² /h	ANOS DE IDADE	Kcal/m ² /h
6,00	53,00	6,00	50,62
7,00	52,45	6,50	50,23
8,00	51,78	7,00	49,12
8,50	51,20	7,50	47,84
9,00	50,54	8,00	47,00
9,50	49,42	8,50	46,50
10,00	48,50	9-10	45,90
10,50	47,71	11,00	45,26
11,00	47,18	11,50	44,80
12,00	46,75	12,00	44,28
13-15	46,35	12,50	43,58
16,00	45,72	13,00	42,90
16,50	45,30	13,50	42,10
17,00	44,80	14,00	41,45
17,50	44,03	14,50	40,74
18,00	43,25	15,00	40,10
18,50	42,70	15,50	39,40
19,00	42,32	16,00	38,85
19,50	42,00	16,50	38,30
20-21	41,43	17,00	37,82
22-23	40,82	17,50	37,40
24-27	40,24	18-19	36,74
28-29	39,81	20-24	36,18
30-34	39,34	25-44	35,70
35-39	38,68	45-49	34,94
40-44	38,00	50-54	33,96
45-49	37,37	55-59	33,18
50-54	36,73	60-64	32,61
55-59	36,10	65-69	32,30
60-64	35,48		
65-69	34,80		

De referir que ao valor obtido ter-se-á de refletir o consumo calórico que resulta da atividade do indivíduo em função da posição, movimentos do corpo e da classe do trabalho entre outros, referenciados na norma ISO 8996 2004 (Stanton, et al.2005).

A ISO 7330 2005 refere que o metabolismo pode ser calculado de acordo com a equação 2.2, tendo em consideração os valores para a atividade e postura do indivíduo, referenciados na norma.

$$\begin{aligned}
 \text{Metabolismo} &= (\text{Basal} + \text{Postura} + \text{Trabalho} + \text{Movimento}) \\
 &\quad \times \text{Superfície Corporal}
 \end{aligned}
 \tag{2.2}$$

A ASHRAE (1989) determina a taxa metabólica para diferentes níveis de atividade física, (Figura 2.2), tomando como referência o metabolismo basal de um homem com 35 anos e 1,8 m² de superfície cutânea (Miguel, 2014).



Activity	Met	W m ⁻²
Lying down	0.8	47
Seated quietly	1.0	58
Sedentary activity (office, home, laboratory, school)	1.2	70
Standing, relaxed	1.2	70
Light activity, standing (shopping, laboratory, light industry)	1.6	93
Medium activity, standing (shop assistant, domestic work, machine work)	2.0	116
High activity (heavy machine work, garage work)	3.0	175

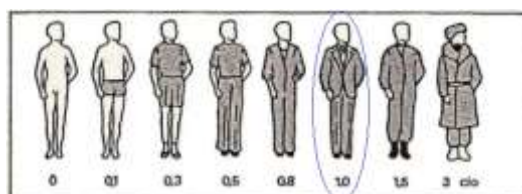
Figura 2.2 -Taxa metabólica para diferentes níveis de atividade física. Fonte: ASHRAE (1989)

2.2.2 Vestuário

O conforto térmico depende do isolamento provido pelo vestuário (Millanvoye, 2007), sendo uma das suas funções manter o corpo num estado térmico aceitável em diversos ambientes (Parsons, 1993).

Este pode ser estimado a partir de combinações de peças de vestuário, sendo expresso em unidades de "clo" segundo Gagge, Burton e Bazett (1941) citado por Charles em 2003, o que corresponde a 0,155 K m⁻² W⁻¹.

A ASHRAE (1989) determina valores de isolamento térmico, para diferentes combinações de vestuário (Figura 2.3).



Examples of estimates of clothing insulation values (I_{cl}) for use in the PMV thermal equation of Fanger (1973)

Clothing estimate	Clo	m ² K W ⁻¹
Naked	0	0
Shorts	0.1	0.016
Typical tropical clothing outfit Briefs (underwear), shorts, open neck shirt with short sleeves, light socks and sandals	0.3	0.047
Light summer clothing Briefs, long lightweight trousers, open neck shirt with short sleeves, light socks and shoes	0.5	0.078
Working clothes Underwear, cotton working shirt with long sleeves, working trousers, woolen socks and shoes	0.8	0.124
Typical indoor winter clothing combination Underwear, shirt with long sleeves, trousers, sweater with long sleeves, heavy socks and shoes	1.0	0.155
Heavy winter outdoor clothing combination Cotton underwear with long legs and sleeves, shirt, sweater comprising trousers, jacket and waistcoat (JL-wear), woolen socks and heavy shoes	1.3	0.203

Figura 2.3 Valores de isolamento térmico, para diferentes combinações de vestuário. Fonte: ASHRAE (1989).

2.2.3 Outros parâmetros

Além dos parâmetros ambientais individuais anteriormente referidos, existem muitas combinações de fatores que influenciam a resposta do individuo ao ambiente térmico (Parsons, 2003), como por exemplo: os homens geralmente sentem-se mais aquecidos do que as mulheres no início da exposição

a uma determinada temperatura, aproximando-se da sensação térmica das mulheres após 1 a 2 horas no ambiente (Bradshaw, 2006); a sensibilidade a superfícies quentes ou frias diminui com a idade (Lenzuni, et al., 2009); o fator psicológico (Schellen et al, 2012). Todas estas variáveis dificultam a determinação precisa de um ambiente térmico ideal (Almeida, 2011).

2.3 Conforto térmico em ambiente térmico interior neutro

A temperatura do ar é considerada o principal parâmetro para a caracterização do conforto térmico (Bradshaw, 2006), a norma ISO 7330: 2005 apresenta valores de referência para a temperatura dos edifícios tendo em consideração o tipo de edifício e atividade aí desenvolvida pelos indivíduos.

O critério utilizado para os valores referenciados na Tabela 2.2, depende de certos pressupostos. Para o ambiente térmico, os critérios para a temperatura operacional são baseados em níveis típicos de atividade, e isolamento de vestuário de 0,5 clo durante o verão e 1,0 clo durante o inverno (ISO 7330,2005), sendo que temperatura operacional resulta da aproximação à média aritmética das temperaturas ambiente e radiante média (Miguel, 2014).

Os critérios para a velocidade média do ar aplicam-se a uma intensidade de turbulência de aproximadamente 40% (ventilação mista). Os critérios de design são válidos para as condições de ocupação, dado que também podem ser aplicáveis a outros tipos de espaços usados de maneiras semelhantes (ISO 7330,2005).

Tabela 2.2 Valores de referência para a temperatura dos edifícios tendo em consideração o tipo de edifício. Fonte: ISO 7330 (2005)

Type of building/space	Activity W/m ²	Category	Operative temperature °C		Maximum mean air velocity ^a m/s	
			Summer (cooling season)	Winter (heating season)	Summer (cooling season)	Winter (heating season)
Single office	70	A	24,5 ± 1,0	22,0 ± 1,0	0,12	0,10
Landscape office		B	24,5 ± 1,5	22,0 ± 2,0	0,19	0,16
Conference room						
Auditorium		C	24,5 ± 2,5	22,0 ± 3,0	0,24	0,21 ^b
Cafeteria/restaurant						
Classroom						
Kindergarten	81	A	23,5 ± 1,0	20,0 ± 1,0	0,11	0,10 ^b
		B	23,5 ± 2,0	22,0 ± 2,5	0,18	0,15 ^b
		C	23,5 ± 2,5	22,0 ± 3,5	0,23	0,19 ^b
Department store	93	A	23,0 ± 1,0	19,0 ± 1,5	0,16	0,13 ^b
		B	23,0 ± 2,0	19,0 ± 3,0	0,20	0,15 ^b
		C	23,0 ± 3,0	19,0 ± 4,0	0,23	0,18 ^b

^a The maximum mean air velocity is based on a turbulence intensity of 40 % and air temperature equal to the operative temperature according to 6.2 and Figure A.2. A relative humidity of 60 % and 40 % is used for summer and winter, respectively. For both summer and winter a lower temperature in the range is used to determine the maximum mean air velocity.

^b Below 20 °C limit (see Figure A.2).

Em ambientes interiores, a velocidade do ar máxima tolerável é de cerca de 2 m.s⁻¹, sendo que movimentações de ar superiores a 0,5 m/s são desagradáveis mesmo que o ar seja quente, o

desconforto causado por estas movimentações depende da direção do ar e das partes do corpo que estão expostas segundo Fanger (1972) citado por Kroemer e Grandjean (1997). De salientar que segundo Miguel (2014), o individuo não sente a movimentação do ar, caso esta seja inferior a 0,30m/s.

Kromer e Grandjen (1997) referem que a humidade relativa deve situar-se entre os 40 e 50% para garantir conforto a ocupantes de espaços interiores.

2.4 Normas e Legislação

A importância do estudo e desenvolvimento desta temática foi reforçada pela estandardização promovida pelas publicações da American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE) e da International Organization for Standardization (ISO) (MELES, 2012), que permitiram sistematizar a avaliação do conforto térmico em determinados ambientes.

Na legislação Portuguesa, existe um grande défice no que se refere aos métodos e técnicas de avaliação assim como na apresentação de valores de referência para o ambiente térmico, o que obriga à utilização das normas internacionais desenvolvidas pelas organizações acima referidas (Dias, 2013), representadas no esquema da figura 2.4.

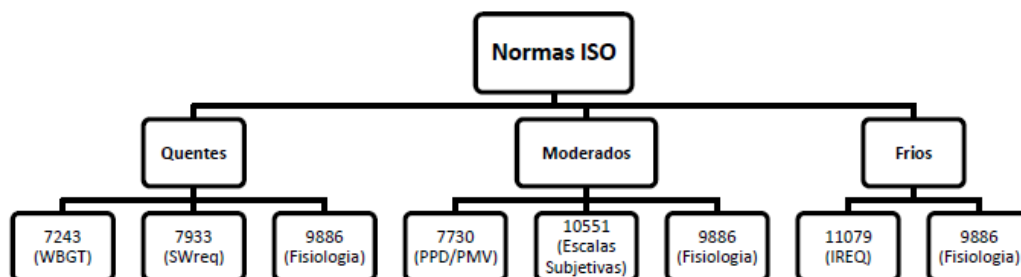


Figura 2.4 Normas em vigor. Fonte: Dias (2013)

Os decretos Portugueses atualmente em vigor são: o Decreto-Lei nº 243/86 de 20 de Agosto que aprova o Regulamento Geral de Higiene e Segurança do Trabalho nos Estabelecimentos Comerciais, e o Decreto-Lei nº 347/93 de 1 de Outubro.

2.5 Método de Avaliação do conforto térmico -PPD - PMV

Existem inúmeras equações de avaliação de conforto térmico (Huang et al, 2012). Fanger desenvolveu em 1970 um método baseando a sua teoria de termo regulação e equilíbrio térmico em 2 índices, que são eles o: PMV – Predicted Mean Vote ou voto médio previsível; PPD – Predicted Percentage of Dissatisfied People, ou percentagem previsível de insatisfeitos (Dias, 2013). Este método é amplamente utilizado nos guias de *design* e de standards (Huang et al, 2012), e resulta de um modelo

matemático que combina os parâmetros ambientais e individuais, cujos resultados permitem prever a sensação térmica de um determinado grupo de pessoas (Auliciems, 1981).

O modelo PMV foi desenvolvido a partir de estudos em laboratório, sendo que os efeitos que resultam das diferenças do tipo de construção dos edifícios e da temperatura exterior não foram investigados durante o seu desenvolvimento. Aplicações do modelo em edifícios com ventilação natural e com ar condicionado, sugerem que existem diferenças nos resultados, e que este tende a adequar-se aos edifícios climatizados (Charles, 2003).

Alguns autores põem em causa a validade deste modelo no que se refere às temperaturas de conforto utilizadas, pois algumas variáveis são subjetivamente estimadas. Oseland (1995) após estudos realizados indica que existem diferenças entre as sensações térmicas descritas pelos participantes e as previstas pelo modelo, por outro lado, de Dear e Brager (1998) e Auliciems (1981) afirmam mesmo que o PMV sobrestima a temperatura de conforto.

O PMV representa o voto médio de uma amostra ou população, em termos de sensação térmica, desde que sejam estimados os valores de atividade dos indivíduos (metabolismo), o índice de resistência térmica do vestuário, e conhecidos os parâmetros ambientais (Guise, 2014).

PMV corresponde ao voto médio estimável, ou voto de sensação de conforto térmico, corresponde à atividade desempenhada pelo indivíduo e à carga térmica atuante sobre o corpo, e é cálculo de acordo com a equação 2.3.

$$PMV = (0,303 \cdot e^{0,036M} + 0,28) \cdot L \quad (2.3)$$

Os resultados são interpretados com base em uma escala simétrica de sete pontos desenvolvida por Bedford (1936) e pela ASHRAE (1968), composta pelos números inteiros compreendidos entre -3 e +3, representada na figura abaixo.

McIntyre citado por (Auliciems,1981) defende a utilização desta escala, por estar em consonância com a prática comum de muitas escalas psicológicas.

Tabela 2.3 Escala de sensação térmica

ASHRAE scale	Bedford scale	Common numerical coding
Hot	Much too warm	+3
Warm	Too warm	+2
Slightly warm	Comfortably warm	+1
Neutral	Comfortable	0
Slightly cool	Comfortably cool	-1
Cool	Too cool	-2
Cold	Much too cool	-3

Em comparação com a escala de ASHRAE a escala de Bedford, tende a confundir sensação e conforto térmico, diferença que parece ter sido considerada insignificante por alguns pesquisadores (Auliciems,1981).

O PPD pode ser calculado analiticamente através da equação (2.4) ou graficamente função do PMV (Figura 2.5).

$$PPD = 100 - 95 \cdot e^{-(0,0335 \cdot PMV^4 + 0,2179 \cdot PMV^2)} \quad (2.4)$$

A Figura 2.5 foi estabelecida com base em estudos estatísticos abrangendo 1.300 pessoas, e pretende representar o PPD em função do PMV, e representa a percentagem de insatisfeitos em função do valor de PMV (ISO 7330:2005).

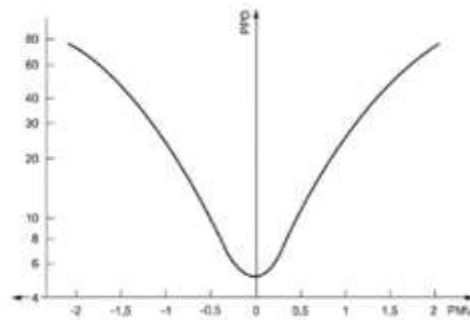


Figura 2.5 PPD em função do PMV

O conforto térmico é um estado da mente, que o torna uma sensação subjetiva afetada pelas diferenças pessoais, portanto, o mesmo ambiente não consegue satisfazer a todos.

A norma ISO 7330/1984, recomenda que o PPD seja inferior a 10% o que corresponde a um PMV de -0,5 a 0,5, para uma situação de conforto térmico, no entanto, a atualização da norma em 2005 dividiu a recomendação em 3 categorias, de acordo com as características de ocupação do espaço em que todos os critérios têm de ser satisfeitos simultaneamente de forma a que o ambiente seja considerado termicamente confortável, conforme representado na tabela 2.4.

O PPD e o PMV expressam o desconforto térmico no corpo como um todo. No então, o desconforto pode ser localizado em determinadas partes do corpo (Hensen, 1991) em consequência da temperatura do solo, diferença de correntes de ar em diferentes alturas, assimetria da temperatura radiante.

Tabela 2.4 Valores de referência do PPD e PMV de acordo com edifício. Fonte: ISO 7330 (2005)

Category	Thermal state of the body as a whole		Local discomfort			
	PPD %	PMV	DR %	PD % caused by		
				vertical air temperature difference	warm or cool floor	radiant asymmetry
A	< 6	- 0,2 < PMV < + 0,2	< 10	< 3	< 10	< 5
B	< 10	- 0,5 < PMV < + 0,5	< 20	< 5	< 10	< 5
C	< 15	- 0,7 < PMV < + 0,7	< 30	< 10	< 15	< 10

2.6 Utilização de Questionários para avaliação do conforto térmico

A avaliação subjetiva do indivíduo em relação às condições do ambiente térmico, envolve diferentes abordagens e critérios (Stathopoulos, 2004), sendo que os questionários são uma importante técnica para obtenção de dados (Parasuraman, 1991) resultado da sua praticidade de aplicação (Rosecrance et al, 2002), além possibilidade recolha de uma variedade de elementos a custos razoáveis, durante um determinado período de tempo (Ijmker et al, 2008). Dada a sua viabilidade, estes foram utilizados nos estudos dos quais resultaram os valores de referência utilizados pela legislação atual.

2.7 Simulação Energética

O conforto térmico e otimização energética da sala de cinema é um tema bastante pertinente para o sucesso da organização, pois a primeira traduz a satisfação dos clientes e a segunda representa uma grande fatia dos custos fixos. (Grandclément et al, 2015) referem que a eficiência energética e conforto são dois objetivos possivelmente contraditórios, sendo que o equilíbrio nem sempre é fácil de alcançar.

Uma grande proporção da energia consumida nos edifícios serve para melhorar o conforto térmico no seu interior (Delgarm 2016). Segundo Hai-xiang Zhao e Frederic Magoules citados por (Nuno M. et al, 2017) em espaços não domésticos e em edifícios de serviço, o consumo energético dos sistemas de AVAC representam aproximadamente 50% da enérgica elétrica consumida.

Diferentes fatores influenciam performance energética de um edifício, tais como: condições climáticas, materiais construção, a ocupação, a performance dos sistemas de climatização, entre outros (Melo et al, 2016).

A crescente necessidade da utilização de meios de cálculo que permitam a previsão e a visualização de características dos escoamentos de ar, da distribuição da temperatura, da distribuição da humidade específica e do transporte de contaminantes no ar em recintos ventilados tem incentivado a modelação físico-matemática desses fenómenos (Ramos et al, 1998).

O Energy Plus é um programa de simulação térmica e energética de edificações, que possibilita desenvolver estudos no sentido da melhoria da eficiência energética de um edifício existente, ou em fase de projeto (US Department of Energy, 2010). Este software permite estimar o consumo energético

de um determinado espaço, tendo em consideração um conjunto de parâmetros tais como: arrefecimento, aquecimento, iluminação, a ocupação, o consumo dos equipamentos, entre outros. O programa não possui uma interface de fácil acesso ao utilizador, sendo necessário introdução uma série de dados de forma a ser possível a obtenção dos resultados pretendidos (Silva, 2010). Entre outros, os espaços podem ser modelados com o auxílio de softwares tais como o Sketchup 2016 que permite a modelação em 3D da geometria do espaço em estudo, e o plugin OpenStudio que oferece ao utilizador uma interface amigável para que sejam feitas as simulações desejadas no espaço modelado.

A simulação energética pode ser dividida em três passos: numa fase inicial é necessário modelar o espaço em estudo através da introdução das características que definem o edifício, como é o caso da sua geometria, dimensões e constituição. Na fase seguinte, o programa corre a simulação como proposto pelo utilizador, tendo em conta um ficheiro de dados climáticos proposto pelo mesmo. Por último, analisam-se os resultados e tiram-se as conclusões, elaborando, se for o caso, análises de sensibilidade das várias variáveis inerentes ao edifício.

3. METODOLOGIA

A metodologia revela-se como um conjunto de técnicas, abordagens e processos, que visam a recolha tratamento e análise de dados, com o intuito de responder à questão científica a investigar. Para este estudo, foi utilizada uma estratégia de estudo de caso, numa perspetiva positivista e subjetivista, utilizando uma mistura de métodos de características qualitativos e quantitativos.

Este capítulo pretende caracterizar o espaço em estudo, e descrever os métodos de investigação e os instrumentos utilizados, de forma a atingir os objetivos propostos. Os instrumentos foram articulados com a questão de investigação, de forma a serem selecionadas as técnicas mais adequadas para o acesso aos dados de investigação (Morse, 1994). Foram utilizadas diferentes técnicas de recolha de dados, de forma a obter diferentes leituras sobre o mesmo fenómeno (Yin, 1989).

3.1 Caracterização do espaço em estudo - Lista de verificação

A caracterização do espaço foi promovida através de uma lista de verificação e entrevista semi estruturada (Anexo I), a um dos Gerentes do Cinema, que permitiu o acesso a dados junto de uma das pessoas que possui informação privilegiada em relação ao caso em estudo (Demazière, 1997). A utilização da entrevista semiestruturada possibilita o acesso a uma grande riqueza informativa, contextualizada e através das palavras dos atores e das suas perspetivas, e a possibilidade esclarecer alguns aspetos no seguimento da entrevista, o que a entrevista mais estruturada ou o questionário não permitem (Valles, 1997).

Foi elaborada uma lista de verificação de forma a recolher informações acerca do espaço em estudo. A lista de verificação foi dividida em 4 grupos de questões, de acordo com os seguintes temas: atmosfera da sala, temperatura da sala, temperatura radiante e humidade. Este documento foi elaborado com o auxílio D.L. n.º. 243/86 de 20/08, da Portaria n.º 987/93 de 06/10 e do Decreto-Lei n.º 79/2006, de 04 de Abril.

Da análise da informação recolhida a partir da listagem de verificação foi obtida a informação aqui descrita.

A sala não possui meios que permitem a renovação natural do ar durante as sessões de cinema, sendo que a renovação é feita de forma forçada através de um equipamento de ar condicionado. A insuflação do ar é feita através de seis pontos situados no teto da sala, figura 3.1, e a extração através de buracos situados debaixo dos assentos das cadeiras, figura 3.2.



Figura 3.1 Pontos de insuflação do ar.



Figura 3.2 Pontos de extração do ar

O sistema de AVAC é constituído por um equipamento da Marca MCQUAY modelo 75 19, que se encontra instalado junto à fachada no exterior do edifício. Este equipamento não possui sistema de reaproveitamento ou recirculação do ar, logo o ar insuflado na sala é sempre ar novo vindo do exterior.

Segundo o Gerente do Cinema, o sistema AVAC está a funcionar corretamente, sendo que a manutenção do equipamento é feita com regularidade, por uma empresa especializada. Quando questionado acerca do correto dimensionamento do equipamento tendo em consideração a dimensão da sala, afirmou não ter conhecimento técnico para o afirmar, no entanto, considera que sim, pois este é suficiente para manter a sala a uma temperatura confortável.

Numa escala de 0 a 5 em que 0 é nada fácil e 5 muito fácil, o Gerente classificou de 3, a facilidade em aferir a necessidade de regular a temperatura da sala, sendo que a principal dificuldade está associada à variação da temperatura consoante lotação da sala e à temperatura exterior que faz flutuar a temperatura durante o dia.

No momento de aferição da necessidade de regulação da temperatura, esta é feita pelo projecionista, que se desloca ao interior da sala pelo menos uma vez durante a sessão de cinema, pela porta superior da sala. A temperatura da sala é definida em 22°, para uma lotação superior de aproximadamente 25%, sendo que o equipamento só é acionado após 10 a 15 minutos do início da sessão. O comando que controla o equipamento encontra-se fora da sala, dentro da cabine de projeção.

O Gerente afirma que o utilizador não está sujeito a variações bruscas de temperatura (interior/exterior da sala), no entanto existem muitas queixas em relação à temperatura da sala. Este considera que o equipamento não provoca correntes de ar que sejam incómodas aos utilizadores, mesmo porque à data não existem registo de queixas neste sentido.

Foram identificadas 2 possíveis fontes de calor radiante durante as sessões de cinema: tela de cinema, que reflete a imagem projetada e o vidro que separa a cabine da sala de cinema (vigia), no qual está encostado o projetor. De salientar que a iluminação da sala é feita por 40 lâmpadas LED de 5W, distribuídas pelo teto da sala e pelos degraus, que se encontram em modo de luz de presença durante a sessão de cinema e a 100% ante, nos intervalos e nos finais das sessões. Segundo o Gerente não existe qualquer registo de queixas em relação a estas possíveis fontes de calor.

No que diz respeito a fontes de humidade, não foram identificados focos de infiltração. A sala não tem instalados equipamentos de desumidificação nem equipamentos que produzam vapor. De acordo com as informações obtidas não existem queixas dos utilizadores em relação à humidade do ar.

A sala não possui claraboias, janelas, paredes envidraçadas ou outros que permitam a incidência de luz solar, para além de uma porta de emergência que faz ligação direta com o exterior, que se encontra fechada no momento das sessões de cinema.

Duas das paredes da sala são exteriores do edifício, sendo que uma delas está virada a sul, e possuem um isolamento acústico, constituído por uma manta acústica fixa em uma estrutura de madeira, que se encontra suportada pelas paredes de tijolo da sala. O acabamento das paredes é feito por um tecido à prova de fogo. O isolamento acústico do teto é feito com placas de lã vidro, e as cadeiras são revestidas em tecido.

A sala possui três portas acústicas de 2 folhas, modelo Classe P90, duas interiores e uma de acesso ao exterior.

O Gerente entregou uma listagem com os equipamentos de projeção, de som, e outros equipamentos elétricos presentes na sala, e cópia das faturas de eletricidade de Janeiro a Dezembro de 2016.

3.2 Caracterização da utilização do espaço em estudo

A caracterização da utilização do espaço foi importante para obtenção dos dados relativos à ocupação, de modo a ajudar na decisão sobre os pontos de medição das variáveis ambientais.

Em 2016, a sala teve um total de 1175 sessões de cinema, com um total de 27.365 utilizadores, e uma taxa de ocupação média de 13,7%.

Para seleccionar os pontos de medição, foi calculada a distribuição da ocupação por lugar, com base em 6.041 bilhetes vendidos no período compreendido entre 01 de Dezembro de 2016 e 31 de Janeiro de 2017, para a sala em estudo, Figura 8. Apenas foram considerados os dados a partir de 01 de Dezembro de 2017, pois foi a partir desta data que os lugares passaram a ser marcados, anteriormente os utilizadores escolhiam os lugares no momento em que entravam na sala, e por isso a ocupação que constava no sistema informático não refletia a real distribuição da ocupação da sala.

Para referência, foi calculada a taxa de ocupação da sala em 2016, que se situou nos 13,7%. A taxa de distribuição da ocupação foi dividida em quatro partes iguais, e representada por quatro cores diferentes, sendo que o vermelho caracteriza os lugares com a maior taxa de ocupação, e o verde claro os lugares com a menor taxa de ocupação.

Por limitações de material, para este estudo foram escolhidos apenas os seguintes pontos de medição o B8, lugar com maior taxa de ocupação (2,56%); o K14, lugar com menor taxa de ocupação (0,08%) e o G12, lugar com a mediana da amostra (0,40%). A figura 3.3 representa a distribuição da ocupação na planta da sala.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
		15	15	16	16	16	16	16	16	16	16
		0,44%	0,32%	0,26%	0,24%	0,20%	0,15%	0,15%	0,12%	0,15%	0,08%
		14	14	15	15	15	15	15	15	15	15
		0,57%	0,44%	0,35%	0,28%	0,30%	0,19%	0,16%	0,15%	0,17%	0,08%
		13	13	14	14	14	14	14	14	14	14
		0,78%	0,76%	0,40%	0,37%	0,34%	0,19%	0,16%	0,15%	0,18%	0,08%
		12	12	13	13	13	13	13	13	13	13
		0,92%	0,98%	0,58%	0,48%	0,51%	0,34%	0,18%	0,15%	0,17%	0,09%
		11	11	12	12	12	12	12	12	12	12
		1,16%	1,11%	0,75%	0,62%	0,62%	0,40%	0,23%	0,15%	0,17%	0,10%
10	10	0,54%	1,49%	1,44%	0,93%	0,82%	0,72%	0,41%	0,23%	0,15%	0,21%
	9	0,61%	2,21%	1,95%	1,30%	1,12%	0,91%	0,50%	0,29%	0,15%	0,21%
	8	0,71%	2,56%	2,28%	1,66%	1,35%	1,10%	0,62%	0,37%	0,23%	0,19%
	7	0,86%	2,15%	2,03%	1,90%	1,44%	1,06%	0,61%	0,52%	0,21%	0,17%
	6	1,14%	1,65%	1,65%	1,68%	1,30%	0,87%	0,41%	0,43%	0,17%	0,19%
	5	1,56%	1,40%	1,41%	1,35%	1,10%	0,77%	0,37%	0,36%	0,14%	0,15%
	4	1,49%	1,17%	1,19%	1,08%	0,86%	0,69%	0,36%	0,32%	0,13%	0,15%
	3	0,94%	0,94%	0,93%	0,92%	0,69%	0,61%	0,32%	0,28%	0,12%	0,13%
	2	0,78%	0,78%	0,76%	0,74%	0,57%	0,53%	0,27%	0,26%	0,13%	0,12%
	1	0,63%	0,64%	0,58%	0,59%	0,48%	0,47%	0,25%	0,21%	0,11%	0,10%
				1	1	1	1	1	1	1	1
				0,47%	0,33%	0,37%	0,19%	0,18%	0,11%	0,10%	0,10%

Figura 3.3 Distribuição da ocupação da sala

3.3 Medições experimentais

A caracterização do ambiente térmico do espaço em estudo foi feita através de medições experimentais em Abril de 2017, nos pontos anteriormente selecionados e em sessões escolhidas aleatoriamente. Para a medição de variáveis em tempo real, é necessária a utilização simultânea de alguns instrumentos (Karjalainen, 2013), sendo que a sua calibração tem muita relevância na precisão dos dados obtidos. Para este estudo, os instrumentos foram cedidos pelo Departamento de Produção e Sistemas da Universidade do Minho.

Para as medições experimentais foram utilizados os seguintes instrumentos:

- Um termómetro de globo da marca Casella modelo RS2842:1992, para medir a exposição do indivíduo ao calor radiante. Este foi colocado ao nível do peito num tripé, de forma a manter-se estável, aguardando-se cerca de 30 minutos antes de realizar a primeira medição, tempo mínimo necessário para que este estabilize e fique em equilíbrio para efetuar medições que retratem com fidedignidade o ambiente em questão (Stanton, et al. 2005). Foram recolhidos os resultados de 15 em 15 min. O termómetro de globo também foi utilizado para despistar as possíveis fontes de calor radiante acima mencionadas;
- Um termo anemómetro da marca TSI Velocicheck modelo 8330, para medir a velocidade do ar. Foi colocado ao nível do peito num tripé, de forma a manter-se estável e não sofrer oscilações, aguardando-se cerca de 5 minutos antes de realizar a primeira medição e foram recolhidos resultados de 15 em 15 minutos;

- Três USB Data logger da marca Lascar, modelo EL-USB, para medir a temperatura, humidade relativa do ar e calcular o ponto de condensação. Foram colocados num tripé ao nível do peito, e mantiveram-se estáveis nesse local durante o período da medição. O equipamento foi programado no software “Easy Log” para recolher dados todos os minutos. Por limitações de material, não foi possível colocar os instrumentos em mais do que um nível de altura.

No decorrer deste estudo revelou-se importante registar a temperatura e humidade relativa do ar exterior no momento das diferentes medições, pois estas duas variáveis podem afetar o ambiente térmico interior e a sua perceção (Charles, 2003). Assim sendo, recorreu-se ao site do Instituto Português do Mar e da Atmosfera onde encontram-se registos diários de temperatura (°C) e humidade relativa do ar (%) médios, mínimos e máximos de várias estações climatológicas, medidos a 1.5 metros de altura. Os dados consultados pertencem à Estação Climatológica do Porto S. Gens, sendo que foram recolhidos no período de dias em que ocorreram medições.

3.4 Inquérito por questionário

O questionário é uma das principais técnicas para a obtenção de dados em pesquisas de carácter social, é um instrumento rigorosamente standardizado, quer no texto das questões quer na sua ordem (Ghiglione e Matalon,1993). Parasuraman (1991) afirma que construir um questionário não é uma tarefa fácil, e que aplicar o tempo e o esforço adequados para a sua construção é uma necessidade e um fator de diferenciação favorável.

Existe um conjunto de procedimentos a ter em consideração na construção deste tipo de questionários, tais como: o número de perguntas que deve ser adequado ao estudo a realizar de forma a não dispersar os inquiridos; as perguntas devem ser fechadas de modo a objetivar as respostas; as instruções sobre o modo de responder a cada pergunta devem ser claras e precisas; as perguntas devem ser compreensíveis para os inquiridos; as respostas padrão não podem ser ambíguas ou promover leituras subjetivas; evitar indiscrições gratuitas; e abranger todos os pontos da problemática a inquirir (Carmo e Ferreira,1998).

A informação recolhida da aplicação dos questionários pode ser transformada em dados quantitativos, utilizando técnicas de escalas de atitudes e escalas de avaliação, contando o número de sujeitos que deram determinada resposta, dando assim origem a dados de frequência (Albarelo, 1997).

Para este estudo foram desenvolvidos dois questionários, Anexos II e III, para analisar a perceção dos utilizadores face às condições de ambiente térmico da sala de cinema, composto apenas por questões fechadas, onde se apresentou aos inquiridos uma lista pré-estabelecida de respostas para questão (Ghiglione e Matalon,1993).

Os questionários foram divididos em três grupos de questões, tendo em consideração a obtenção dos elementos para cálculo do metabolismo dos utilizadores e da ocupação do espaço, e para a avaliação da percepção do conforto, da preferência e da aceitabilidade dos utilizadores em relação ao ambiente térmico da sala de cinema (ISO 10551,1995) (ASHRAE 55, 2010).

O primeiro grupo de questões pretendia obter elementos para o cálculo do metabolismo basal dos utilizadores, através da obtenção de dados relativos ao sexo, ao ano de nascimento, à altura e ao peso dos utilizadores. O segundo grupo de questões serviu para obter informação acerca do lugar ocupado pelo utilizador, motivo da escolha do lugar.

O terceiro grupo de questões, serviu para recolher informação acerca da percepção dos utilizadores em relação aos parâmetros ambientais e ao seu conforto térmico.

Depois de definida a estrutura, foi realizado um pré-teste no dia 19 de Março de 2017, a um total de 22 utilizadores no fim de uma sessão de cinema escolhida aleatoriamente, com o intuito de detetar uma possível necessidade de alterar ou corrigir o questionário. Procedimento importante, para detetar erros de resposta ou interpretação equivocada das perguntas por parte dos participantes. (Zikmund e Babin, 2010). Após análise dos resultados verificou-se a necessidade de alteração de algumas questões de forma a facilitar a interpretação.

Para o primeiro inquérito a amostra foi escolhida de forma aleatória e por sugestão do Gerente do cinema. A sessão selecionada foi posteriormente alvo da caracterização quantitativa do ambiente térmico, mediante a medição dos parâmetros ambientais que afetam a condição de conforto térmico dos utilizadores (Makaremi et al, 2012). Foram inquiridos 14 espetadores.

O segundo inquérito foi aplicado através de uma amostra por conveniência, dada a limitação imposta pela imprevisibilidade da taxa de ocupação das sessões de cinema, de forma obter respostas de utilizadores que estivessem disponíveis e disposto a participar. O questionário foi promovido e aplicado online, com recurso ao Google Forms, do dia 06 ao dia 08 de Maio, aos residentes na cidade de Penafiel, com idade superior a 18 anos, sendo que foram selecionadas as respostas dos utilizadores que frequentaram a sala em estudo nos trinta dias anteriores ao inquérito. Este foi promovido através do perfil do Facebook do Cinemax Penafiel.

3.5 Modelação 3D do espaço em estudo

Para a construção do modelo 3D foram utilizados os elementos recolhidos no momento da caracterização do espaço, e as plantas da sala cedidas pelo Gerente do Cinema. O espaço foi modelado utilizando os softwares SketchUpPro2016 associado ao plugin OpenStudio.

Para efeitos de modelação, a sala foi desenhada como dois grandes blocos. O primeiro bloco representa a parte superior da sala, onde é feita a ocupação e para onde é insuflado o ar. O segundo bloco é a parte inferior da sala, para onde é feita a extração do ar através dos orifícios que se situam

por baixo das cadeiras, e que se encontra vazio (Figura 3.2). Apesar de terem sido definidos como dois espaços distintos, partilham a mesma zona térmica de modo a facilitar a simulação desprezando eventuais perdas térmicas.

A Figura 3.4 representa a modelação da vista exterior da sala, onde é possível identificar os dois blocos acima descritos, identificados com as cores azul e vermelha. A Figura 3.5 uma vista de corte da sala.

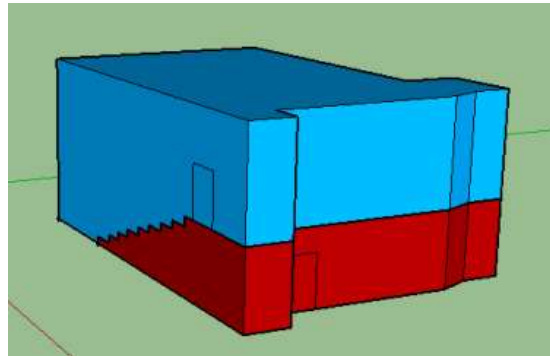


Figura 3.4 Modelação sala 2 - Vista exterior



Figura 3.5 Modelação sala 2 - Vista corte

O passo seguinte foi caracterizar as superfícies do modelo, de acordo com a sua exposição e localização. Foi definido que as paredes Sul e Este são paredes exteriores, logo estão sujeitas à exposição solar e ao vento, e estão representadas na Figura 3.6 com a cor azul.

De forma a simplificar o modelo, foi definido que as paredes interiores estão isoladas de quaisquer trocas de calor com o exterior. As paredes interiores estão representadas a cor de rosa na figura 3.7.

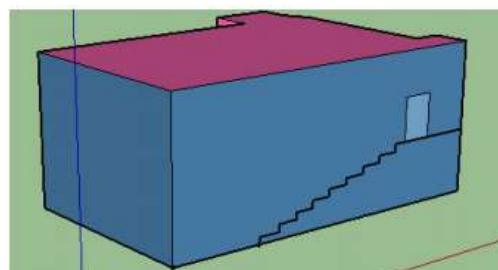


Figura 3.6 Paredes exteriores

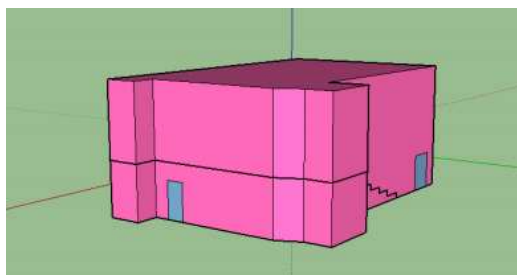


Figura 3.7 Paredes interiores

3.6 Simulação energética usando o Energy Plus

Concluída a construção do modelo, assim como a definição das suas características no Sketch Up Pro 2016 o mesmo foi extraído para o plugin do OpenStudio que se encontra ligado ao software EnergyPlus, onde foram definidos diversos parâmetros de forma a ajustar o comportamento energético do modelo à realidade.

Dados Climáticos

O EnergyPlus oferece ao utilizador uma vasta base de dados com os dados climáticos de diversas cidades, no entanto, não estão representadas todas as cidades do distrito do Porto.

Assim sendo, foi utilizado o software Nacional CLIMAS-SCE de certificação de edifícios, que permitiu extrair um ficheiro denominado de “weather file”, com a informação da localidade em questão, que posteriormente foi inserido no modelo.

Perfis de utilização

Nesta secção foram definidos os perfis de utilização das variáveis presentes na simulação, sendo estas a temperatura da sala (através do aquecimento e arrefecimento), as infiltrações, a ventilação, a ocupação, a iluminação e a utilização dos equipamentos.

Em relação ao perfil de ocupação da sala foi definido uma taxa média de 30% (perfil diário), com picos de 100% em determinados dias dos meses de Inverno e de Verão.

Metabolismo dos Utilizadores

O Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios indica que o metabolismo de uma sentada e em repouso assume o valor de 105W por pessoa ou também 58 W/m². Foi definido

uma aba de atividade onde se estabeleceu 105W como sendo o topo e um valor constante ao longo do ano. Ou seja, independentemente da altura do ano, todas as pessoas são consideradas com um metabolismo constante de 105W.

Arrefecimento

Foram definidas temperaturas de arrefecimento “cooling”, segundo as quais o sistema teria que se regular e manter durante o período de funcionamento. Estas temperaturas foram definidas através do auxílio do regulamento dos sistemas energéticos de climatização de edifícios (RSECE) que indica as temperaturas indicadas para este tipo de espaço nas diferentes alturas do ano.

Para o período de Inverno definiu-se o máximo como sendo 21°C constantes ao longo do dia e para o período de Verão como sendo 23°C constantes ao longo do dia.

Aquecimento

O aquecimento “heating” do espaço foi regulado através do mesmo regulamento de modo a definir os períodos.

Os perfis de Verão e Inverno foram definidos como 23 e 21°C constantes, respetivamente

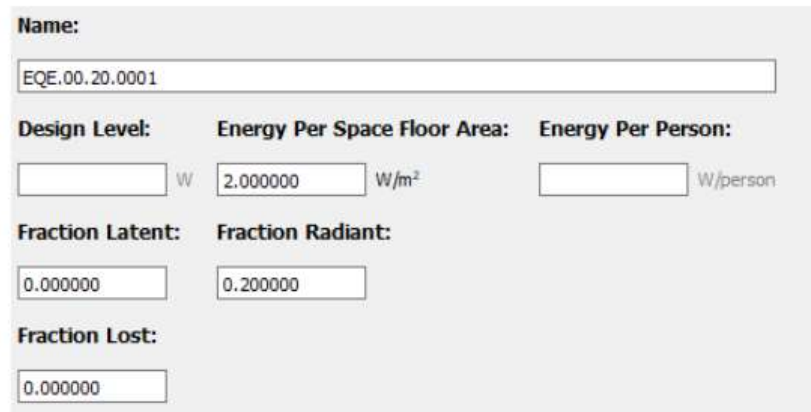
Sistema de AVAC

Tendo em consideração que a informação relativa ao equipamento de AVAC era escassa, foi utilizado um sistema de AVAC “ideal”, opção do programa que permite que a simulação seja efetuada considerando um sistema de “compra de ar”. Este modo é frequentemente utilizado no momento da idealização do sistema de AVAC a instalar.

Foi definido que este funciona a 100% desde o momento da abertura da sala até ao fim da última sessão.

Equipamentos

Através da listagem de equipamentos fornecida pelo Gerente do Cinema, verificou-se que a potência máxima do projetor de cinema é de 3000 W, sendo que para os equipamentos de som foi utilizada a sugerida pelo RCCTE de 2 W/m², pois apesar destes possuírem uma potência máxima, esta não é constante ao longo das sessões. As potências foram definidas no programa, de acordo com a 3.8.



The screenshot shows the 'Name' field containing 'EQE.00.20.0001'. Below it are three input fields: 'Design Level' (empty), 'Energy Per Space Floor Area' (2.000000 W/m²), and 'Energy Per Person' (empty). Further down are 'Fraction Latent' (0.000000) and 'Fraction Radiant' (0.200000). At the bottom is 'Fraction Lost' (0.000000).

Figura 3.8 Interface do Energyplus - Definição das potências dos equipamentos.

Para o período de funcionamento dos equipamentos da sala, foi definido como sendo o mesmo da abertura e fecho do espaço nos diferentes dias da semana.

Foram criados três perfis tendo em consideração o número de sessões diárias do cinema. Um para segunda, terça, quarta e quinta-feira, um segundo perfil para sexta-feira e sábado e finalmente um perfil para os domingos. Em todos estes, o que varia é o período das sessões e conseqüentemente de abertura e fecho da sala.

Iluminação

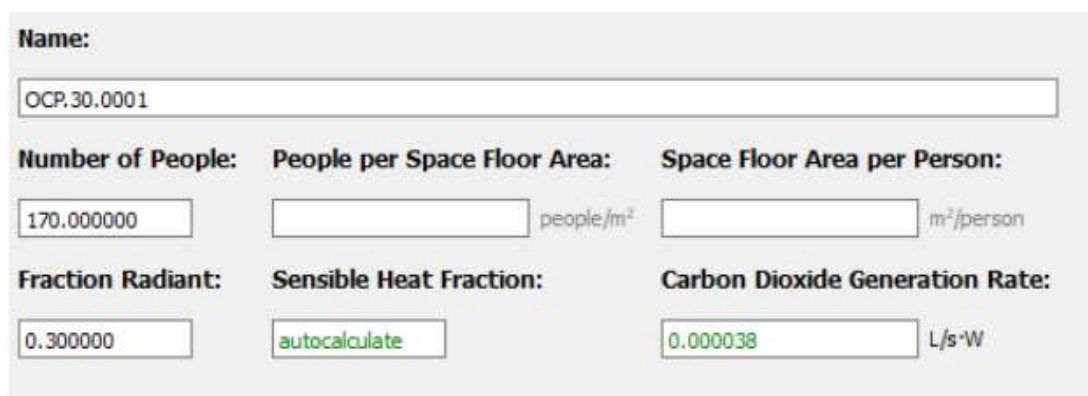
Durante as sessões de cinema, a taxa de utilização da iluminação da sala é mínima, sendo que para esta análise foi fixada em 20% da sua total capacidade. Nos períodos dos intervalos e entre sessões, a utilização está nos 100%. Na tabela 3.1 encontra-se um resumo com características e dados relativos ao consumo energético da iluminação. Foram definidos os perfis de utilização da iluminação, de acordo com o número de sessões diárias.

Tabela 3.1 Resumo do consumo energético da iluminação

Características	Dados
Tipo de lâmpadas	LED E27 G45 ^[16]
Potência individual	5W
Número de lâmpadas	40
Potência total	200W

Ocupação

Em relação à ocupação da sala, foi definido um valor máximo variável de 170 lugares, conforme Figura 3.9.



Name:
OCP.30.0001

Number of People: 170.000000
People per Space Floor Area: people/m²
Space Floor Area per Person: m²/person

Fraction Radiant: 0.300000
Sensible Heat Fraction: autocalculate
Carbon Dioxide Generation Rate: 0.000038 L/s·W

Figura 3.9 Interface do Energyplus – Definição da ocupação

Foram utilizadas as taxas de ocupação mensais de 2016 da sala de cinema, de acordo com a tabela 3.2. Tendo em consideração a taxa de ocupação e o número de sessões, foram criados 36 perfis, 3 para cada mês.

Tabela 3.2 Taxas de ocupação mensais – Referência 2016

Mês	Número total de pessoas	Número de sessões	Percentagem de ocupação (%)
Janeiro	1350	82	9
Fevereiro	2489	75	18
Março	2075	86	13,6
Abril	1285	82	8,8
Mai	931	79	6,6
Junho	2376	83	16,2
Julho	2083	87	13,5
Agosto	4857	90	30,5
Setembro	1839	81	12,8
Outubro	1892	98	9,7
Novembro	1367	104	7,4
Dezembro	3858	114	19,1
TOTAL	27565	1175	13,8

As Figuras 3.10, 3.11 e 3.12 representam a título de exemplo os 3 perfis criados para o mês de Janeiro, tendo em consideração uma taxa de ocupação de 9%, e o número de sessões de cinema de cada dia da semana (Perfil 1 – de 2ª a 6ª feira; Perfil 2 – sábado e Perfil 3 – domingo).

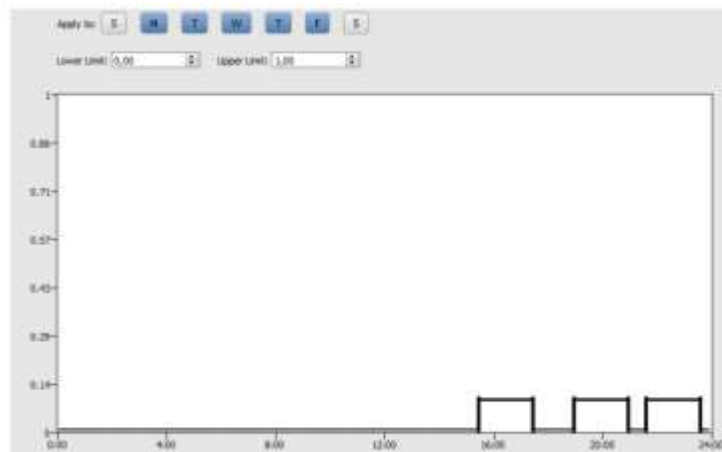


Figura 3.10 Perfis de ocupação 1 – de 2ª a 6ª feira

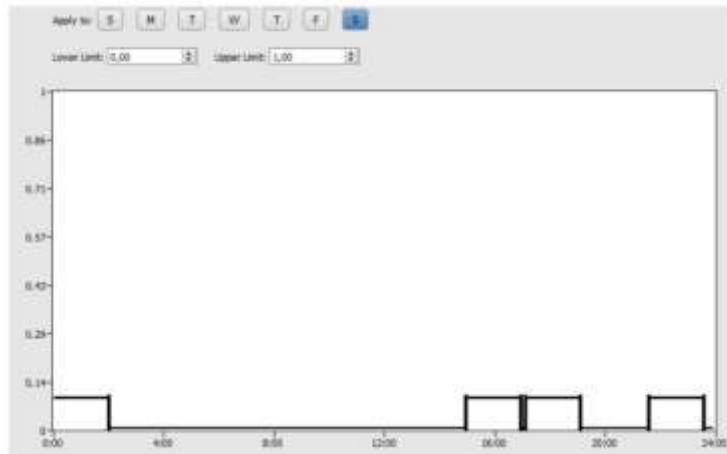


Figura 3.11 Perfis de ocupação 2 - sábado

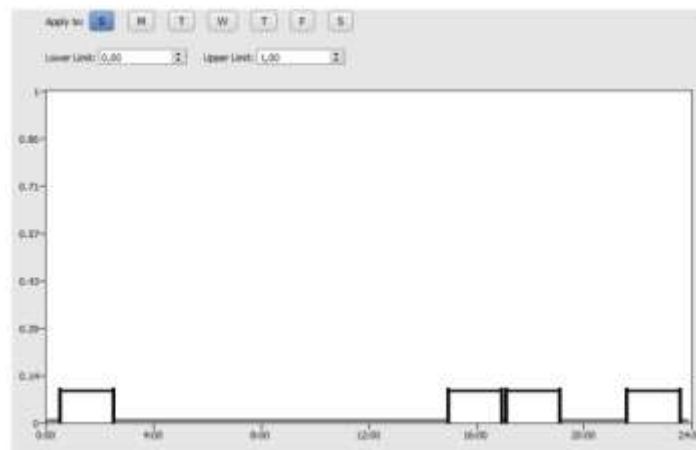


Figura 3.12 Perfil de ocupação 3 - domingo

Relativamente aos perfis de Inverno e Verão, foram utilizados os horários de um Perfil 3 - Domingo, devido ao maior número de sessões associadas a uma maior taxa de ocupação.

Elementos construtivos

O software Energy Plus permitiu através da base de dados online BCL, a definição das propriedades das paredes, do chão, do teto e das portas, tendo em consideração os materiais e a posição dos mesmos.

Através da observação da Figura 3.13 é possível verificar que cada elemento construtivo “edificado” no passo anterior foi posteriormente atribuído a uma superfície dependendo do seu tipo. É importante salientar que foram definidas eventuais janelas, apenas para evitar possíveis erros na simulação do programa, na realidade o modelo não possui nenhuma janela.

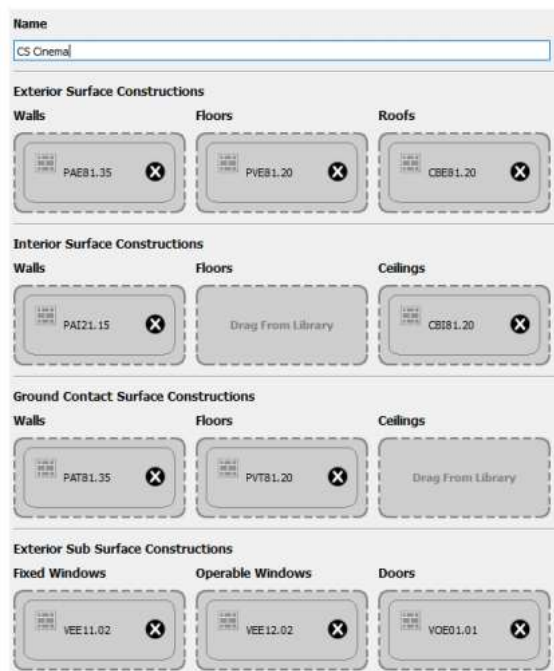


Figura 3.13 Interface Energy Plus - Definição das propriedades das paredes, tectos e chão.

4. APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS

Este capítulo apresenta os resultados obtidos na sequência da aplicação dos inquéritos, das medições experimentais e da simulação efetuada no software Energy Plus.

4.1 Resultados dos inquéritos por questionário

4.1.1 Inquérito por questionário - Final da sessão de cinema

No primeiro inquérito (Anexo II) foram questionados os utilizadores que estiveram presentes na sessão do filme “Velocidade Furiosa 8”, como início às 21h40 do dia 28 de Abril de 2017. O inquérito foi aplicado no final da sessão de cinema, aos 14 indivíduos presentes na sessão. A sala apresentou uma lotação de 8,2%, valor abaixo da taxa de ocupação média de 2016, que se situou nos 13,7%.

Os dados recolhidos foram tratados de forma a ser possível analisar a informação obtida, através de ferramentas gráficas que facilitam uma sintetização e interpretação da informação (Sweeney. et al, 2014).

A média de idades da amostra foi de 29 anos, a média de peso 71kg e a média das alturas de 169cm. Dos inquiridos 57% eram do sexo feminino, sendo que para 29% destes era a primeira vez que assistia a uma sessão de cinema na sala em estudo.

A distribuição da ocupação dos utilizadores presentes na sessão está representada na Figura 4.1. De referir que o principal fator que influencia a escolha dos lugares segundo os utilizadores inquiridos é a visibilidade para a tela de cinema (Figura 4.2), e que apenas 35,71% destes se sentou no seu lugar preferido.

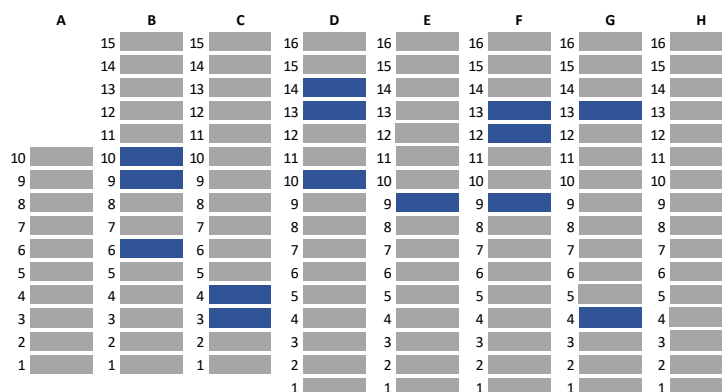


Figura 4.1 Distribuição da ocupação da sessão – Azul: Lugar ocupado

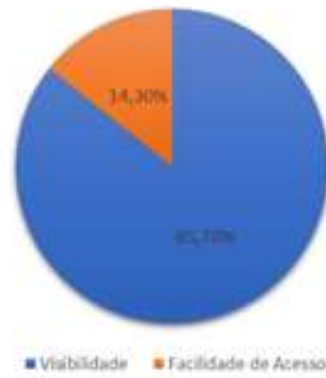


Figura 4.2 Resultado do questionário. Questão - Fatores que influenciam a escolha do lugar?

No que se refere à avaliação da percepção do conforto térmico, 21,43% consideraram que a temperatura da sala durante a sessão de cinema era pouco ou nada confortável, Figura 4.3, e 64,29% afirmaram que alteravam a temperatura da sala (Figura 4.4).



Figura 4.3 Resultado do questionário. Questão - Relativamente à temperatura da sala, indique como se sentiu.

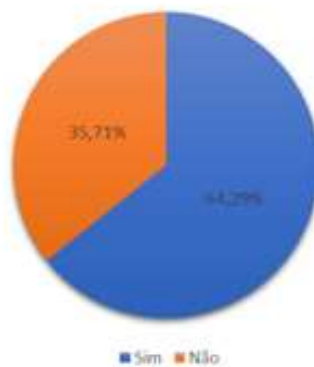


Figura 4.4 Resultado do questionário. Questão - Alterava a temperatura da sala?

A Figura 4.5 apresenta a distribuição da ocupação de acordo com a resposta à pergunta “Alterava a temperatura da sala?”. Para referência a tela situa-se em frente à fila H.

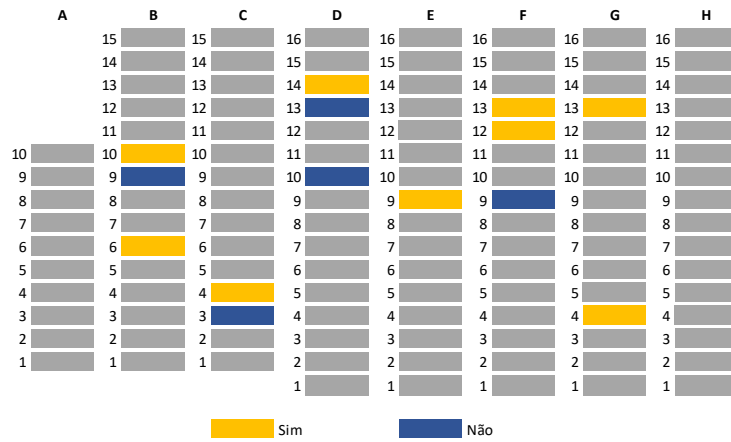


Figura 4.5 Distribuição da ocupação de acordo com a resposta à pergunta - Alterava a temperatura da sala?

Em relação à preferência e aceitabilidade do ambiente e térmico, 64,28% preferiam que a sala estivesse mais quente ou ligeiramente mais quente (Figura 4.6).

Apenas um utilizador afirmou que a sua perceção térmica poderia ter sido alterada pelo género de filme a que assistiu.

Não foram detetadas correntes de ar pelos utilizadores.

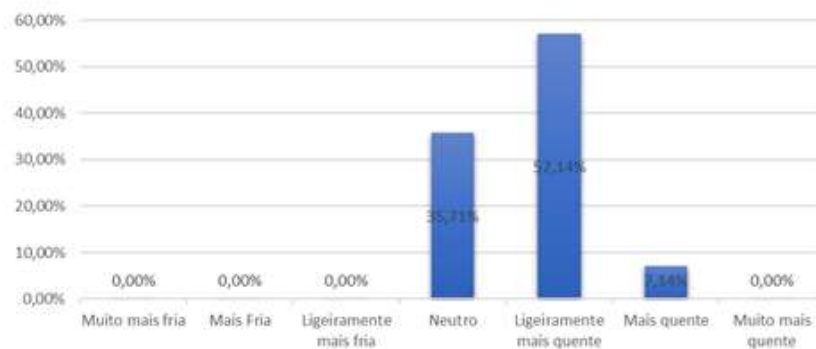


Figura 4.6 Resultado do questionário. Questão - Indique como preferia que a temperatura da sala estivesse.

Dos inquiridos 28,57% consideraram que as condições de ambiente térmico eram as mais adequadas (Figura 4.7). O conceito de ambiente térmico foi devidamente descrito no cabeçalho do questionário, onde foram identificados os parâmetros a considerar.

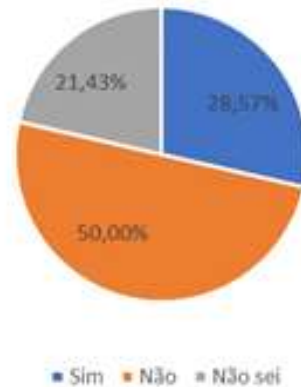


Figura 4.7 Resultado do questionário. Questão - Considera que as condições de ambiente térmico são as mais adequadas?

4.1.2 Inquérito por questionário - Online

O segundo inquérito (Anexo III) foi promovido online, utilizando a ferramenta Google Forms. Este foi publicado no dia 06 de Maio de 2017 às 15h00 na página de Facebook do Cinemax Penafiel, e promovido para os habitantes da cidade de Penafiel, maiores de 18 anos. Foram selecionadas 119 as respostas dos utilizadores que frequentaram a sala de cinema em estudo, nos 30 dias anteriores à data de publicação do inquérito.

A média de idades da amostra foi de 27 anos, a média de peso 64,9kg e a média das alturas de 167cm. Dos inquiridos 70,6% eram do sexo feminino.

No que se refere à avaliação da perceção do conforto térmico, dos inquiridos 16% consideraram que a temperatura da sala durante a sessão de cinema era pouco confortável ou nada confortável, (Figura 4.8).



Figura 4.8 Resultado do questionário online. Questão - Relativamente à temperatura da sala, indique como se sentiu.

Dos inquiridos 16% afirmam terem sentido correntes de ar (Figura 4.9) e 38,6% afirmam que alteravam a temperatura da sala (Figura 4.10).

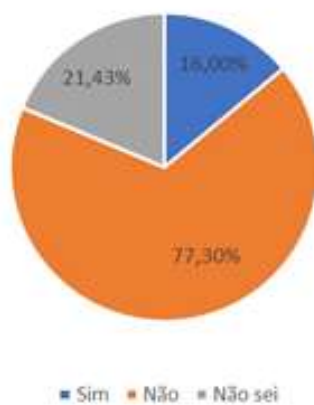


Figura 4.9 Resultado do questionário online. Questão - Sentiu correntes de ar?

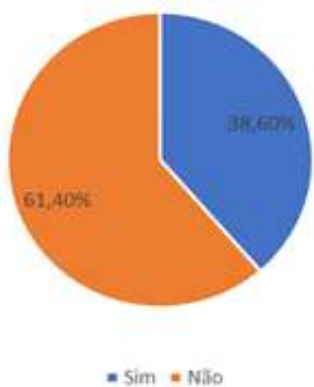


Figura 4.10 Resultado do questionário online. Questão - Alterava a temperatura da sala?

Em relação à preferência e aceitabilidade do ambiente e térmico, 43,7% gostava que a sala estivesse mais quente ou mais fria (Figura 4.11).

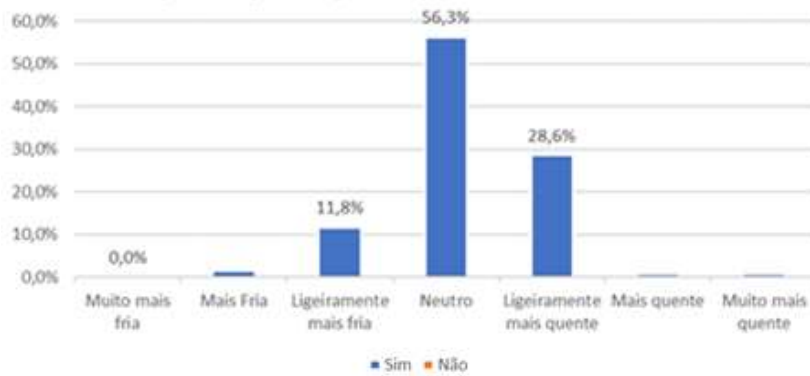


Figura 4.11 Resultado do questionário. Questão - Indique como preferia que a temperatura da sala estivesse.

No que diz respeito às condições de ambiente térmico da sala, 10,90% afirmam que estas não eram as mais adequadas (Figura 4.12).

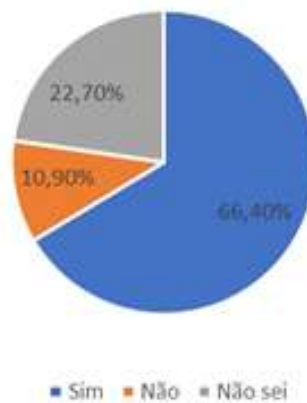


Figura 4.12 Resultado do questionário. Questão - Considera que as condições de ambiente térmico são as mais adequadas?

Dos inquiridos 12,70% consideram que o género do filme a que assistiu pode ter alterado a sua percepção térmica (Figura 4.13).

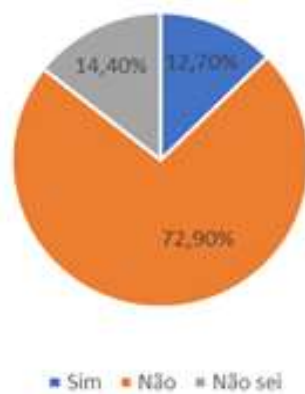


Figura 4.13 Resultado do questionário. Questão - Acha que o género de filme a que assistiu pode ter alterado a sua perceção térmica?

Numa escala de 1 a 5, em que 1 é pouco importante e 5 é muito importante, 91,3% dos utilizadores classificaram de 4 e 5, a importância do conforto térmico para uma boa experiência de cinema (Figura 4.14). Esta questão foi feita apenas no inquérito online.

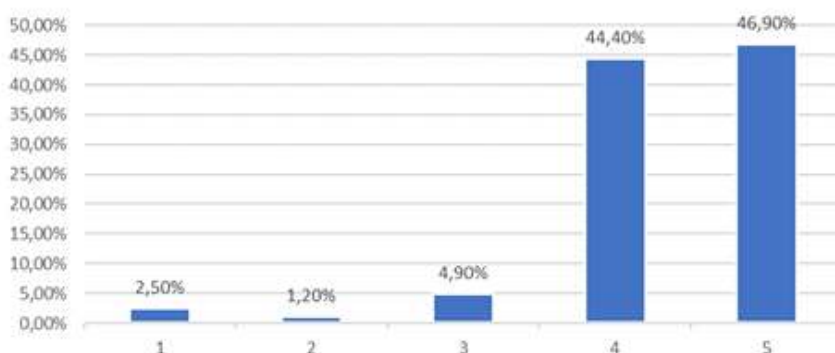


Figura 4.14 Resultado do questionário. Questão - Classifique de 1 a 5 a importância do seu conforto térmico, para uma boa experiência de cinema.

4.2 Resultados das medições experimentais

A primeira medição experimental foi efetuada num ponto de medição no interior da sala no lugar B8, com início às 15h00 e fim às 20h30 do dia 19 de Abril de 2017, e os resultados estão representados na figura 4.15.

Durante este período decorreram duas sessões de cinema, a primeira com início às 15h30 e fim às 18h00 com uma taxa de ocupação de 76,4% e a segunda com início às 18h50 e fim às 21h00, taxa de ocupação de 34,7%. Os dados medidos para os parâmetros ambientais estão resumidos

A temperatura máxima e mínima exterior para o dia foi de 27°/15° respetivamente, segundo o Instituto Português de Meteorologia. O equipamento de ar condicionado esteve ligado durante a sessão a 22°.

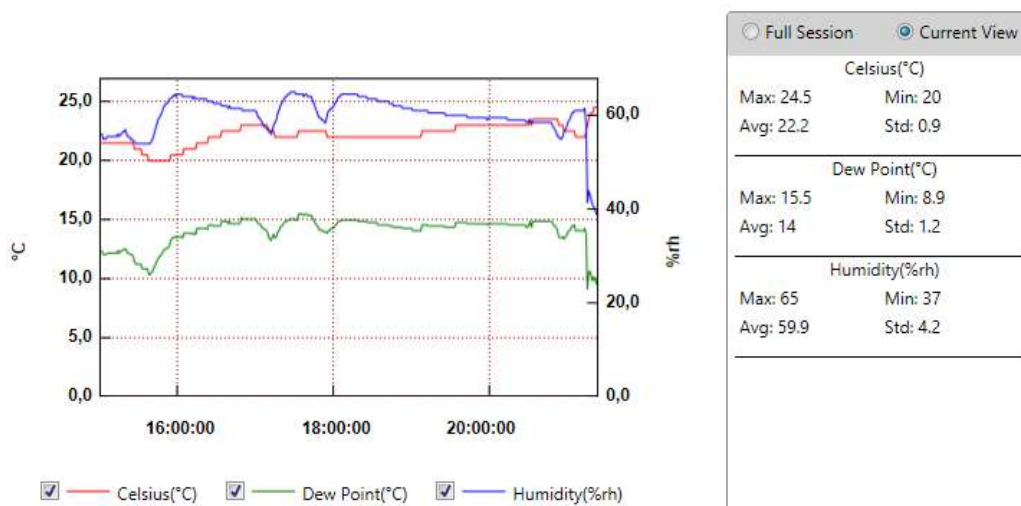


Figura 4.15 Resultados Software “EasyLog”, 1º Medição 19-04-17

Tabela 4.1: Parâmetros ambientais - 1ª sessão -15h30 dia 19-04-2017

Parâmetros ambientais	Média	Máx	Min	Desvio Padrão
Temperatura do ar (°C)	21,73	23	20	0,86
Humidade Relativa do ar (HR)	61,27	65	54	3,00
Velocidade o ar (ms)	0,00	0,00	0,00	0,00
Temperatura radiante (°C)	22	23	20	1,00

Tabela 4.2: Parâmetros ambientais - 2ª sessão - 18h50 dia 19-04-2017

Parâmetros ambientais	Média	Máx	Min	Desvio Padrão
Temperatura do ar (°C)	22,83	23,5	22	0,53
Humidade Relativa do ar (HR)	59,78	62	58	1,18
Velocidade o ar (ms)	0,00	0,00	0,00	0,00
Temperatura radiante (°C)	23	23,5	22	0,50

Num segundo momento foi efetuada a medição em três pontos da sala, nos lugares B8, G12 e K14, com início às 21:00 do dia 27 de Abril de 2017 sendo que os equipamentos foram recolhidos às 09h30 do dia 28 de Abril de 2017. Durante este período decorreu uma sessão de cinema com início às 21h40 e fim 00h00, cujo os resultados estão representados nas figuras 4.16, 4.17 e 4.18 e a taxa de ocupação se situou nos 8,2%. Durante todo o período da medição, o sistema de climatização da sala esteve desligado.

A temperatura máxima e mínima da cidade para o dia foi de 19°/10° respetivamente, segundo o Instituto Português de Meteorologia.

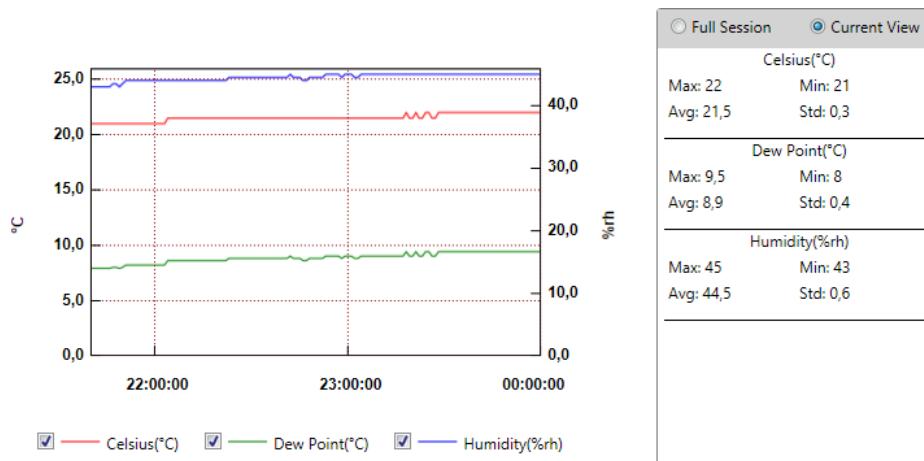


Figura 4.16 Resultados Software “EasyLog”, 2º Medição, Lugar B8

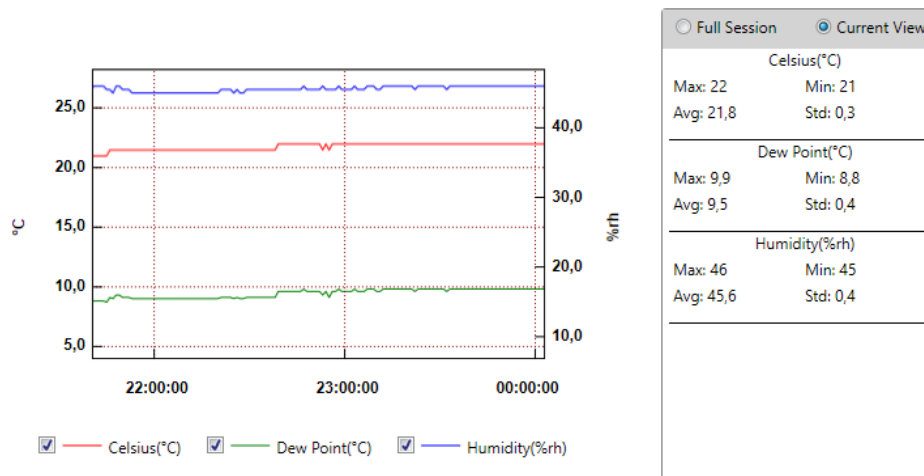


Figura 4.17 Resultados Software “EasyLog”, 2º Medição, Lugar G12

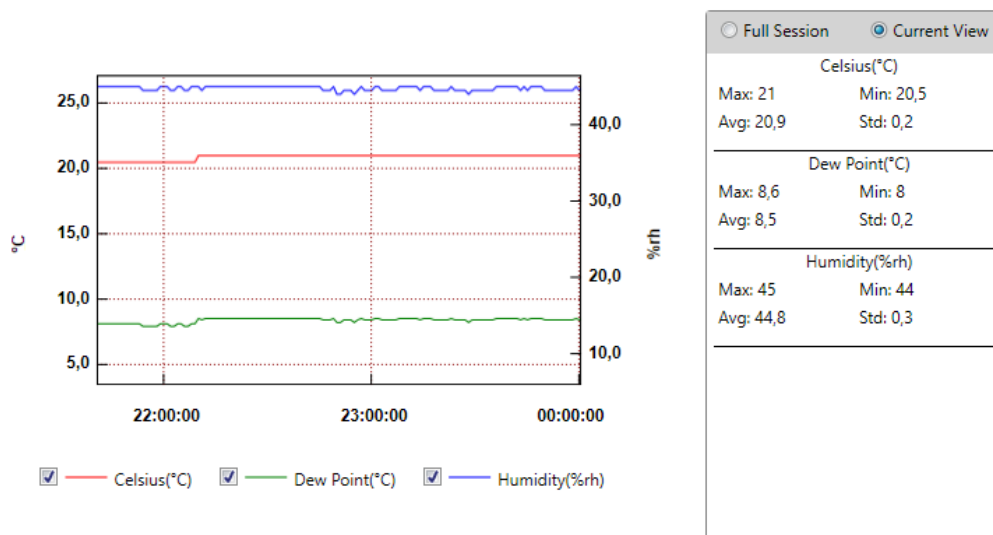


Figura 4.18 Resultados Software “EasyLog”, 2º Medição, Lugar K14

No conjunto das medições não foram detetadas alterações em relação à velocidade do ar, cujo valor médio registado foi de 0.00ms, mesmo nos momentos em que o ar condicionado estava ligado.

Num terceiro momento foi efetuada a medição nos lugares B8, G12 e K14, com início às 10h50 do dia 29 de Abril de 2017, sendo que os equipamentos foram recolhidos às 11h40 do mesmo dia. Durante este período a iluminação e o equipamento de projeção estiveram desligados e a sala esteve vazia. O sistema de ar condicionado esteve ligado para uma temperatura de 30°.

As figuras 4.19, 4.20 e 4.21 representam o comportamento térmico registado nos 3 pontos de medição. De registar que durante o período mencionado, a temperatura do ar junto ao lugar B8 atingiu 29°, 27,5° junto ao lugar G12 e 24° próximo ao lugar K12

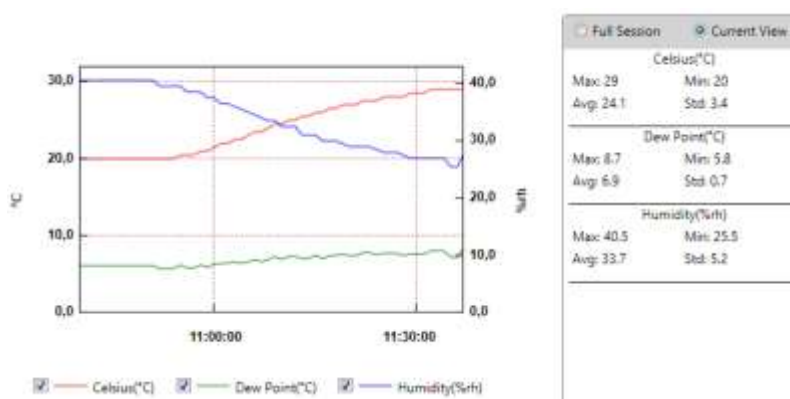


Figura 4.19 Resultados Software “EasyLog”, 3º Medição, Lugar B8

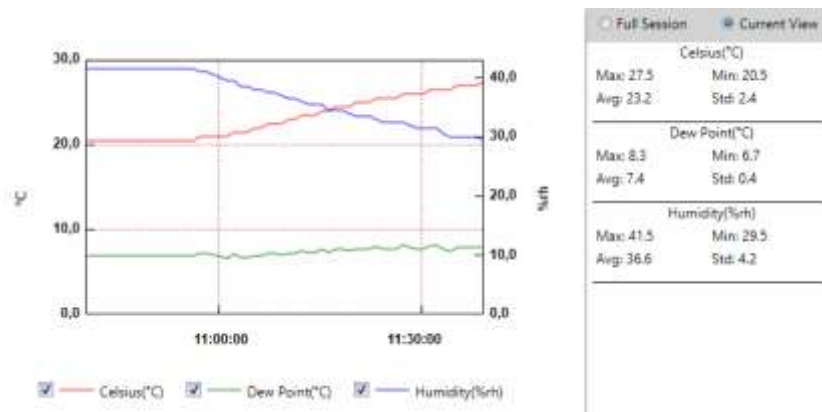


Figura 4.20 Resultados Software “EasyLog”, 3º Medição, Lugar G12

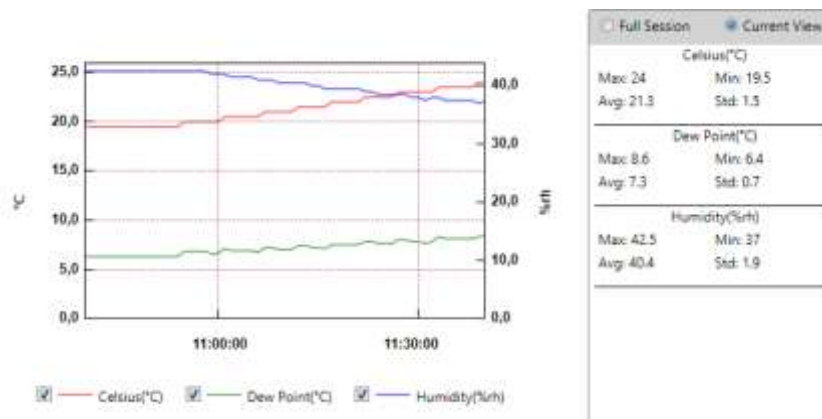


Figura 4.21 Resultados Software “EasyLog”, 3º Medição, Lugar K14

4.3 PPD e PMV

Para o cálculo dos índices do PPD e do PMV, foi utilizado como referência o critério utilizado na ISO 7330:2005, ou seja o valor do metabolismo de um homem médio, com 70kg e superfície cutânea de 1,8m², sentado num ambiente confortável, met=1 (Figura 2.2) , e isolamento térmico resultado do vestuário de 1 clo (Figura 2.3), que representam uma combinação típica de vestuário para espaços interiores durante o Inverno.

Os valores dos parâmetros ambientais utilizados para o cálculo dos índices, foram os registados durante os períodos das sessões de cinema, com um intervalo de 15 min.

A figura 4.22 resulta dos valores obtidos durante a sessão que se iniciou às 15h30 do dia 19 de Abril de 2017. Os pontos representam os resultados obtidos, para o cálculo dos índices de conforto térmico. A tabela 4.3 resume os resultados dos índices calculados, identificando os valores máximos, mínimos, médios e os desvios padrões dos valores obtidos.

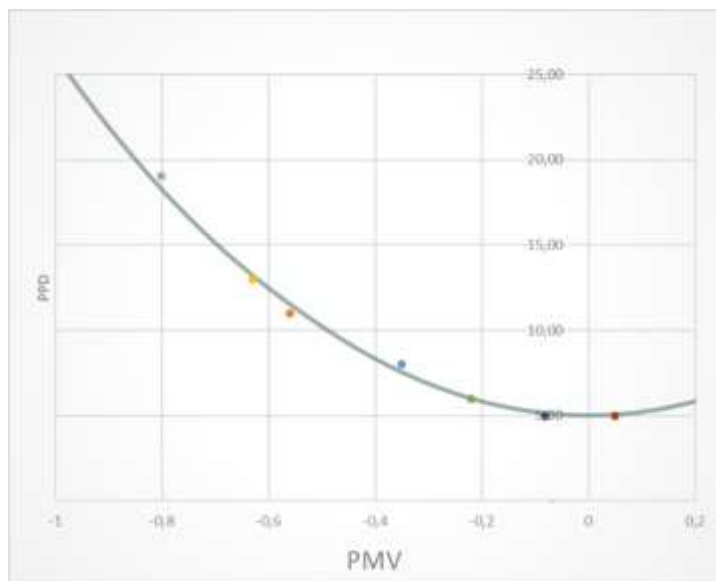


Figura 4.22 PMV em função do PPD, Sessão: 15h30 - 19-04-2017

Parâmetro	PMV	PPD [%]
Média	-0,30	8,18
Máximo	0,05	19
Mínimo	-0,80	5
Desvio Padrão	0,25	4,24

Tabela 4.3 Valores de PMV e PPD - Sessão: 15h30 - 19-04-2017

A Figura 4.23 representa a evolução dos valores do PMV, ao longo da duração da sessão de cinema das 15h30 do dia 19-04-2017.



Figura 4.23 PMV ao longo da duração da sessão 15h30 -19-04-2017

A Figura 4.24 resulta dos valores obtidos durante a sessão que iniciou às 18h50 do dia 19 de Abril de 2017. Os pontos representam os resultados obtidos com o cálculo dos índices de conforto térmico. A tabela 4.4 resume os resultados dos índices calculados, identificando os valores máximos, mínimos, médios e os desvios padrões dos valores obtidos.

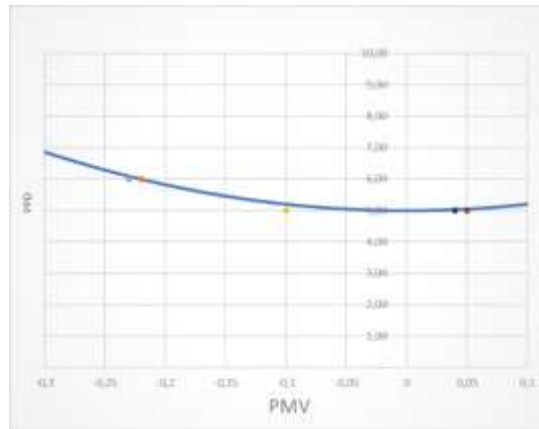


Figura 4.24 PMV em função do PPD, Sessão: 18h50 - 19-04-2017

Tabela 4.4 Valores de PMV e PPD - Sessão: 18h50 - 19-04-2017

Parâmetro	PMV	PPD [%]
Média	0,00	5,44
Máximo	0,18	6,00
Mínimo	-0,23	5,00
Desvio Padrão	0,14	0,50

A Figura 4.25 representa a evolução dos valores do PMV, ao longo da duração da sessão de cinema das 18h50, do dia 19-04-2017.



Figura 4.25 PMV em função da duração da sessão 18h50 de 19-04-2017

A Figura 4.26 resulta da medição no lugar B8, cuja sessão iniciou às 21:40 do dia 27 de Abril de 2017. Os pontos representam os resultados obtidos, com o cálculo dos índices de conforto térmico. A Tabela 4.5 resume os resultados dos índices calculados, identificando os valores máximos, mínimos, médios e os desvios padrões dos valores obtidos.

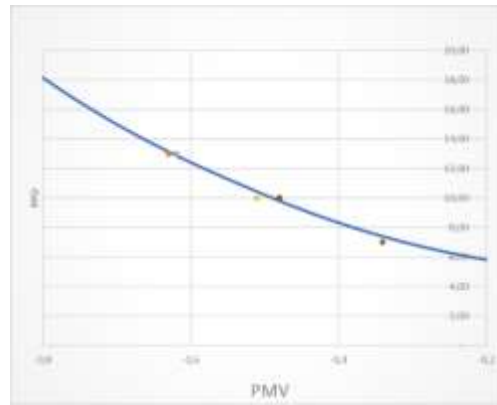


Figura 4.26 PMV em função do PPD, Sessão: 21h40 - 27-04-2017 – Lugar B8

Tabela 4.5 Valores de PMV e PPD - Sessão: 21h00 - 27-04-2017 Lugar B8

Parâmetro	PMV	PPD [%]
Média	-0,47	9,70
Máximo	-0,34	13,00
Mínimo	-0,63	7,00
Desvio Padrão	0,10	2,10

A figura 4.27 resulta da medição no lugar G12, cuja sessão iniciou às 21:00 do dia 27 de Abril de 2017. Os pontos representam os resultados obtidos, com o cálculo dos índices de conforto térmico. A tabela 4.6 resume os resultados dos índices calculados, identificando os valores máximos, mínimos, médios e os desvios padrões dos valores.

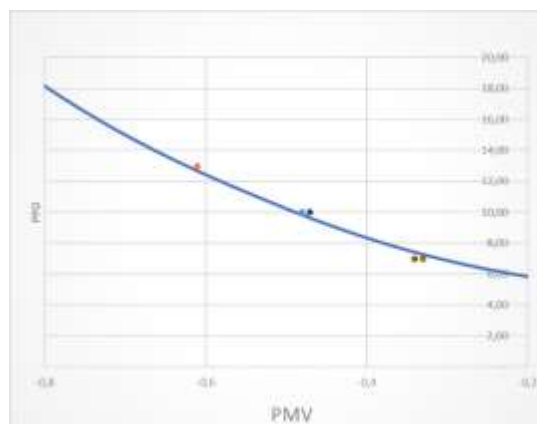


Figura 4.27 PMV em função do PPD, Sessão: 21h00 - 27-04-2017 – Lugar G12

Tabela 4.6 Valores de PMV e PPD, no lugar G12 na Sessão das 21h00 - 27-04-2017

Parâmetro	PMV	PPD [%]
Média	-0,42	8,80
Máximo	-0,33	13,00
Mínimo	-0,61	7,00
Desvio Padrão	0,09	1,99

A figura 4.28 resulta da medição no lugar K14, cuja sessão iniciou às 21:00 do dia 27 de Abril de 2017. Os pontos representam os resultados obtidos, com o cálculo dos índices de conforto térmico. A tabela 4.7 resume os resultados dos índices calculados, identificando os valores máximos, mínimos, médios e os desvios padrões dos valores obtidos.

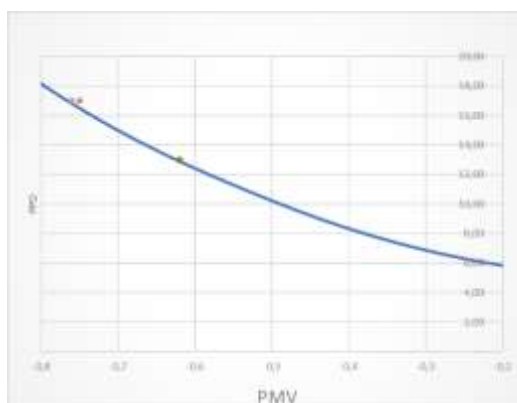


Figura 4.28 PMV em função do PPD, Sessão: 21h00 - 27-04-2017 – Lugar K14

Tabela 4.7 Valores de PMV e PPD - Lugar K14 na Sessão: 21h00 - 27-04-2017

Parâmetro	PMV	PPD [%]
Média	-0,65	13,80
Máximo	-0,62	17,00
Mínimo	-0,76	13,00
Desvio Padrão	0,05	1,60

A figura 4.29 representa a evolução dos valores do PMV, ao longo da duração da sessão de cinema na sessão das 21h00, no dia 27-04-2017, nos lugares B8, G12 e K14.

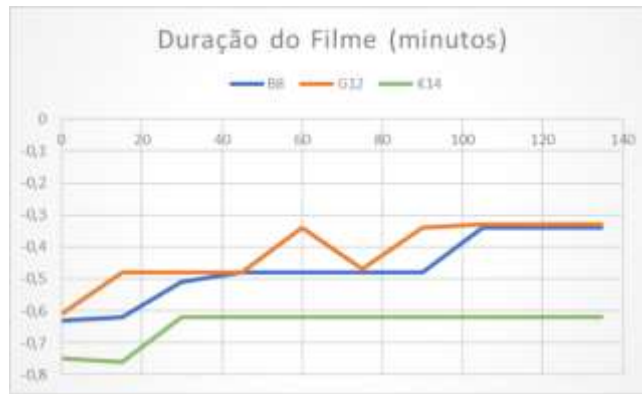


Figura 4.29 PMV em função da duração da sessão, Lugares B8, G12 e K14

4.4 Resultados da simulação Energy Plus

Na figura 4.30 encontra-se a representação gráfica da distribuição do consumo energético anual da sala de cinema, resultado de simulação efetuada com o auxílio do software Energy Plus, tendo em consideração os elementos anteriormente mencionados. O consumo está distribuído de acordo com a energia gasta para o aquecimento (85,2%), arrefecimento (10,7%), iluminação (0,83%) e para o funcionamento dos equipamentos de projeção e som da sala em estudo (3,24%).

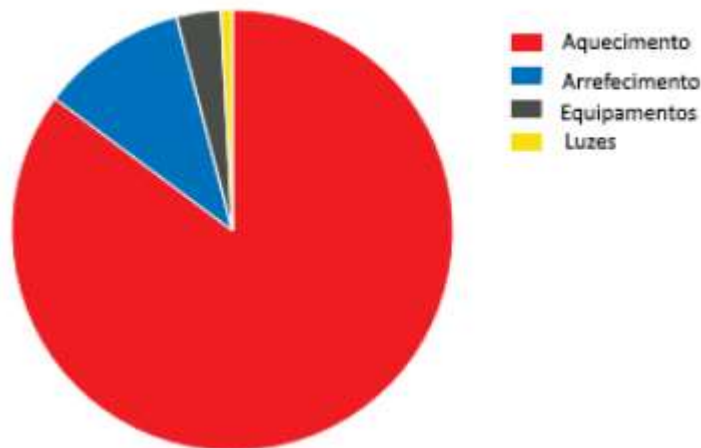


Figura 4.30 Distribuição do consumo energético anual da sala de cinema.

Na Figura 4.31 está representado o balanço energético mensal, para o consumo energético dos equipamentos e da iluminação da sala em estudo em kwh. De salientar que para esta análise, o consumo enérgico da iluminação e dos equipamentos apenas varia de acordo com o número de sessões.

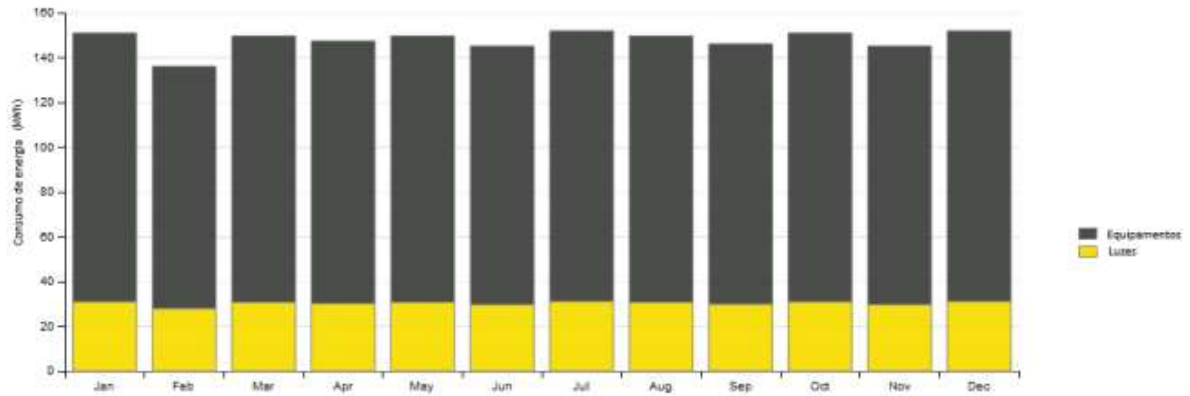


Figura 4.31 Balanço energético mensal da sala de cinema

Na figura 4.32 segue a representação do balanço energético mensal, para o consumo energético necessário para o arrefecimento, figura 4.33 e aquecimento, figura 4.34, da sala de cinema em MBtu., tendo em consideração a taxa de ocupação real.

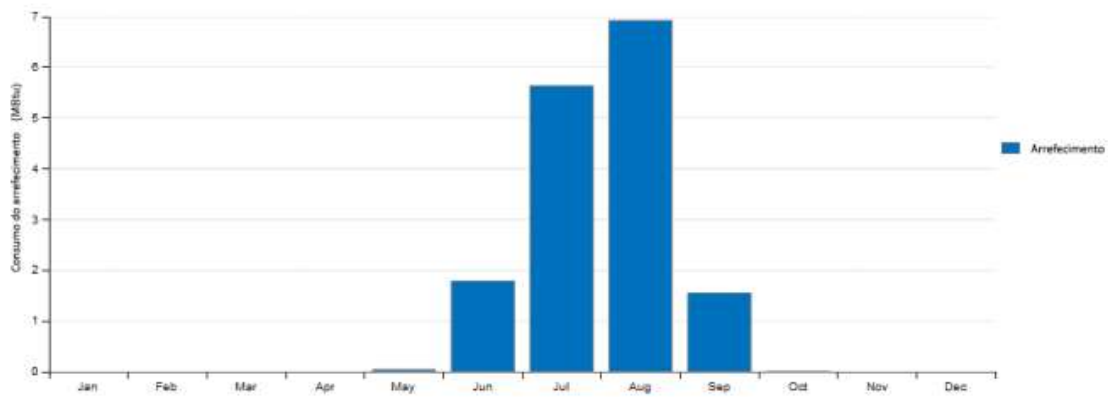


Figura 4.32 Balanço energético mensal, para o consumo energético necessário para o arrefecimento

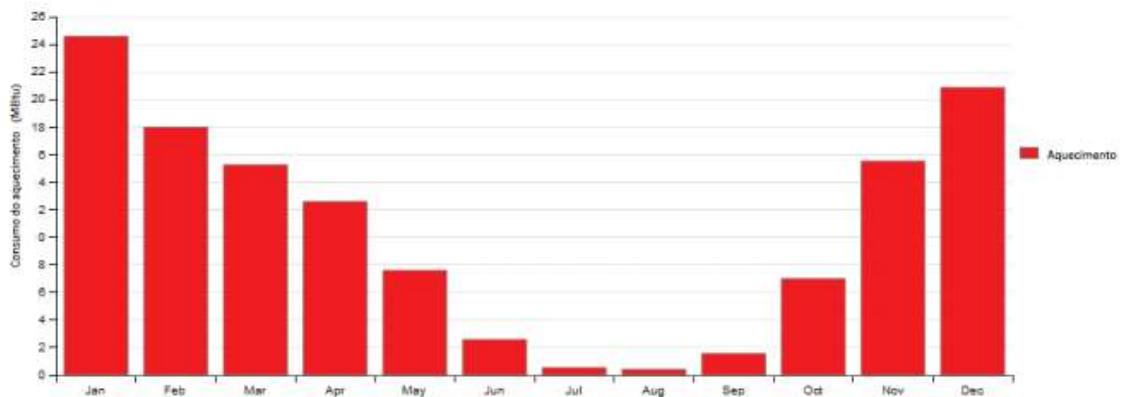


Figura 4.33 Balanço energético mensal, para o consumo energético necessário para o aquecimento.

O gráfico abaixo representa a variação da temperatura exterior ao longo dos meses em graus fahrenheit, em comparação com a energia gasta para o aquecimento e o arrefecimento da sala.

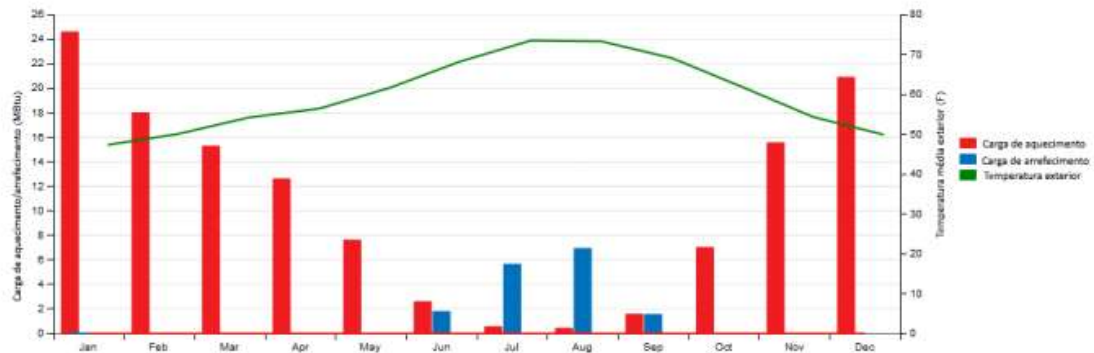


Figura 4.34 Variação mensal da temperatura exterior, carga para aquecimento e carga para arrefecimento

Abaixo na figura 4.35 segue representação do balanço energético mensal, para o consumo energético necessário para o arrefecimento e aquecimento da sala de cinema em MBtu., tendo em consideração uma taxa de ocupação de 100%.

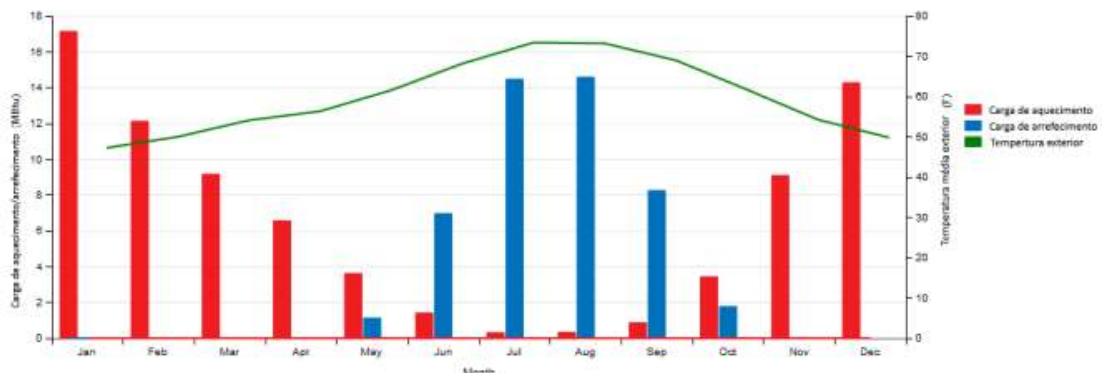


Figura 4.35 Variação mensal da temperatura exterior, carga para aquecimento e carga para arrefecimento. 100% ocupação

5. ANÁLISE DOS RESULTADOS

A norma ISO 7330-2005 enquadra o espaço em estudo na categoria B (tabela 2.2), que estipula como valores de referência para a “heating season”, uma temperatura operativa do ar de $22^{\circ}\pm 1^{\circ}$, para um máximo de 0,16m/s de velocidade do ar. Tendo em consideração que a velocidade do ar registada foi $< 0,2\text{m/s}$ e os valores da temperatura radiante são $< 50^{\circ}$, consideramos que a temperatura operativa é igual à temperatura ambiente. Para esta análise não foram considerados os valores de referência para o desconforto localizado.

De acordo com ISO 7330-2005 valor de referência para o PPD para a categoria B é $< 10\%$ o que corresponde a um PMV de -0,5 a 0,5 (tabela 2.4), para que o individuo esteja em situação de conforto térmico.

5.1 Análise dos resultados dos inquéritos e das medições experimentais

5.1.1 Resultados os Inquéritos

Dos utilizadores inquiridos online, 91.3% consideraram que o conforto térmico é importante ou muito importante para uma experiência de cinema bem-sucedida, o que realça o cuidado que o operador deve ter na programação e implementação de procedimentos que visem uma correta programação dos seus sistemas de climatização (Figura 4.14). De referir que 10,9% dos inquiridos online e 50% dos inquiridos no final da sessão de cinema consideraram que as condições de ambiente térmico da sala não eram as mais adequadas (Figuras 4.7 e 4.12).

Geralmente as mulheres têm uma maior sensibilidade para os ambientes térmicos em que estão inseridas (Bradshaw 2006). A maioria dos inquiridos era do sexo feminino (57%, no inquérito no final da sessão e 70,6% no inquérito online), o que pode explicar a elevada taxa de insatisfação expressa pelos inquiridos com o ambiente térmico da sala.

Tendo em consideração que o conforto térmico para os utilizadores é um fator chave para sua satisfação, e que a escolha do lugar por parte dos utilizadores inquiridos não teve por base um critério de conforto térmico (Figura 4.2), é possível concluir que os utilizadores poderão considerar que o lugar que vão ocupar não tem influência no seu conforto térmico, e por isso na escolha do lugar que ocupam apenas se preocupam com a facilidade de acesso e visibilidade da tela.

Da análise da Figura 4.5 que representa a distribuição da ocupação dos utilizadores da sessão das 21h40 do dia 28 de Abril de 2017, não é possível concluir que o lugar ocupado pelo utilizador na sala

pode ter alterado a sua satisfação com a temperatura da mesma, pois para além da amostra ser pequena, os resultados não apresentam um padrão conclusivo.

Na busca de outros parâmetros individuais que possam influenciar a percepção de conforto térmico dos utilizadores, estes foram inquiridos sobre a influência que o género de filme visionado poderia ter tido na sua percepção térmica, sendo que 12,70% dos inquiridos online consideraram que o género de filme visionado poderia ter influenciado a sua sensação térmica (Figura 4.13).

De forma a obter uma análise conclusiva em relação à influência psicológica que o género de filme pode ter em relação a satisfação térmica do utilizador, as respostas deveriam ser cruzadas com o género de filme visionado, de forma a que se pudesse verificar se existe alguma correlação entre determinados géneros de filme e a sensação térmica dos utilizadores.

5.1.2 Medições experimentais

Temperatura média radiante

Em todas as medições a temperatura média radiante foi igual à temperatura do ar, sendo que não foram detetadas fontes de calor radiante.

Temperatura do ar

A temperatura do ar média registada no lugar B8 no dia 19 de Abril durante as 2 sessões foi de 21,73° e 22,83° respetivamente com um máximo de 23,5° e um mínimo de 20° (Tabelas 4.1 e 4.2).

Na segunda mediação levada a cabo no dia 27 de Abril, o valor médio registado foi de 21,5°, 21,8 e 20,9°, para os lugares B8, G12 e K14. O valor máximo registado foi de 22° e o mínimo de 20,5° (Figuras 4.16, 4.17 e 4.18).

No dia 29 de Abril com a sala vazia e o sistema de climatização ligado para uma temperatura de 30°, o valor médio registado foi de 24,1°, 23,2° e 21,3°, para os lugares B8, G12 e K14 respetivamente. De salientar que a medição durou 50 minutos, sendo que no final da mesma o lugar B8 já tinha atingido os 29° e o lugar K14 ainda registava 24° (Figuras 4.19, 4.20 e 4.21).

Os valores recolhidos no que diz respeito à temperatura do ar encontram-se dentro do intervalo de valores definidos pela norma ISO 7730:2005.

Independentemente da taxa de ocupação e do facto do sistema de climatização estar ou não ligado, o lugar K14 foi o que apresentou a menor temperatura média do ar.

Em relação à escala de sensação térmica, ambos os inquiridos têm um registo maioritariamente neutro com tendência para valores negativos, sendo que 34% do total dos inquiridos afirmaram que a sala estava ligeiramente fria (Figura 4.6 e 4.11).

Velocidade do ar

Durante as medições não foram detetadas correntes de ar no entanto, no inquérito online 16% dos utilizadores afirmam que sentiram correntes de ar na sala (Figura 4.9).

Miguel, A.S. (2014) afirma que o individuo não sente a movimentação do ar caso esta seja inferior a 0,30m/s logo, o valor as correntes de ar detetadas pelos utilizadores poderiam estar acima dos valores balizados pela norma, estando os utilizadores perante uma situação de desconforto localizado.

Movimentações de ar superiores a 0,5 m/s são desagradáveis mesmo quando o ar é quente, o desconforto causado por estas movimentações depende da direção do ar e das partes do corpo que estão expostas Fanger, 1972 citado por Kroemer e Grandjean (1997).

Para uma melhor compreensão da influência deste parâmetro na realidade em estudo, seria necessário fazer as medições, utilizando mais do que um nível para recolha de dados (cabeça, abdómem e tornozelos).

Humidade Relativa do ar

A humidade relativa média registada no lugar B8 no dia 19 de Abril durante as 2 sessões foi de 61,27% e 59,78% respetivamente, com um máximo de 65% e um mínimo de 54%. As sessões apresentaram uma taxa de ocupação de 76,4% e de 59,78% respetivamente (Tabelas 4.1 e 4.2).

Na segunda mediação registada no dia 27 de Abril, o valor médio foi de 44,5%, 45,6% 44,8%, para os lugares B8, G12 e K14. O valor máximo registado foi de 46% e o mínimo de 44% (Figuras 4.16, 4,17 e 4.18). A sessão apresentou uma taxa de ocupação de 8,2%.

Foi efetuada uma terceira mediação no dia 29 de Abril com a sala vazia, e com o sistema de climatização ligado para uma temperatura de 30°, em que o máximo de humidade relativa média registada foi de 42,5% no ponto K14 e 40,5% no ponto B8 (Figuras 4.19, 4.20 e 4.21).

As sessões registaram valores humidade relativa dentro dos valores de referência da norma ISO 7730:2005, que refere esta se deve situar entre os 30% e os 70%, no entanto, Kromer e Grandjen (1997) apresentam limites mais estreitos para uma situação de conforto dos ocupantes em espaços interiores que varia entre os 40% e os 50%.

O lugar K14 foi o ponto que registou a maior taxa de humidade relativa dos 3 pontos escolhidos em todas as medições efetuadas.

5.2 Análise dos resultados do PPD -PMV e avaliação subjetiva

5.2.1 Análise resultados do PPD-PMV - Sessão das 15h00 do dia 19 de Abril 2017

De acordo com os valores calculados, a percentagem média de insatisfeitos nas sessões das 15h30 do dia 19 de Abril de 2017 foi de 8,18% (Tabelas 4.3).

A sessão das 15h30 registou o PPD máximo nos primeiros 15 minutos da sessão, 19%, para uma temperatura do ar de 20°, humidade relativa de 59%, velocidade do ar de 0,00ms. Após 90 minutos do início da sessão a temperatura subiu para os 23° com humidade relativa de 61% e velocidade do ar de 0.00ms, sendo que o PPD mínimo calculado foi de 5% (Figura 4.23).

A norma ISO 7330:2005 refere que na “heating season” a temperatura de referência encontra-se no intervalo dos 20° e os 24° para uma velocidade do ar de 0,16 m/s e humidade relativa dos 30% aos 70% no entanto, o PPD calculado para uma temperatura de 20°, humidade relativa de 59% e velocidade do ar de 0,00ms, demonstraram que os utilizadores estariam em uma situação de desconforto térmico nestas condições.

O facto do sistema de climatização da sala apenas ter sido ligado no início da sessão de cinema, pode ter influenciado o conforto térmico dos utilizadores nos primeiros 30 minutos da sessão, pois só após a temperatura atingir os 21,5° ou seja aproximadamente 45 minutos após o início da sessão, momento em que os valores calculados para o PPD traduzem uma situação de conforto térmico (Figura 4.23).

5.2.2 Análise resultados do PPD-PMV - Sessão das 18h50 do dia 19 de Abril 2017

De acordo com os valores calculados a percentagem média de insatisfeitos nas sessões das 18h50 do dia 19 de Abril de 2017, foi de 5,44% (Tabelas 4.4).

A sessão das 18h50 apresentou um desvio padrão do PPD de 0,50%, bastante inferior ao calculado para a sessão anterior de 4,24%, sendo que o intervalo dos valores calculados situou-se entre 5% a 6% ou seja, os utilizadores estariam em uma situação de conforto térmico, em toda a sessão (Tabela 4.4).

A estabilidade dos valores do obtidos do PPD, poderá resultar do facto de já ter existido uma sessão anterior (Figura 4.24)

5.2.3 Análise resultados do PPD PMV e avaliação subjetiva - Sessão das 21h40 do dia 27 de Abril 2017

De acordo com os valores calculados, a percentagem média de insatisfeitos no lugar B8 na sessão das 21h40 do dia 27 de Abril de 2017 foi de 9,70%, um máximo de 13% nos primeiros 30 minutos da sessão, para uma temperatura do ar de 21°, humidade relativa do ar de 44% velocidade média do ar de 0,0ms, e um mínimo de 7% para uma temperatura de 22°, humidade relativa de 45% e velocidade média do ar de 0,0ms (Tabela 4.5 e Figura 4.26).

De acordo com os valores calculados, apenas a partir do minuto 105 é que a sessão de cinema apresentou uma situação de conforto térmico ou seja, quando a temperatura do ar atingiu os 22° (Figura 4.29).

A percentagem média de insatisfeitos no lugar G12 na sessão das 21h40 do dia 27 de Abril de 2017 foi de 8,80%, um máximo de 13% nos primeiros 15 minutos da sessão, para uma temperatura do ar de 21°, humidade relativa do ar de 45,5% velocidade média do ar de 0,0ms, e um mínimo de 7% para uma temperatura de 22°, humidade relativa de 45,5% e velocidade média do ar de 0,0ms (Tabela 4.6 e Figura 4.27).

De acordo com os valores calculados, apenas a partir do minuto 60 é que a sessão de cinema apresentou uma situação de conforto térmico ou seja, quando a temperatura do ar atingiu os 22°. Este lugar atingiu valores de conforto térmico 45 minutos antes do lugar B8. A proximidade do lugar B8 com a entrada da sala e a porta da saída de emergência, poderá ser um dos fatores que influenciam a variação dos valores calculados.

A percentagem média de insatisfeitos no lugar K14 na sessão das 21h40 do dia 27 de Abril de 2017 foi de 13,80%, um máximo de 17% nos primeiros 15 minutos da sessão, para uma temperatura do ar de 20,5°, humidade relativa do ar de 45% velocidade média do ar de 0,0ms, e um mínimo de 13% para uma temperatura de 21°, humidade relativa de 44,5% a 45% e velocidade média do ar de 0,0ms (Tabela 4.7 e Figura 4.28).

De acordo com os valores calculados, este ponto apresentou valores que traduzem desconforto térmico durante toda a sessão de cinema.

O facto do lugar K14 estar situado na fila junto ao ecrã de cinema, a inclinação negativa da sala, tomando como referência a parede oposta ao ecrã, pode influenciar a distribuição do ar quente que por ser menos denso concentra-se no lado oposto da sala.

Durante o período da sessão de cinema, o equipamento de climatização esteve desligado, pois a taxa de ocupação de ocupação era inferior a 25%.

Dos utilizadores presentes nesta sessão 50% destes consideraram que as condições de ambiente térmico da sala não eram a mais adequadas, sendo que valores calculados para o PPD apresentaram uma percentagem de insatisfeitos mínima de 5%, máxima de 17% e média de 8,8%. Apesar do PPD apresentar um valor médio que traduz conforto térmico, a percentagem de insatisfeitos que resulta do

inquirido, é superior ao valor de referência da norma, o que representa uma situação de desconforto térmico.

Dos utilizadores inquiridos 57,14% consideraram que a sala deveria estar ligeiramente mais quente e 7,14% consideraram que a sala deveria estar mais quente. Os valores de PMV calculados variam de -0,76 a -0,33, o que indica que a sala estaria fria ou ligeiramente fria. Neste o cálculo do PMV confirma a tendência da análise subjetiva.

5.3 Análise dos resultados da simulação energética

Da análise da variação do consumo energético simulado dos equipamentos e da iluminação, é possível concluir que os valores não indicam potenciais erros de simulação, no que diz respeito à evolução dos mesmos, pois os consumos são constantes ao longo dos meses, havendo apenas ligeiras variações de acordo com os dias de cada mês.

Em relação às cargas do sistema de AVAC é possível observar que a predominância de aquecimento no espaço se verifica nos meses de Setembro a Junho, enquanto que a carga de arrefecimento é maior nos meses de Julho e Agosto, resultado que se adequa à realidade pois são estas as heating e cooling seasons (Figuras 4.32, 4.33 e 4.34).

Para além da temperatura exterior o arrefecimento da sala poderá estar dependente da taxa de ocupação, como se poderá verificar na Figura 4.35, que simula a carga para arrefecimento e aquecimento para taxas de ocupação de 100%.

O facto de ter sido definida uma determinada temperatura de referência para o aquecimento e arrefecimento da sala, faz com que nos meses de Verão seja necessária energia para o aquecimento da mesma, pois existem determinadas horas do dia em que a temperatura exterior está abaixo da temperatura definida.

De forma a comparar os valores do consumo energético obtidos através da simulação energética, com consumo real, foi utilizada a seguinte informação (Tabela 5.2):

- A distribuição do consumo energético foi calculada de acordo com o certificado energético da loja.
- O consumo energético em real foi calculado em kwh, de acordo com as faturas de eletricidade da loja referentes ao período de Janeiro a Dezembro de 2016

Para esta análise apenas foram consideradas as cargas de arrefecimento e aquecimento, pois são as únicas que são consumidas na sua totalidade nas salas de cinema. De forma a obter o consumo real dos equipamentos e da iluminação, seria necessário a utilização de contadores parciais.

Na distribuição de consumo por uso representada na Figura 5.1, a carga para aquecimento é representada pela cor vermelha, a carga para arrefecimento pela cor azul, a iluminação pelo amarelo e o consumo energético dos equipamentos pela cor verde. O somatório da distribuição dos consumos por uso da Figura 5.1 é de 101%, resultado de arredondamentos.



Figura 5.1 Certificado energético - Distribuição do consumo energético

A Tabela 5.1 compara a distribuição do consumo por uso resultado da simulação, com o que consta no Certificado Energético da loja. É possível verificar que existem diferenças de consumo nas diferentes utilizações, no entanto, é de realçar que a distribuição que consta no Certificado Energético tem em consideração o consumo efetuado em toda a loja, onde estão incluídos os consumos energéticos com iluminação e equipamentos do bar, wc's e outros. A distribuição do consumo por uso simulado, tem apenas em conta a distribuição do consumo energético da iluminação, dos equipamentos e do sistema de AVAC do espaço em estudo. No entanto possível concluir que o consumo com maior representatividade em ambos os casos é o efetuado para o aquecimento e arrefecimento, que representa 60% do consumo da loja (Certificado Energético) e 96% do consumo da sala (simulado).

Tabela 5.1 Comparação da distribuição do consumo por uso

Consumo por uso		Certificado Energético	Simulado
Aquecimento		37%	85%
Arrefecimento		23%	11%
Iluminação		13%	1%
Equipamentos		28%	3%

Tabela 5.2 Distribuição do consumo energético da loja

Consumo por uso		Kwh
Aquecimento		37% 23134
Arrefecimento		23% 14380
Iluminação		13% 8128
Equipamentos		28% 17506

De forma estimar o consumo energético para o aquecimento e arrefecimento do espaço em estudo, o total da carga foi distribuída pelas salas, de acordo com a dimensão das mesmas (Tabela 5.3).

Tabela 5.3 Cargas de Aquecimento e Arrefecimento. Real - Sala

Sala	Aquecimento (Kwh)	Arrefecimento (Kwh)
1	6765	4205
2	9966	6195
3	6402	3980

A Tabela 5.3 compara os valores obtidos na simulação com o consumo real estimado fornecido pelo certificado energético, para as cargas de aquecimento e arrefecimento.

Tabela 5.4 Cargas de Aquecimento e Arrefecimento - Real e Simulado

Sala 2		
Consumo por uso	Real (Kwh)	Simulado (Kwh)
Aquecimento	9966	37082
Arrefecimento	6195	4675

Existem diferenças significativas entre o consumo real e o simulado, o que pode dever-se aos seguintes fatores:

- A taxa de ocupação da sala tem influência no consumo das cargas de aquecimento e arrefecimento (Figuras 4.34, 4.35 e 4.36) por este motivo, o facto de ter sido utilizado um perfil de utilização com valores médios pode ter alterado a distribuição e consumo das cargas. Quando a taxa de ocupação é igual a 0, não existe sessão
- O modelo não tem em consideração as sessões que não têm espectadores, e que por consequência não foram exibidas. Quando a taxa de ocupação é igual a 0, não existe sessão;
- Os elementos construtivos do modelo poderão não estar completamente ajustados à realidade;
- As temperaturas de arrefecimento e aquecimento definidas no modelo, poderão nem sempre ser respeitadas na realidade;
- A distribuição do consumo energético por uso que consta no Certificado Energético, poderá não corresponder ao consumo real.

6. CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE MELHORIA

Os utilizadores do espaço em estudo são sensíveis à problemática do ambiente térmico da sala, pois uma grande parte destes manifestou alguma insatisfação com o resultado dos atuais procedimentos para regulação da climatização da sala, o que reforça a importância deste tema para espaços do género.

Ao contrário do que assume a norma ISO 7330:2005, a uma temperatura de 20°, os utilizadores da sala de cinema estariam em uma situação de desconforto térmico segundo os valores calculados para o PPD e PMV, o que pode indicar que a norma não está desenvolvida para este tipo de atividade.

Propostas de melhoria

No momento e tendo em consideração a estação do ano o sistema de AVAC só ser ligado para uma taxa de ocupação igual ou superior a 25%, sendo que foi registada alguma insatisfação térmica da parte dos utilizadores que frequentaram uma sessão com menos de 25% de ocupação. Por isso, seria importante desenvolver novos inquéritos em sessões com taxas de ocupação inferiores a 25%, na mesma estação do ano, de forma a validar a informação. O ideal seria possuir informação suficiente que permitisse a criação de uma tabela que correlacionasse a temperatura exterior com a taxa de ocupação e que indicasse uma temperatura de referência a definir no sistema de AVAC.

De forma a diluir a diferença de temperaturas e tempos de climatização nas diferentes zonas sala, seria interessante estudar uma melhor distribuição das condutas de ar condicionado, pois os lugares cimeiros são os que atingem mais rapidamente a temperatura programada. Ou seja, de forma atingir uma temperatura confortável nas filas que se situam mais abaixo na sala, pode-se estar a colocar em causa o conforto térmico dos utilizadores que se encontram no cimo da sala.

Colocação de sensores térmicos na sala de cinema, de forma a obter informação objetiva em relação à necessidade de regular o sistema de AVAC.

No momento o sistema de AVAC da sala apenas é ligado 10 a 15 minutos após o início da sessão, no entanto de forma a evitar expor os utilizadores a uma possível situação de desconforto térmico, é

importante ligar o sistema de AVAC antes do início da sessão, para que quando estes entrem na sala, a temperatura da mesma já esteja igual à programada.

Tendo em consideração os valores calculados a temperatura programada de 22° para o sistema de AVAC, traduz uma situação de conforto térmico para os utilizadores.

Modelação e Simulação energética

Os resultados obtidos através da simulação não são uma representação fiel do que se passa na realidade, mas permitiram analisar construtivamente os valores obtidos assim como, o comportamento energético da sala de cinema ao longo de um ano.

De forma a aproximar os valores da simulação energética aos valores reais, seria importante utilizar a taxa de ocupação diária real da sala de cinema, e obter informação mais detalhada em relação a alguns dos parâmetros inseridos na modelação e na simulação, como por exemplo os elementos construtivos e o sistema de AVAC.

O Energy Plus revelou ser uma ferramenta bastante complexa, sendo necessário recorrer a uma interface semelhante ao OpenStudio de modo a facilitar a interação com o utilizador e a extração de resultados do software. É um software adequado para efetuar simulações energéticas, no entanto, o mesmo não é capaz de mostrar perfis de distribuição de temperatura na sala, assim como outras informações específicas relativas ao conforto térmico dos ocupantes do espaço.

Proposta para trabalhos futuros

A percepção térmica do indivíduo durante a transição entre espaços, pode ter impacto na sua avaliação em relação ao conforto térmico de um espaço interior, especialmente em relação a espaços de ocupação temporária (A.K.Mishra, et al, 2017). Sabendo que a sala em estudo está situada em um cinema de rua, seria interessante perceber o impacto que a aclimatização do utilizador tem, na sua avaliação em relação ao conforto térmico da sala.

Numa perspetiva de eficiência energética, seria interessante o desenvolvimento de um software que permitisse identificar a distribuição da temperatura de acordo com a lotação da sala, e que esta atualização fosse sendo feita conforme os bilhetes fossem sendo vendidos. Assim, tendo em consideração a temperatura exterior, as características construtivas da sala, as condutas de AVAC e a taxa de ocupação expectável, o bilheteiro no momento da venda tinha a possibilidade de começar por vender os lugares termicamente mais confortáveis.

Referências Bibliográficas

A.K. Mishra a, M.T.H. Derks, L. Kooi, M.G.L.C. Loomans, H.S.M. Kort a, S. (2017). Analysing thermal comfort perception of students through the class hour, during heating season, in a university classroom. *Energy and Buildings* 125, 464-474

Albarelo, L., Digneffe, F., Hiernaux, J.-P., Maroy, C., Ruquoy, D., Saint-Georges, P. (1997). *Práticas e Métodos de Investigação em Ciências Sociais*. Lisboa: Gradiva.

Almeida, A. R. (2011). Estudo de indicadores regulamentares de conforto térmico no verão: Aplicação da proposta de revisão do RCCTE de 2006. Mestrado Integrado em Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal.

Araújo, R. (2010). *Segurança, Higiene e Saúde no Trabalho – Ambiente de Trabalho*. Federação Intersindical das Indústrias Metalúrgicas, Química, Farmacêutica, Elétrica, Energia e Minas.

ASHRAE. (1968). *Handbook of Fundamentals*. Amer. Soc. Heat. Refrig. Air-Cond. Eng., New York, 544.

ASHRAE. (2010). *Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy*. In Book *Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy*. City: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.

ASHRAE Standard. (1989). *Thermal environmental conditions for human occupancy*. Ashrae Standard. Atlanta.

ASHRAE Standard 55. (2004). *Thermal environmental conditions for human occupancy*. Ashrae Standard. Atlanta.

Auliciems, A. (1981). Towards a Psycho-Physiological Model of Thermal Perception. *International Journal of Biometeorology*, 25 (2), 109-122.

Bradshaw, V. (2006). *The Building Environment: Active and Passive Control Systems*. 3 ed. New Jersey: John Wiley & Sons.

Carmo, H. e Ferreira, M. (1998). *Metodologia da Investigação: Guia para Auto - Aprendizagem*. Universidade Aberta, Lisboa, Portugal.

Charles, K.E. (2003). *Fanger's Thermal Comfort and Draught Models*. IRC Research Report RR-162.

Dear, R.J., e Brager, G.S. (1998). Thermal adaptation in the built environment: a literature review. *Energy and Buildings*, 27 (1), 83-96

Decreto-Lei n.º 243/86 de 20 de Agosto que aprova o Regulamento Geral de Higiene e Segurança do Trabalho nos Estabelecimentos Comerciais, de Escritório e Serviços.

Decreto-Lei n.º 79/2006, de 04 de Abril que aprova o Regulamento os Sistemas de Climatização em Edifícios.

Decreto-Lei n.º 243/86 de 20 de Agosto que aprova o Regulamento Geral de Higiene e Segurança do Trabalho nos Estabelecimentos Comerciais, de Escritórios e Serviços.

Decreto-Lei n.º 347/93 de 1 de Outubro visa transpor a Diretiva 89/654/CEE de 30 de Novembro relativa às prescrições mínimas de segurança e de saúde para os locais de trabalho.

Delgarm, Navid, Behrang Sajadi, and Saeed Delgarm. (2016). "Multi-Objective Optimization of of the building energy performance" *Energy and Buildings* 131 42-53

Demazière, Didier & DUBAR, Claude. (1997). *Analyser les entretiens biographiques*. Paris: Éditions Nathan.

Dias, A. A. C. (2013). *Avaliação da percepção da influência do conforto térmico na produtividade*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Humana da Universidade do Minho, Braga, Portugal.

Djongyang, N., Tchinda, R. & Njomo, D. (2010). Thermal comfort: A review paper. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14, 35.

Epstein, Y., & Moran, D. S. (2006). Thermal comfort and the heat stress indices. *Industrial Health*, 44(3), 388-98.

Frontczak, M.; Wargock P. (2011) Literature survey on how different factors influence human comfort in indoor environments. *Building and Environment* 46, 922-937.

Ghiglione, R. e Matalon, B. (1993). *O Inquérito: Teoria e Prática*. Oeiras: Celta Editora.

Grandclément, Catherine, Andrew Karvonen, and Simon Guy. (2015). "Negotiating Comfort in Low Energy Housing: The Politics of Intermediation." *Energy Policy* 84, 213-22.

Grondzik, W. T.; Kwok, A. G. (2015). *Mechanical and electrical equipment for buildings*. 12 ed. Indianapolis: Wiley.

Guise, M. (2014). *Assessment of the Thermal Environment in a Textile Plant for Automotive Components*. Dissertação da Universidade do Minho, Braga, Portugal.

Stanton, N.; Hedge, A.; Brookhuis, K.; Salas, E.; Hendrick, H. (2005). Handbook of Human Factors and Ergonomics Methods. Boca Raton: CRC Press.

Hensen, J. L. M. (1991). On the thermal interaction of building structure and heating and ventilating system. Doctoral Dissertation. Eindhoven University of Technology, Eindhoven.

Huang, L.; Zhu, Y.; Ouyang, Q.; Cao, B. (2012). A study on the effects of thermal, luminous, and acoustic environments on indoor environmental comfort in offices. Building and Environment 49, 304-309

ICA - Instituto do Cinema e do Audiovisual. (2016). Newsletter 2016, disponível online em <http://www.ica-ip.pt/pt/arquivo-de-newsletters/>.

Ijmker, S.; Mikkers, J.; Blatter, B. M.; Beek, A. J.; Mechelen, W.; Bongers, P. M. (2008). Test-retest reliability and concurrent validity of a web-based questionnaire measuring workstation and individual correlates of work postures during computer work. Applied Ergonomics 685-696.

ISO 10551. (1995). Ergonomics of the thermal environment – Assessment of the influence of the thermal environment using subjective judgement scales. Genève: International Organization for Standardization.

ISO 7730:1984. (1984). Ergonomics of the thermal environment – Moderate thermal environments - Determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort. International Organization for Standard.

ISO 7730:2005. (2005). Ergonomics of the thermal environment - Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria. International Organization for Standard.

ISO 8996:2004. (2004). Ergonomics of the thermal environment – Determination of metabolic rate. International Organization for Standard.

Johansson, e Emmanuel, R. (2006). The influence of urban design on outdoor thermal comfort in the hot, humid city of Colombo, Sri Lanka. International Journal of Biometeorology, 51, 15.

Karjalainen, S. (2013) Should it be automatic or manual—The occupant's perspective on the design of domestic control systems. Energy and Buildings 65, 119-126

Kroemer, K. H. E.; Kroemer, H. J.; Kroemer-Elbert, K. E. (2010). Engineering Physiology - Bases of Human Factors Engineering/Ergonomics. 4TH EDITION Springer.

Kroemer, K.H.E., e Grandjean, E. (1997). Fitting The Task to The Human. 5ª Edição London: Taylor & Francis.

Lenzuni P, Freda D, Gaudio. (2009). MD: Classification of Thermal Environments for Comfort Assessment. *The Annals of Occupational Hygiene*, 53.

Makaremi, N.; Salleh, E.; Jaafar, M. Z.; GhaffarianHoseini, (2012) A. Thermal comfort conditions of shaded outdoor spaces in hot and humid climate of Malaysia. *Building and Environment* 48, 7-14.

Meles, B. A. (2012). *Ergonomia Industrial e Conforto Térmico em postos de trabalho*. Departamento de Economia, Gestão e Engenharia Industrial, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal.

Melo, A.P., M. Fossati, R.S. Versage, M.J. Sorgato, V.A. Scalco, R. Lamberts. (2016). "Development and Analysis of a Metamodel to Represent the Thermal Behavior of Naturally Ventilated and Artificially Air-Conditioned Residential Buildings."

Miguel, A.S. (2014). *Manual de Higiene e Segurança do Trabalho*. 14ª Edição. Porto Editora.

Millanvoye, M. (2007). As ambiências físicas no posto de trabalho. p. 75-84. In: FALZON, P. (Org.). *Ergonomia*. 1 ed. São Paulo: Blucher, v. 1.

Morse, Janice M. (1994). *Designing Funded Qualitative Research*, in N. Denzin e Y. Lincoln (edits.), *Handbook of Qualitative Research*. California: SAGE, 220- 235.

Nuno, M. Mateus; Guilherme, Carrilho Da Graça, (2017) A. Simulated and measured performance of displacement ventilation systems in large rooms. *Building and Environment* 114, 470-482.

Orosa, J. A.; Oliveira, A. C. (2012). *Passive Methods as a Solution for Improving Indoor Environments*. London: Springer.

Oseland, N.A., e Humphreys, M.A. (1994). *Trends in Thermal Comfort Research*. Garston, Watford, UK: Building Research Establishment.

Pantavou, K.; Santamouris, M.; Asimakopoulos, D.; Theoharatos, G. (2013). Evaluating the performance of bioclimatic indices on quantifying thermal sensation for pedestrians. *Advances in Building Energy Research* Vol. 7, No. 2, 170–185

Parasuraman, A. (1991). *Marketing research*. 2ª edição. Addison Wesley Publishing Company.

Parsons, K.C. (2003). *Human Thermal Environments*. 2ª edição. London: Taylor & Francis.

Passe, U.; Battaglia, F. (2015). *Designing Spaces for Natural Ventilation: An Architect's Guide*. New York: Routledge.

Portaria n.º 987/93 de 06/10.

Rai, A. C.; Lin, C.; Chen, Q. (2015). Numerical modeling of particle generation from ozone reactions with human-worn clothing in indoor environments. *Atmospheric Environment* 102, 145 – 155.

RCCTE. (2017), Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios, 27 de março de 2017.

Richardson G.; Eick S.; Jones R. (2005). How is the indoor environment related to asthma: literature review. *Journal of Advanced Nursing* 52(3), 328–339.

Rodrigues, F. A. G. (2007). *Conforto e Stress térmico: uma Avaliação em Ambiente Laboral*. Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal.

Rosecrance, J. C.; Ketchen, K. J.; Merlino, L. A.; Anton, D. C.; Cook, T. M. (2002). 'Test-Retest Reliability of a Self-Administered Musculoskeletal Symptoms and Job Factors Questionnaire Used in Ergonomics Research', *Applied Occupational and Environmental Hygiene*, 17: 9, 613 – 621.

Rossi, F. A.; Kruger, e. L.; Brode, P. (2012). Definição de faixas de conforto e desconforto térmico para espaços abertos em Curitiba, PR, com o índice UTCl. *Ambiente Construído*, v. 12, n. 1, 41-59.

RSECE. (2017). Regulamento dos Sistemas Energéticos de climatização em Edifícios, 27 de março de 2017.

Sarbu, I.; Sebarchievici, C. (2013). Aspects of indoor environmental quality assessment in buildings. *Energy and Buildings* 60, 410-419.

Schellen, L.; Loomans, M. G. L. C.; de Wit, M. H.; Olesen, B. W.; van Marken Lichtenbelt, W. D. (2012). The influence of local effects on thermal sensation under non-uniform environmental conditions – Gender differences in thermophysiology, thermal comfort and productivity during convective and radiant cooling. *Physiology & Behavior* 107, 252-261.

Silva, Patrícia. (2010). “Aplicação Do Programa Energyplus Como Ferramenta Do Projecto De Comportamento Térmico De Edifícios De Habitação.”. Dissertação de Mestrado. Universidade do Porto, Porto, Portugal.

Stathopoulos, T.; Wu, H.; Zacharias, J. (2004) Outdoor human comfort in an urban climate. *Building and Environment* 39, 297-305.

Sweeney, d. j.; Williams, T. A.; Anderson, D. R. (2014). *Estatística aplicada à administração e economia*. 3 ed. São Paulo: Cengage Learning.

Valles, Miguel S. (1997). *Técnicas Cualitativas de Investigación Social. Reflexión metodológica y práctica profesional*. Madrid: Editorial SÍNTESIS, S.A.

Y. Yao, Z. Lian, W. Liu, and Q. Shen, (2007). "Experimental Study on Skin Temperature and Thermal Comfort of the Human Body in a Recumbent Posture under Uniform Thermal Environments," *Indoor and Built Environment*, vol. 16, no. 6, 505-518.

Yin, Robert K. (1989). *Case Study Research. Design and Methods*. Newbury Park: SAGE Publications, Applied Social Research Methods series, volume 5.

Zikmund, W. G.; Babin, B. J. (2010). *Essentials of Marketing Research*. 4 ed. Mason: Cengage Learning,

ANEXO I – LISTA DE VERIFICAÇÃO

CARACTERIZAÇÃO DO ESPAÇO - LISTA DE VERIFICAÇÃO

ATMOSFERA DA SALA

1. A sala possui janelas, portas, ou outros que permitam a ligação direta com o exterior? Quais?
2. A sala possui meios que permitam a renovação natural do ar? Quais?
3. A sala possui meios que permitam a renovação forçada do ar? Quais?
4. Os meios que permitem a renovação forçada do ar estão a funcionar corretamente?
5. A manutenção dos equipamentos é feita com regularidade?
6. Os meios são adequados à dimensão da sala?
7. Os meios provocam correntes incómodas ou prejudiciais aos espectadores?
8. Os espectadores queixam-se de correntes de ar?

TEMPERATURA DA SALA

1. A sala possui janelas, claraboias, portas, paredes envidraçadas ou outros que permitam a incidência de luz solar? Quais?
2. A ventilação natural/forçada é suficiente para manter a sala a uma temperatura confortável?
3. A sala possui sistemas de climatização? Quais?
4. Os meios que promovem a climatização da sala estão a funcionar corretamente?
5. A manutenção dos equipamentos é feita com a regularidade adequada?
6. Os sistemas de climatização estão adequados à dimensão da sala?
7. Quem é a pessoa responsável pela regulação do sistema de climatização?
8. Numa escala de 0 a 5, qual a facilidade de aferir a necessidade de regular a temperatura da sala?
9. Como é efectuada a aferição da necessidade de regulação da temperatura?
10. A sala tem paredes para o exterior do edifício? Quantas?
11. A sala tem paredes exteriores orientadas para sul? Quantas?
12. A temperatura da sala costuma flutuar durante o dia?
13. A temperatura da sala costuma variar durante o ano?
14. A variação da temperatura da sala está correlacionada com a lotação?
15. Os espectadores estão sujeitos a variações bruscas de temperatura - Entrada/Saída da sala?
16. Os espectadores queixam-se da temperatura da sala?

TEMPERATURA RADIANTE

1. Existem fontes de calor radiante na sala? Quais?
2. Quantos pontos de iluminação existem na sala?
3. Os espectadores queixam-se da temperatura da temperatura da radiante?

HUMIDADE

1. A sala é afetada por condições climatéricas externas?
2. Existem focos de infiltração ou humidade?
3. Existem equipamentos de desumidificação instalados na sala?
4. Existe algum equipamento que produza vapor?
5. Os espectadores queixam-se que o ar está muito seco?
6. Os espectadores queixam-se que o ar está muito húmido?

METABOLISMO

1. Os espectadores têm uma atividade intensa?

D.L. n.º 243/86 de 20/08

Portaria n.º 987/93 de 06/10.

Decreto-Lei n.º 79/2006, de 04 de Abril

ANEXO II – QUESTIONÁRIO: FINAL DA SESSÃO



QUESTIONÁRIO

Caro espectador, este questionário foi desenvolvido no âmbito de um trabalho de dissertação ao Mestrado de Engenharia Industrial da Universidade do Minho, e tem como objetivo avaliar a perceção do utilizador das salas de cinema, relativamente a aspetos relacionados com o **Ambiente Térmico**. (condições de temperatura, velocidade do ar, humidade do ar e calor radiante).

As suas respostas são confidenciais e a sua colaboração é de suma importância para a realização deste trabalho.

Agradecemos a sua colaboração.

1. Sexo

Masculino Feminino

2. Qual o seu/sua...

Ano de nascimento? _____ | Altura? _____ metros | Peso? _____ Kg

3. Indique o lugar onde prefere sentar-se para assistir ao filme (Assinale com um "X" na Figura 1)

3.1. Indique o motivo da preferência:

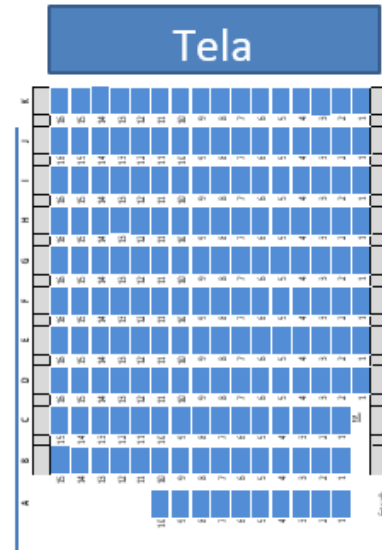
Facilidade de acesso Conforto Permite melhor visibilidade da tela Outro _____

4. Em qual lugar se sentou? Assinale com um "O" na Figura 1

5. Relativamente à temperatura da sala, indique como se sentiu:

Nada confortável Pouco confortável Neutro Confortável Muito confortável

6. Identifique como preferia que a temperatura da sala estivesse.



7. Alterava a temperatura da sala?

Sim Não

8. Sentiu correntes de ar na sala?

Sim Não

8.1. Se sim, em zona do corpo?

Pés Tronco Cabeça

9. Alterava a intensidade da velocidade do ar da sala?

Sim Não Não sei

10. Acha que o género de filme que assistiu, pode ter alterado a sua sensação térmica?

Sim Não Indiferente

11. Já tinha assistido a algum filme nesta sala?

1ª Vez Algumas vezes Várias vezes

12. Na sua opinião, as condições da sala relativamente ao ambiente térmico (condições de temperatura, velocidade do ar, humidade do ar e calor radiante), são as mais adequadas?

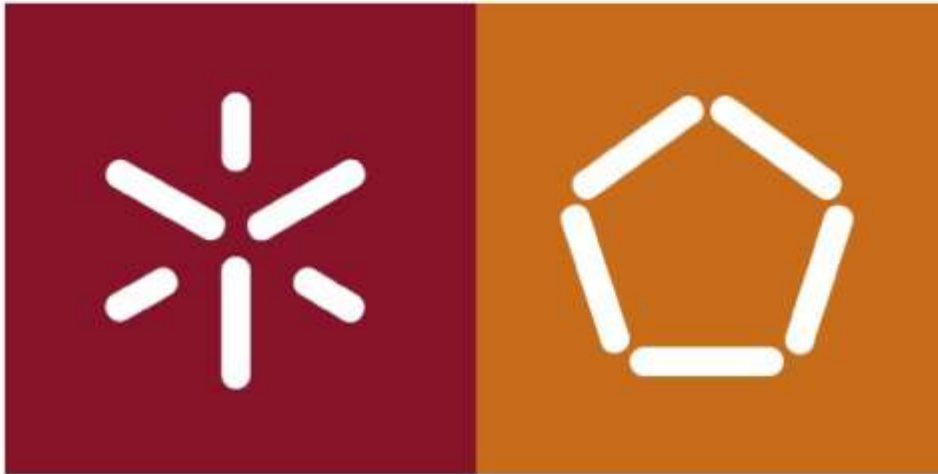
Sim Não Não sei

ANEXO III – QUESTIONÁRIO ONLINE

Questionário - Conforto térmico

Caro espectador, este questionário foi desenvolvido no âmbito de um trabalho de dissertação ao Mestrado de Engenharia Industrial da Universidade do Minho, e tem como objetivo avaliar a perceção do utilizador das salas de cinema, relativamente a aspetos relacionados com o Ambiente Térmico. (condições de temperatura, velocidade do ar, humidade do ar e calor radiante). As suas respostas são confidenciais e a sua colaboração é de suma importância para a realização deste trabalho.
Obrigado

*Obrigatório



Já assistiu a alguma sessão de cinema no Cinemax Penafiel? *

- Sim
- Não

Qual o seu sexo? *

- Masculino
- Feminino

Qual a sua idade? *

Data

dd/mm/aaaa

Qual a sua altura (metros)? *

A sua resposta

Qual o seu peso (Kg)? *

A sua resposta

Qual foi o último filme que assistiu no Cinemax Penafiel? *

A sua resposta

Em qual sala? *

- Sala 1
- Sala 2
- Sala 3
- Não me lembro
- Outra:

Relativamente à temperatura da sala, indique como se sentiu. *

- Nada confortável
- Pouco confortável
- Neutro
- Confortável
- Muito confortável

Identifique como preferia que a temperatura da sala estivesse. *

- Muito mais fria
- Mais fria
- Ligeiramente mais fria
- Nem mais quente, nem mais fria.
- Ligeiramente mais quente
- Mais quente
- Muito mais quente

Alterava a temperatura da sala?

- Sim
- Não
- Outra:

Sentiu correntes de ar na sala?

- Sim
- Não
- Não sei

Alterava a intensidade da velocidade do ar da sala?

- Sim
- Não
- Não sei
- Outra:

Acha que o gênero de filme que assistiu, pode ter alterado a sua sensação térmica?

- Sim
- Não
- Talvez

Classifique de 1 a 5 a importância do seu conforto térmico, para uma boa experiência de cinema. Em que 1 é "sem importância" e 5 "muita importância".

- | | | | | |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

Na sua opinião, as condições da sala relativamente ao ambiente térmico (condições de temperatura, velocidade do ar, humidade do ar e calor radiante), são as mais adequadas ?

- Sim
- Não
- Não sei
- Outra: