



**João Pedro Rodrigues
Azevedo**

**Avaliação dos níveis de conforto e qualidade do ar
em churrasqueiras**



**João Pedro Rodrigues
Azevedo**

**Avaliação dos níveis de conforto e qualidade do ar
em churrasqueiras**

Relatório de estágio apresentado à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia do Ambiente, realizado sob a orientação científica da Doutora Teresa Nunes, Professora Associada do Departamento de Ambiente e Ordenamento da Universidade de Aveiro.

Para os meus pais,
Que sempre me apoiaram.

o júri

presidente

Professora Doutora Maria Helena Gomes de Almeida Gonçalves Nadais
Professora Auxiliar do Departamento de Ambiente e Ordenamento da Universidade de Aveiro

orientadora

Professora Doutora Teresa Filomena Vieira Nunes
Professora Associada do Departamento de Ambiente e Ordenamento da Universidade de Aveiro

arguente

Professor Doutor Luís Miguel Moura Neves de Castro
Professor Adjunto do Instituto Superior de Engenharia de Coimbra

agradecimentos

Quero agradecer ao Sr. engenheiro Maximino Rodrigues e a toda a equipa da Envienergy, por me terem acolhido tão bem na empresa, por me terem ajudado e apoiado em tudo o que puderam ao longo do estágio.

De seguida, à Professora Teresa Nunes, pelo acompanhamento e apoio ao longo do estágio e da escrita do relatório.

À minha família e aos meus amigos, por todo o carinho e apoio que me deram e que sempre acreditaram em mim.

E a todas as pessoas que embora não citadas, direta ou indiretamente, foram estímulo e motivação constante.

palavras-chave

Conforto Térmico, Stress Térmico, Segurança e Saúde no Trabalho, Qualidade do ar interior, Exposição de partículas

resumo

A churrasqueira, devidamente equipada e higienizada, é o local no qual se confeccionam todo o tipo de refeições. Durante a produção das mesmas, existe a libertação de calor e de vapor de água, fumo e substâncias químicas que vão afetar o ambiente, tanto a nível térmico como a nível da qualidade do ar, expondo os trabalhadores e os clientes a um ambiente desagradável.

Para evitar que tal aconteça, são necessárias ferramentas/instrumentos que tornem o posto de trabalho agradável para os trabalhadores e para as pessoas que utilizam o estabelecimento. A ventilação, por exemplo, é uma ferramenta que permite extrair o ar interior e substituí-lo por ar limpo (Monteiro, 2009).

O presente trabalho tem por objetivo a avaliação e o diagnóstico das condições do ambiente ocupacional e qualidade de ar interior em estabelecimentos na área de restauração que contenham churrasqueira. Para o efeito foi feito um levantamento das unidades de restauração no Centro de Aveiro e estabelecido contactos com os operadores, no sentido de apurar as que incluem churrasqueiras. O estudo incidiu sobre três restaurantes, cujos menus são suportados essencialmente na confeção em grelhadores a carvão. A realização de campanhas de monitorização em cada local permitiu apurar que os trabalhadores dos grelhadores estão expostos a um stress térmico elevado, com valores de temperatura do ar e temperatura de globo superiores ao que está referenciado na ISO 7730/2005 e 7243/1989. Ao nível da qualidade do ar interior observaram-se sistematicamente concentrações médias de partículas PM₁₀, durante o período de funcionamento, superiores ao limiar de proteção e margem de tolerância para os poluentes físico-químicos estabelecidos na Portaria n.º 353-A/2013. A variação da concentração dos poluentes medidos no interior dos restaurantes evidencia uma estreita relação com a atividade e ocupação dos mesmos.

keywords

Thermal Comfort, Thermal Stress, Safety and Health at Work, Indoor Air Quality, Particle Exposure

abstract

The kitchen of grill restaurants, properly equipped and sanitized, is the place where all kind of meals are prepared. During their productions, it is released heat a water vapour, smoke and chemical vapours that will affect the environment, both in terms of temperature and air quality, exposing workers and costumers to unpleasant environment.

To prevent this from happening, tools/instruments are needed to make the work station pleasant for the workers and for the people to use the facilitys. Ventilation, for example, is a tool a tool that extracts the indoor air and renews the space with fresh clean air (Monteiro, 2009).

The objective of this study is to evaluate and diagnose occupational and indoor air quality conditions in the establishments in the restaurant business that contain barbecue.

For that purpose, a survey of the restaurants units in the Center of Aveiro was made and contacts were established with the operators, in order to determine which ones, include barbecue. The study focused on three restaurants, whose menus are mainly based on cooking on charcoal grills. The implementation of monitoring campaigns at each location, allowed to verify that the workers of the grills are exposed to a high thermal stress, with values of air temperature and global temperature higher than what is referenced in ISO 7730/2005 and ISO 7243/1989. The level of indoor air quality, average concentrations of PM₁₀ particles, during the operating period, were consistently above the protection threshold margin of tolerance for the physic-chemical pollutants established in "Portaria No. 353-A / 2013". The variation of the concentration of the pollutants measured inside the restaurants, evidences a close relation with the activity and occupation of the same one.

1- Introdução	1
1.1-Enquadramento e objetivos	1
1.2-Envienergy - Ambiente e Energia, Lda.....	2
1.3-Estrutura do relatório	3
2- Caracterização do sector de restauração alvo	5
2.1- Generalidades.....	5
2.2- Problemas associados à restauração	6
2.3- Restaurantes escolhidos.....	9
2.4- Metodologia geral	11
3- Exposição profissional	13
3.1- Conforto térmico	13
3.1.1- Introdução ao conforto térmico e stress térmico	13
3.1.2- Índices e variáveis estudadas no conforto e stress térmico	15
3.2- Exposição a partículas.....	21
3.3- Metodologia e equipamentos utilizados	24
.....	25
3.4- Resultados obtidos	26
4- Qualidade do ar interior nos estabelecimentos	29
4.1- Introdução à Qualidade do ar interior.....	29
4.2 – Variáveis físicas da QAI	30
4.2.1– Partículas suspensas	30
4.2.2– Dióxido de carbono	32
4.2.3– Monóxido de carbono.....	32
4.2.4– Compostos orgânicos voláteis	33
4.3- Enquadramento legal.....	33
4.4– Metodologia e equipamentos	34
4.5- Resultados obtidos	38
4.5.1- Resultados gerais da QAI nos estabelecimentos.....	38
4.5.2- Variação da concentração de gases nos GrayWolf.	42
4.5.3– Variação da concentração de PM ₁₀ nos Estabelecimentos.....	45
5- Conclusão	49
6- Bibliografia	51
Anexo I – Caracterização no sector da área de restauração em Aveiro	i
Anexo II – Recomendações ao estabelecimento e trabalhadores	ii

Índice de tabelas

Tabela 1 - Serviços prestados pela Envienergy.	2
Tabela 2 - Ensaios acreditados na Envienergy.	3
Tabela 3 - Indicadores recolhidos nos três estabelecimentos.	11
Tabela 4 - Índice de PMV. (Fonte: ISO 7730/2005)	15
Tabela 5 - Classe de metabolismo. (Fonte: ISO 7243/1989)	18
Tabela 6 - Classificação da taxa metabólica. Fonte: (ISO 7243/1989)	20
Tabela 7 - Valores de em referência função da atividade desempenhada. (Fonte: ISO 7243/1989)	20
Tabela 8 - Resistência térmica do vestuário. Fonte: (ISO 7730/2005).....	21
Tabela 9 - Valores máximos recomendados de exposição segundo a NP 1796:2014. Fonte: (NP 1796:2014)	24
Tabela 10 – Concentração de partículas inaláveis e respiráveis a que o trabalhador está exposto nos estabelecimentos A e B.....	26
Tabela 11 - Parâmetros do conforto térmico no estabelecimento A.	27
Tabela 12 - Parâmetros do conforto térmico no estabelecimento B.	27
Tabela 13 - Fatores e fontes que afetam a qualidade do ar e conforto. (Fonte: APA, 2009) ...	30
Tabela 14 - Limiar de proteção e margem de tolerância para os poluentes físico-químicos. (Fonte: Portaria 353-A/2013)	34
Tabela 15 – Concentração média de partículas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) e outros parâmetros estatísticos observados no período de atividade no estabelecimento A.	38
Tabela 16 - Concentração média de CO_2 , CO e COV e outros parâmetros estatísticos observados no período de atividade no estabelecimento A.	39
Tabela 17 - Concentração média de partículas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) e outros parâmetros estatísticos observados no período de atividade no estabelecimento B.	39
Tabela 18 - Concentração média de CO_2 , CO e COV e outros parâmetros estatísticos observados no período de atividade no estabelecimento B.	39
Tabela 19 - Concentração média de partículas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) e outros parâmetros estatísticos observados no período de atividade no estabelecimento C.	39
Tabela 20 - Concentração média de CO_2 , CO e COV e outros parâmetros estatísticos observados no período de atividade no estabelecimento C.	40
Tabela 21 - Comparação das concentrações médias no período de ocupação de PM_{10} pelo método gravimétrico (Tecora) e pelo método ótico (DustTrack).....	46
Tabela 22 - Número de restaurantes visitados na área de estudo.....	i
Tabela 23 – Indicadores.....	i

Índice de figuras

Figura 1 – Restauração em Aveiro.	5
Figura 2 – Área de estudo.	5
Figura 3 - Restaurantes em Aveiro com ou sem churrasqueiras.	5
Figura 4 – Local de medição no estabelecimento B.	10
Figura 5 - PPD em função do PMV. (Fonte: ISO 7730/2005)	16
Figura 6 - Local de deposição das frações inaláveis, torácicas e respiráveis no sistema respiratório. (Fonte: Ouriques <i>et al</i> , 2015)	22
Figura 7 - Aparelho de medição do conforto térmico.	25
Figura 8 - Caudalímetro e Bomba de aspiração.	26
Figura 9 - Filtros amostrados.	26
Figura 10 - Tecora.	35
Figura 11 - DustTrak™ II Aerosol Monitor 8530.	36
Figura 12 - Analisador termo-óptico desenvolvido no Departamento de Ambiente e Ordenamento da Universidade de Aveiro.	36
Figura 13 – Representação da evolução do CO ₂ , da temperatura e do sinal do laser ao longo de uma análise. (Fonte: Martins, 2012)	37
Figura 14 - GrayWolf.	38
Figura 15 - Variação das concentrações de PM ₁₀ , OC e EC no interior e exterior estabelecimento A.	41
Figura 16 - Variação das concentrações de PM ₁₀ , OC e EC no interior e exterior estabelecimento B.	41
Figura 17 - Variação da concentração de PM ₁₀ no interior e exterior estabelecimento C.	42
Figura 18 - Compostos Orgânicos Voláteis presentes nos estabelecimentos A, B e C.	43
Figura 19 - Dióxido de carbono presentes nos estabelecimentos A, B e C.	44
Figura 20 - Monóxido de carbono presentes nos estabelecimentos A, B e C.	45
Figura 21 - Correlação dos dados do Tecora e DustTrack.	46
Figura 22 - Variação temporal de PM ₁₀ no estabelecimento B.	47
Figura 23 - Variação temporal de PM ₁₀ no estabelecimento A.	47
Figura 24 - Variação temporal de PM ₁₀ no estabelecimento C.	48
Figura 25 - Área de estudo.	i

Índice de equações

Equação 1 - Cálculo do PPD.	16
Equação 2 - Cálculo do WGBT.	17
Equação 3 - Estimativa do valor metabólico do trabalhador.	17
Equação 4 - Cálculo da fração inalável.	23
Equação 5 - Cálculo da fração torácica.	23
Equação 6 - Cálculo da fração respirável.	23

Abreviaturas

- SST – Segurança e Saúde no Trabalho;
- NP – Norma Portuguesa;
- ASHRAE - American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers;
- T_g – Temperatura do globo;
- V_a - Velocidade do ar;
- PMV – Índice do voto médio estimado;
- PPD - índice da percentagem prevista de insatisfeitos;
- WGBT - Índice da temperatura do bolbo húmido;
- T_{bun} - Temperatura do bolbo húmido;
- T_a - Temperatura do ar;
- M – Taxa de metabolismo;
- EPA – Agência de Proteção ao Ambiente;
- OMS - Organização Mundial de Saúde;
- COV– Compostos Orgânicos Voláteis;
- QAI – Qualidade do ar Interior;
- PM_x - Partículas ou aerossóis suspensos no ar;
- CO_2 – Dióxido de carbono;
- CO – Monóxido de carbono;
- EC – Carbono elementar;
- NC – Carbono negro;
- OC – Carbono orgânico;
- VLE – Valor limite de exposição;
- ppm- Partes por milhão;

1- Introdução

1.1- Enquadramento e objetivos

No âmbito da unidade curricular de dissertação do mestrado integrado em engenharia do ambiente, realizou-se um estágio curricular na empresa Envienergy - Ambiente e Energia, Lda., orientado pela professora Teresa Nunes e orientado, na empresa, pelo engenheiro Maximino Rodrigues.

O estágio desenvolvido na Envienergy teve como principal objetivo a avaliação e o diagnóstico das condições ocupacionais, conforto térmico e qualidade do ar, em estabelecimentos de restauração com churrasqueiras.

A planificação do trabalho comportou uma cronologia temporal onde se realizaram várias tarefas que pretenderam dar resposta ao objetivo no estágio. Primeiramente, o trabalho realizado teve uma componente mais teórica, tendo sido realizado um enquadramento da legislação aplicável aos principais temas de estágio e um levantamento bibliográfico ao nível de artigos científicos e dissertações. Numa segunda fase, foi efetuado o contacto e visitas a estabelecimentos de restauração. Durante as visitas aos estabelecimentos levantaram-se alguns dados como a área do restaurante, medido em m², o tipo de carvão que utilizavam, horário de funcionamento e a ocupação máxima do restaurante. Ainda nesta fase começou-se a ter conhecimento do material que será usado para a realização das medições e o seu procedimento.

Na terceira fase foram escolhidos três estabelecimentos onde se efetuaram várias monitorizações dos indicadores de exposição profissional e qualidade do ar interior.

Por fim, foi realizada a análise de resultados e propostas algumas melhorias e medidas preventivas para os estabelecimentos de restauração escolhidos.

O estágio decorreu maioritariamente nas instalações da empresa envolvendo igualmente trabalho no exterior relacionado com o tema de estágio e a realização de análises específicas no Departamento de Ambiente e Ordenamento, da Universidade de Aveiro. Ao longo do estágio também houve a oportunidade de participar em diferentes tarefas relacionados com outras áreas de serviços prestadas pela entidade acolhedora, assim como acompanhar a equipa em trabalhos externos, como por exemplo a exposição ao amianto e a avaliação do conforto térmico a trabalhadores de algumas empresas industriais.



1.2- Envienergy - Ambiente e Energia, Lda.

A Envienergy - Ambiente e Energia, Lda., adiante designada por Envienergy, é uma empresa localizada no concelho e distrito de Aveiro, que trabalha em diferentes setores da área do ambiente, como a eficiência energética, emissões gasosas, SST, licenciamento industrial e consultoria ambiental. Os seus serviços, de uma forma resumida, estão apresentados na tabela 1.

Tabela 1 - Serviços prestados pela Envienergy.

Eficiência energética	Auditorias e diagnósticos energéticos
	Otimização dos recursos
	Implementação de sistemas de gestão de energia
Laboratórios de emissões e ensaios	Avaliações da exposição a agentes químicos: poeiras, metais, fibras, sílica e compostos orgânicos
	Avaliações da exposição a agentes físicos: ruído, vibrações, stress e conforto térmico e níveis de iluminação;
	Avaliação da exposição ao amianto
	Ruído ambiental
	Análises à qualidade do ar exterior: partículas, metais pesados e condições meteorológicas
Emissões gasosas	Caracterização dos poluentes presentes nos efluentes gasosos
	Medições pontuais
Segurança e saúde no trabalho	Auditorias e diagnósticos
	Análises de conformidade legal
	Medidas de autoproteção
Consultoria ambiental	Auditorias e diagnósticos ambientais
	Estudos de impacte ambiental
	Implementação de sistemas de gestão ambiental
	Análise de conformidade legal
	Responsabilidade ambiental
	Prevenção de acidentes graves
Licenciamento industrial	Licenciamento da atividade industrial
	Licenciamento ambiental
	Licenciamento da utilização dos recursos hídricos
	Licenciamento da operação dos resíduos

A Envienergy está acreditada pelo Instituto Português de Acreditação como Laboratório de Ensaios, segundo a Norma Portuguesa (NP) EN ISO/IEC 17025:2005.

A empresa é acreditada para diversos ensaios de acústica (ruído ambiente e ruído laboral), ar ambiente laboral e efluentes gasosos. Na Tabela 2, apresentada de seguida, é possível ver alguns desses ensaios e os respetivos métodos utilizados.

Tabela 2 - Ensaio acreditados na Envienergy.

Produto	Ensaio	Método
Ruído ambiente	Medição de níveis de pressão sonora Determinação do nível sonoro médio de longa duração Critério de incomodidade (CI)	NP ISO 1996-1:2011 NP ISO 1996-2:2011 Anexo I do DL nº 9/2007
Ruído laboral	Avaliação da exposição ao ruído durante o trabalho	Decreto-Lei n.º 182/2006
Ar ambiente laboral	Colheita de fibras de amianto Colheita da sílica cristalina na fração respirável Colheita de cetonas I Colheita de elementos metálicos Colheita de hidrocarbonetos Colheita de hidrocarbonetos aromáticos Colheita de metiletilcetona Colheita de poeiras alcalinas Colheita e determinação de poeiras inaláveis Colheita e determinação de poeiras respiráveis	NIOSH 7400:1994 NIOSH 7500: 2003 NIOSH 1300:1994 NIOSH 7300:2003 NIOSH 1500:2003 NIOSH 1501:2003 NIOSH 2500:1996 NIOSH 7401:1994 NIOSH 0500 NIOSH 0600
Efluentes gasosos	Amostragem de dioxinas e furanos Amostragem de mercúrio Amostragem e determinação de dióxido de enxofre Amostragem e determinação de monóxido de carbono Amostragem e determinação de partículas totais	EN 1948-1:2006 EN 13211:2001/AC:2005 EN 14791:2005 EN 15058:2006 EN13284-1:2017

1.3- Estrutura do relatório

O relatório foi estruturado em capítulos, que descrevem os principais tópicos a serem estudados, estando organizado da seguinte forma:

- Enquadramento e objetivos: este ponto tem como finalidade enquadrar e explicar o objetivo do estágio realizado e descrever a empresa onde foi efetuado o estágio;
- Restauração em Aveiro: enquadrou-se e descreveu-se o setor de restauração na cidade, os problemas associados à restauração e os estabelecimentos que formam



escolhidos para a realização do trabalho de suporte para a avaliação e o diagnóstico das condições ocupacionais, conforto térmico e qualidade do ar em churrasqueiras;

- Exposição profissional: consiste em explicar o conceito do conforto térmico, stress térmico e exposição do trabalhador a partículas. Neste capítulo descreveram-se os fatores que influenciam a exposição profissional, o enquadramento legal, o material e procedimento necessário para as medições e análise de resultados.
- Qualidade do ar anterior: tem como objetivo avaliar a qualidade do ar a que os trabalhadores e as pessoas, que estão presentes no estabelecimento, estão expostas, o seu enquadramento legal, o material e procedimento para realizar as medições e, no final, a análise de resultados obtidos nos estabelecimentos;
- Conclusão: neste último capítulo são mencionadas as principais conclusões obtidas na realização do estágio;
- Referências bibliográficas;
- Anexo I: Setor de restauração na área estudada na cidade de Aveiro;
- Anexo II: Recomendações aos trabalhadores e aos estabelecimentos: estão referidas algumas medidas preventivas e soluções para o melhoramento das condições do estabelecimento;

2- Caracterização do sector de restauração alvo

2.1- Generalidades

Aveiro é uma cidade portuguesa com cerca de 55 mil habitantes, na qual a restauração é um dos maiores setores económicos da cidade. A restauração, nos últimos anos, tem vindo a sofrer um crescimento significativo. Vários tipos de produtos são confeccionados, em diferentes tipos de estabelecimentos, desde restaurantes tradicionais, a pizzarias ou a restaurantes indianos. No concelho de Aveiro encontram-se em atividade cerca de 480 unidades de restauração e similares, principalmente concentradas nas freguesias de Glória/Vera-Cruz (260 estabelecimentos) (Racius, 2018).

Durante um período da realização do estágio foram efetuadas visitas a 54 estabelecimentos, cujo o seu tipo de confeção de alimentos e sua localização estão representadas nas figuras 1 e 2 respetivamente.

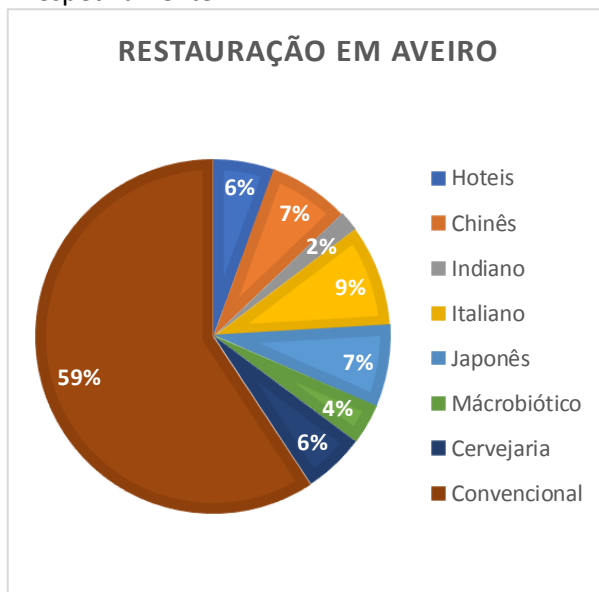


Figura 1 – Restauração em Aveiro.



Figura 2 – Área de estudo.

As churrasqueiras são espaços, dentro do restaurante, que ocupam uma determinada área e que produzem um número elevado de refeições. Na área de estudo existem poucos restaurantes que contenham uma grande quantidade de grelhas para produção de refeições de churrasco.

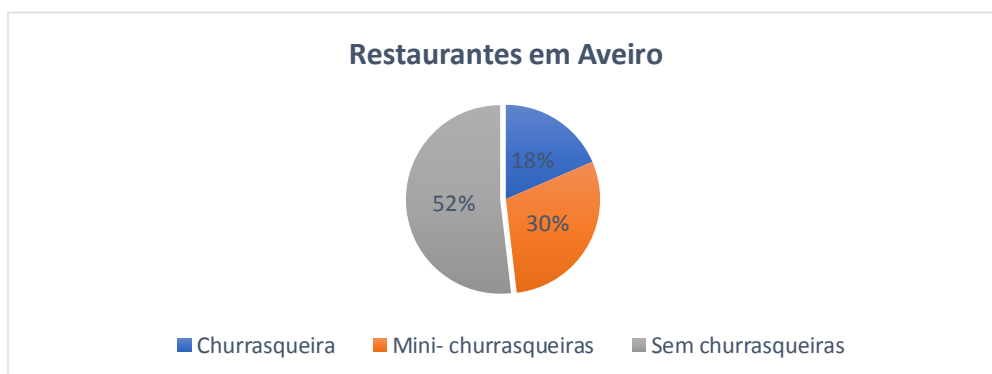


Figura 3 - Restaurantes em Aveiro com ou sem churrasqueiras.



Ao observar o gráfico pode-se comprovar que existem mais restaurantes sem churrasqueiras, que são os estabelecimentos onde se incluem os de *fast food* ou indianos. De seguida, temos as chamadas mini-churrasqueiras que podem ser descritas deste modo porque o número de refeições que são produzidas na grelha e as quantidades de carvão utilizadas não são elevadas comparadas com os estabelecimentos mais focados no churrasco, pois estes estabelecimentos que contém as mini-churrasqueiras centram-se mais na produção de refeições tradicionais portuguesas. Na cidade de Aveiro só 18% da área restauração é que apresenta churrasqueiras que produzem um elevado número de comida de churrasco, onde se utiliza uma quantidade elevada de carvão e que contém três grelhas, no mínimo, para a confeção de refeições de churrasco.

Em anexo estão descritos os parâmetros que foram recolhidos nas visitas aos estabelecimentos de restauração na área de estudo.

O licenciamento na área da restauração é denominado por “licenciamento zero” e o diploma que aprova este licenciamento é o decreto-lei nº 48/2011 alterado pelo decreto-lei nº 10/2015 de 16 de janeiro. Estes decretos constituem a base legal para se abrir um restaurante e estabelece os requisitos, que são importantes, para as instalações dos estabelecimentos de restauração, o seu funcionamento e o regime de classificação. A fiscalização é da responsabilidade da câmara municipal e da ASAE, autoridade de segurança alimentar e económica. Neste sentido é importante para quem pretende iniciar um negócio conhecer as leis e as normas que o regulam antes de avançar com arrendamentos, compra de materiais e equipamentos, realização de obras.

A lei nº102/2009 de 10 de setembro, estabelece as prescrições mínimas de segurança e saúde nos locais de trabalho e a Portaria n.º 353-A/2013, de 4 de dezembro, retificada pela Declaração de Retificação n.º 2/2014 de 31 de janeiro, estipula exigências em matéria de qualidade do ar interior (QAI), principalmente, ao nível dos valores mínimos de caudal de ar novo por espaço e dos limiares de proteção para as concentrações de poluentes do ar interior nos estabelecimentos de comércio e serviços.

2.2- Problemas associados à restauração

A segurança e saúde no trabalho sempre foi um conceito utilizado ao nível empresarial e institucional, que ultimamente tem vindo a crescer devido ao aumento significativo da economia, da sociedade e da tecnologia.

Existe uma necessidade crescente de melhorar as condições de trabalho, de forma a otimizar a qualidade de vida dos trabalhadores e a evitar a ocorrência de acidentes no local de trabalho ou de doenças profissionais.

A segurança no trabalho está relacionada com o Homem, podendo ser considerada de forma coletiva ou singular. Consiste num conjunto de medidas que podem prevenir acidentes de trabalho, através de perguntas e respostas dos trabalhadores a avaliações das condições de trabalho e assim controlar e mitigar os riscos profissionais (Organização Internacional do Trabalho, 2009).

O Homem, descrito como forma singular, pode afetar a produção ou outros vários aspetos no seu posto de trabalho, se não tiver as condições apropriadas para o seu bem-estar. Enquanto de

forma coletiva se um grupo de trabalho estiver em mau ambiente, nem que seja só algumas pessoas desse grupo, afetam vários indicadores de produtividade da empresa.

A saúde no trabalho foca-se “na vigilância médica e no controlo físico, social e mental que podem afetar de nível diferente o trabalhador, reduzindo a sua produtividade no trabalho” (Organização Internacional do Trabalho, 2009).

A temperatura do corpo humano, encontra-se normalmente, em situação de equilíbrio, entre os 36°C e os 37°C. Quando este valor passa dos limites, o corpo humano reage através da circulação do sangue pela pele, o que leva a um aumento da temperatura corporal e liberte para fora o calor em excesso, onde pode aparecer vários tipos de doenças (Carneiro, 2012).

As temperaturas altas e baixas podem levar a consequências de desconforto e de um mau ambiente. Nas temperaturas baixas, a exposição ambiental do trabalhador pode provocar um mal-estar, redução da sensibilidade com as mãos ou até mesmo o desconforto devido a frieiras (Rodrigues, 2007).

As altas temperaturas também podem provocar danos na saúde humana. No caso dos estabelecimentos de restauração, as temperaturas altas podem começar a colocar problemas de natureza subjetiva e depois fisiológica, até se atingir o limite físico de tolerância. A subida de temperatura acima da zona de conforto provoca problemas de natureza psicológica (incómodo, mal-estar), psicofisiológica (aumento da sobrecarga do coração e aparelho circulatório) e patológica (agravamento de doenças) (Rodrigues, 2007).

Em relação à qualidade do ar interior, a exposição a agentes biológicos e químicos no ambiente interior abrange um risco para a saúde das pessoas que estão presentes, causando vários efeitos no corpo humano. O desenvolvimento de agentes biológicos no ar interior é provocado pela humidade e pela ventilação ineficiente.

A humidade provoca a degradação dos materiais, um fator da poluição no interior do estabelecimento que origina doenças como a asma e dificuldades respiratórias. A ventilação é considerada inadequada quando ocorre uma insuficiente entrada e distribuição de ar do exterior para o interior. A falta de manutenção dos filtros e limpeza dos sistemas de ventilação poderá favorecer a acumulação de partículas, que irão provocar a contaminação do ar interior. A exposição partículas pode levar ao aparecimento de várias doenças, dependendo do tamanho de partículas que se inala ou se respira, desde lesões pulmonares, fibroses pulmonares, bronquites e irritações do septo nasal (NP 1796:2014).

Os problemas de saúde associados a agentes químicos presentes no ambiente interior podem ser desde reações alérgicas, irritações da pele, sintomas de gripe, náuseas, fadiga e dor no peito (Costa, 2011).

Em suma, as principais doenças causadas na atividade de restauração são:

- **Golpe de calor** – é considerado o mais importante problema de saúde, relacionado com ambientes quentes, devido a ser difícil de prever. O golpe de calor ocorre em condições de



stress térmico, quando uma combinação de esforço físico e temperaturas ambientais esgotam a capacidade dos mecanismos de regulação do calor interno do corpo humano, o que causa uma maior temperatura, acima do nível que é considerado de perigo (41°C) (Sousa *et al*, 2005).

- **Cãibras** – resultam do esforço físico da pessoa que está a realizar a atividade, em ambientes quentes. As cãibras são caracterizadas por intensos espasmos nas pernas e braços, devido à existência de redução de líquidos e sódio.
- **Síncope de calor** – é observada após um longo período em temperaturas quentes, como resultado da concentração sanguínea de circulação venosa da pele e dos músculos, não permitindo que o cérebro não receba a quantidade suficiente de oxigénio devido a uma descida da pressão arterial (Sousa *et al*, 2005).
- **Esgotamento por desidratação** - resulta de uma perda de água por transpiração que não é repostada pela ingestão de líquidos, provocando uma diminuição de água no corpo humano. Em ambientes secos onde o suor é rapidamente evaporado da superfície da pele, o ser humano pode não dar conta da transpiração e a desidratação acontece de uma forma mais rápida.
- **Outros efeitos** – O esgotamento e o ritmo cardíaco podem aumentar rapidamente e dar-se um colapso no corpo. Erupções cutâneas, devido às temperaturas elevadas, podem ocorrer em qualquer parte do corpo, mas preferencialmente nas partes mais húmidas.

Por outro lado, existem diversas práticas de segurança que foram estudadas e devem ser praticadas, na área da restauração, por parte do trabalhador que está exposto a temperaturas elevadas e a libertação de partículas e substâncias.

As medidas de segurança mais utilizadas são:

- **Aclimatização** – São diversas as medidas que podem promover a proteção individual da pessoa, entre estas a aclimatação que é definida por um ajustamento fisiológico que podem ocorrer no organismo, quando uma pessoa é exposta a elevadas temperaturas num determinado período de tempo. Numa primeira fase de exposição a elevadas temperaturas, a pessoa apresenta elevado ritmo cardíaco, mas após alguns dias de exposição, o corpo humano fica a suportar melhor o calor devido aos tais ajustamentos fisiológicos (Oliveira, 1998).
- **Limite do tempo de exposição** – A limitação do tempo de exposição tem como objetivo reduzir a carga térmica do trabalhador. A definição de critérios de valores limites à exposição do calor é impossível de se obter, devido às diferentes atividades desempenhadas pelas pessoas e pelos diferentes vestuários utilizados, mas é possível recomendar valores limites de exposição que não põe em perigo a saúde das pessoas (Oliveira, 1998).

- **Formação** – A educação dos trabalhadores quanto à prática de algumas tarefas pode evitar esforços e períodos de permanência junto às fontes de calor desnecessários. Os trabalhadores devem ser sensibilizados para os riscos numa determinada exposição, para utilização de alguns vestuários e equipamentos que os protejam do calor e alertados para a higiene pessoal.
- **Exames médicos** – Os exames médicos constituem uma “ferramenta” de prevenção, para detetar se o trabalhador, que está exposto, tem alguma doença ou está a agravar alguma doença antiga por estar exposto a temperaturas elevadas.
- **Ingestão de água e sal** – A ingestão destes componentes destina-se a compensar as perdas por suor que ocorrem a temperaturas elevadas. A água é um dos mais importantes componentes no corpo humano, devido a envolver todos os tecidos e pelo seu transporte por todas as células. O sal contribui para a retenção dos líquidos no organismo (Hudson *et al*, 2003).
- **Equipamento de proteção individual** - O vestuário que o trabalhador usa pode ter grande influência no intercâmbio de calor entre o corpo e o ambiente. O objetivo do vestuário é evitar o sobreaquecimento do corpo humano, mantendo a temperatura dentro dos limites.

2.3- Restaurantes escolhidos

Os estabelecimentos escolhidos para a realização do relatório estão localizados no centro de Aveiro, de modo a facilitar o transporte de material e a realização do seu procedimento. Os estabelecimentos foram denominados por A, B e C.

O **estabelecimento A** consiste num restaurante localizado no centro de Aveiro, tem uma área de 147 m² e uma ocupação máxima de 85 lugares.

A área da grelha ocupa um pequeno espaço do restaurante onde é colocado carvão vegetal, do tipo betuminoso, para a produção de refeições. Tem diversos equipamentos desde frigoríficos, bancas de preparação, arcas de bebidas e comida, lavagem de alimentos, fogões e recipientes para o lixo. De referir ainda que o restaurante possui um exaustor. Muitas vezes, a diminuição da temperatura ambiente do local é conseguida graças à abertura das portas.

Durante a produção de refeições na grelha, o seu tempo de funcionamento são de duas horas ao almoço e as mesmas ao jantar, onde só existe um trabalhador para esse espaço.

O horário de abertura é às 10h e o horário de fecho, depois todas as limpezas realizadas, é por volta das 23h30. Os produtos mais confecionados neste estabelecimento são os de carne para churrasco e peixe grelhado.

O **estabelecimento B** consiste num pequeno restaurante localizado perto do centro de Aveiro, com uma área de 127 m² e uma ocupação máxima de 42 lugares.

A área da grelha para a produção de refeições ocupa um grande espaço do restaurante, constituída por três grelhas onde é colocado o carvão vegetal, do tipo betuminoso.

Este estabelecimento possui equipamentos de elevado porte, como por exemplos os frigoríficos e as arcas para guardar a carne ou as bebidas. O estabelecimento contém dois exaustores e muitas das vezes, o local resfria devido a conter janelas e portas abertas.

Durante a produção de refeições nas grelhas, o seu tempo de funcionamento é de duas horas ao almoço e as mesmas ao jantar, onde existe dois trabalhadores para esse espaço.

O horário de abertura é às 10h e o horário de fecho, depois todas as limpezas realizadas, é por volta das 22h00. Neste estabelecimento o que predomina mais em termos de refeição é a carne para churrasco, mas também são fornecidos alguns pratos de peixe.



Figura 4 – Local de medição no estabelecimento B.

O **estabelecimento C** consiste num restaurante localizado na cidade de Aveiro, tem uma área de 150 m² e uma ocupação máxima de 62 lugares.

A área da grelha ocupa um grande espaço do restaurante, constituída por três grelhas a carvão vegetal onde se produz a maior parte das refeições. Tem diversos equipamentos desde frigoríficos, bancas de preparação, arcas de bebidas e comida. O estabelecimento contém um exaustor e a porta de entrada permanece sempre aberta.

Durante a produção de refeições nas grelhas, o seu tempo de funcionamento é de duas horas ao almoço e as mesmas ao jantar, onde existe um trabalhador para esse espaço.

O horário de abertura é às 9h e o horário de fecho, depois de todas as limpezas realizadas, é por volta das 22h30. Estima-se que são vendidos mais de quatrocentos frangos durante a semana (segunda a sexta) e mais de duzentos ao fim de semana. No estabelecimento C o que se consome mais em termos de refeição é a carne para churrasco, mas também são fornecidas refeições de peixe.

Em resumo, os principais indicadores dos três estabelecimentos de restauração estão descritos na seguinte tabela:

Tabela 3 - Indicadores recolhidos nos três estabelecimentos.

	Estabelecimento A	Estabelecimento B	Estabelecimento C
Localização em Aveiro	Glória/Vera-Cruz	Esgueira	Glória/Vera-Cruz
Área (m ²)	147	127	150
Nº de lugares	85	42	62
Nº de exaustores	1	3	2
Trabalhadores na grelha	1	2	2
Tipo de carvão	Vegetal – Betuminoso	Vegetal – Betuminoso	Vegetal - Betuminoso
Horário de trabalho	10h-22h	10h-22h	10h-22h

2.4- Metodologia geral

A metodologia deste trabalho consiste em avaliar o conforto/stress térmico, exposição a partículas e a qualidade do ar no interior dos estabelecimentos.

Efetuiu-se a avaliação dos parâmetros, referidos anteriormente, ao longo de cinco dias em cada estabelecimento. Em relação à exposição dos trabalhadores, esta avaliação foi feita no trabalhador que está na grelha por ser o mais exposto. Neste tópico foi utilizada a NP 1796:2014 para avaliação da exposição a partículas respiráveis e inaláveis (Instituto Português da Qualidade, 2014) e as ISO 7730/2005 e 7243/1989 para o conforto e stress térmico, respetivamente.

Para a qualidade do ar interior do estabelecimento fez-se a medição da presença de agentes químicos e partículas (PM₁₀), tendo por base a metodologia de avaliação da qualidade do ar interior em edifícios de comércio e serviços no âmbito da portaria 353-A/2013 (Agência Portuguesa do Ambiente, 2015). Para esta exposição foram consideradas as pessoas presentes nos estabelecimentos, quer sejam trabalhadores ou clientes. A legislação utilizada foi a Portaria 343-A/2013, de 4 de dezembro, que indica os valores mínimos e limiares de proteção para as concentrações de poluentes do ar interior nos estabelecimentos de comércio.

Os objetivos principais serão o cálculo dos índices de conforto térmico e stress térmico e avaliar os valores obtidos de partículas e agentes químicos presentes nos estabelecimentos, verificando se estes se encontram dentro dos valores desejados.



universidade
de aveiro

ENVI
ENERGY.
ambiente
energia

3- Exposição profissional

Os profissionais encontram-se sujeitos a variados riscos nos seus locais de trabalho. Estes podem estar sujeitos a agentes físicos e químicos. As estratégias de avaliação de exposição profissional vão desde o diagnóstico à monitorização e controlo, de forma a revelar as fontes e as tarefas num determinado ambiente de trabalho, que representam um maior risco de exposição para os trabalhadores.

3.1- Conforto térmico

3.1.1- Introdução ao conforto térmico e stress térmico

Os estudos sobre o conforto térmico têm como objetivo analisar e definir as condições que são precisas para um melhor desempenho e um ambiente térmico adequado a diferentes atividades humanas. Por conseguinte foram estabelecidos métodos e princípios, com a ajuda de ferramentas e instrumentos, para uma análise térmica do ambiente detalhada (Lamberts *et al*, 2008). A nível profissional o conforto térmico visa, principalmente, três fatores:

- A **satisfação** do Homem ou o seu bem-estar ao sentir-se confortável no seu posto de trabalho;
- O **desempenho humano** é um dos principais fatores para ajudar a explicar o conceito de conforto térmico. O desconforto causado por temperaturas frias ou quentes reduzem o desempenho na sua atividade de trabalho.
- A **conservação de energia** exigida em resultado dos consumos atuais e impactos ao nível do aquecimento global. O aumento de população causada pelo acréscimo rápido das tecnologias, “obrigou” as pessoas a passarem a maior parte do tempo em locais denominados “artificiais”, ou seja, em ambiente condicionados, permitindo descobrir parâmetros e condições que evitam problemas desnecessários, como o desconforto, resolvidos frequentemente com um aumento do consumo de energia.

O ambiente térmico é um dos indicadores mais importantes relacionados com os postos de trabalho, sendo essencial para garantir melhores condições de trabalho e o conforto de todos os trabalhadores presentes num dado estabelecimento.

O Homem é negativamente afetado quando está sujeito a situações de desconforto térmico, que pode causar várias consequências/sintomas, como o decréscimo na satisfação do que realiza, o seu desempenho incorreto no trabalho e, conseqüentemente, uma diminuição de produtividade (Quintela, 2009). A saúde do trabalhador, bem como a sua segurança, se existir este desconforto pode implicar um aumento da taxa de risco de acidentes (Halton, 2007). Por conseguinte deverá ser garantida uma temperatura que varie entre os 18°C e os 26°C (Halton, 2007).



Pode-se também definir o ambiente térmico como o conjunto de variáveis térmicas que pode influenciar o organismo do trabalhador, intervindo de forma direta ou indireta, na saúde e bem-estar, bem como na produção e realização das tarefas que está sujeito (Carneiro, 2012). O conforto térmico não é uma definição exata e não envolve ter condições únicas e específicas. Tornar o trabalho satisfatório, num determinado estabelecimento, é uma tarefa que se pode dizer que é quase impossível. Todas as pessoas presentes em diferentes setores de trabalho podem reagir de maneira diferente por terem uma sensibilidade diferente de todos os outros. Com uma boa temperatura vários fatores tornam-se favoráveis, como por exemplo o menor número de acidentes (Baptista, 2011).

O stress térmico pode ser descrito como o estado em que a pessoa está submetida e exposta a condições de trabalho de ambientes extremos, tanto de frio como calor (Lamberts *et al*, 2008). A procura de um índice de stress térmico que descreva a sobrecarga fisiológica para determinadas condições ambientais, tem vindo a representar um esforço no campo da saúde e da higiene nos estabelecimentos de trabalho. O índice de stress térmico é um indicador muito competente para quando se procede ao estudo de medidas de controlo das temperaturas observadas no local de trabalho.

As churrasqueiras representam locais de trabalho sujeitos a gamas de temperaturas e de humidade elevadas e podem-se confrontar diariamente com condições desfavoráveis, que podem implicar riscos para a segurança, saúde e bem-estar do trabalhador. No caso das churrasqueiras, a manutenção de temperatura e humidade adequada a que o trabalhador está exposto é de extrema dificuldade, devido a estas serem zonas críticas, onde à sua volta existem aparelhos/equipamentos com fortes emissões de calor, tais como o grelhador, fogões, fritadeiras ou frigideiras (Carneiro, 2012). Além disso a intensidade das fontes de calor não é constante ao longo da produção de refeições, acarretando uma grande variação de temperatura na proximidade destas fontes assim como na quantidade de poluentes gerados no processo de processamento dos alimentos.

O desconforto, nos estabelecimentos de restauração, pode ser causado por vários fatores como por exemplo assimetria da radiação térmica, correntes de ar, gradiente térmico vertical, entre outros. Estes fatores não atingem o corpo de forma global, mas podem causar desconforto na pessoa. Os principais fatores são:

- **Assimetria de radiação térmica** – A assimetria de radiação térmica pode ser observada por janelas abertas, superfícies não isoladas, fornos e calor gerado por máquinas em alguns setores de trabalho. Quanto maior a assimetria maior o número de pessoas desconfortáveis com o ambiente (ISO 7730:2005).
- **Correntes de ar** - Esta situação é causada pelo ar em movimento num determinado espaço;
- **Diferenças de temperatura do ar, no sentido vertical** – Na maioria dos espaços a temperatura do ar aumenta com a altura. Se o gradiente da temperatura é grande entre a temperatura do ar ao nível da cabeça e do tornozelo, pode ocorrer desconforto no corpo, estando este em neutralidade térmica (ISO 7730:2005).

- **Pisos aquecidos ou resfriados** – Devido ao contacto dos pés com o chão, o desconforto local nos pés pode ser observado quando o piso estiver resfriado ou aquecido. A temperatura do piso é influenciada pelos constituintes que fazem parte da construção de um prédio, por exemplo. Uma reação normal das pessoas em contacto com o chão, quando sente desconforto, é aumentar a temperatura interna do ambiente, possibilitando o aumento do desconforto térmico e o aumento de consumo de energia (ISO 7730:2005).

3.1.2- Índices e variáveis estudadas no conforto e stress térmico

Os fatores físicos, ambientais e pessoais, para o cálculo do conforto e stress térmico têm por base a temperatura do ar, a temperatura radiante média, a velocidade do ar, a humidade do ar, a atividade desempenhada e o vestuário utilizado pelas pessoas expostas. A partir do conhecimento e quantificação dos fatores atrás referidos é possível estimar um conjunto de índices que estão na base da avaliação do conforto e stress térmico, como por exemplo o índice do voto médio previsto (PMV), o índice da percentagem prevista de insatisfeitos (PPD) e o índice da temperatura do bolbo húmido e globo (WBGT).

O índice de voto médio previsto (PMV) agrupa os dados em sete níveis de classificação, baseado no balanço térmico do corpo humano. (ISO 7730:2005).

Tabela 4 - Índice de PMV. (Fonte: ISO 7730/2005)

+ 3	Muito Quente
+2	Quente
+ 1	Ligeiramente Quente
0	Neutro
-1	Ligeiramente Frio
-2	Frio
-3	Muito Frio

Segundo a ISO 7730:2005, a insatisfação individual manifesta-se em ambientes Quentes (+2), Muito Quentes (+3), Frios (-2) ou Muito Frios (-3).

O PMV pode ser usado para verificar se um determinado ambiente está conforme os critérios estabelecidos de conforto e estabelecer requisitos para diferentes aceitabilidades. O PMV deve ser

calculado para quando a sensação térmica está considerada entre os valores “-2” e “+2” da tabela. Terão também que se verificar as seguintes condições:

- Metabolismo entre 46 e os 232 [w/m²] (0,8 a 4 met);
- Isolamento do vestuário entre 0 e os 0,310 [m².K/W] (0 a 2 Clo);
- Temperatura do ar entre os 10 e os 28 [°C];
- Temperatura média radiante entre os 10 e os 40 [°C];
- Velocidade do ar entre os 0 e 1 [m/s];
- Pressão parcial de vapor entre os 0 e os 2700 [Pa];

A ISO 7730:2005 contém indicações precisas para o cálculo do índice da percentagem previsto de insatisfeitos (PPD – *Predicted Percentage of Dissatisfied*). Este índice indica a percentagem de população insatisfeita, ao estar exposta a um certo ambiente térmico, correlacionando diretamente com o PMV calculado nas mesmas circunstâncias.

Equação 1 - Cálculo do PPD.

$$PPD = 100 - 95 \times (\exp^{-0,03353 \times PMV^4 - 0,2179 \times PMV^2})$$

A correlação entre o PMV e PPD é apresentada na Figura 5.

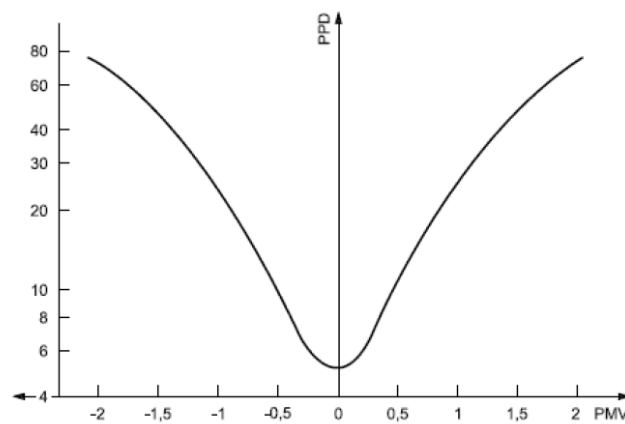


Figura 5 - PPD em função do PMV. (Fonte: ISO 7730/2005)

Sabe-se que para um ambiente térmico confortável o PPD não deverá ultrapassar os 10%, correspondentes a uma gama de valores compreendida entre os “-0,5” e os “+0,5” na tabela de sensação térmica.

O índice da temperatura do bolbo húmido e globo (WBGT) combina a medição de dois parâmetros, temperatura de bolbo húmido e a temperatura de globo negro e em algumas situações, a medição da temperatura do ar (ISO 7243/1989).

A temperatura de bolbo húmido é o valor indicado por um sensor de temperatura envolto de água destilada, ventilada naturalmente e colocado num determinado ambiente sem ventilação forçada.

A temperatura de globo negro é a temperatura indicada por um sensor de temperatura colocado no centro de um globo com um diâmetro de 150 mm. Para a medição da temperatura do ar, o sensor de temperatura deverá estar protegido da radiação por um dispositivo que impeça a circulação do ar em torno do sensor.

O índice da temperatura do bolbo húmido e do globo (WBGT) é um dos índices do stress térmico ao qual um sujeito está exposto. O método para avaliar o stress térmico ligado a este índice é a hipótese ou a escolha entre usar o índice muito preciso e a necessidade de realizar várias medições de monitorização, em diversos postos de trabalho (ISO 7243/1989).

O índice WBGT é determinado a partir da temperatura do bolbo húmido (t_{bun}) e da temperatura do globo (t_g), em algumas medições pode ser preciso igualmente a temperatura do ar (t_a).

- Para ambientes internos ou externos sem radiação direta do sol:

Equação 2 - Cálculo do WBGT.

$$WBGT = 0,7 \times t_{bun} + 0,3 \times t_g$$

- Para a estimativa do valor metabólico do trabalhador, basta somar o índice correspondente à sua posição ao índice correspondente ao trabalho por ele desempenhado.

Equação 3 - Estimativa do valor metabólico do trabalhador.

$$WBGT = \frac{WBGT(cabeça) + 2 * WBGT(abdómen) + WBGT(tornozelos)}{4}$$

O valor do WBGT, quando o ambiente térmico é uniforme (não existem variações de temperatura superiores aos 5%), pode assumir o valor para medições feitas à altura do abdómen ($h=1,1$ m).



Os valores de referência do WBGT estão apresentados na seguinte tabela:

Tabela 5 - Classe de metabolismo. (Fonte: ISO 7243/1989)

Classe de Metabolismo	Valor de referência do WBGT
0	33
1	30
2	28

As variáveis de conforto térmico estão divididas em 7 partes:

- Temperatura do ar, ($^{\circ}\text{C}$);
- Temperatura média radiante, T_{rm} , ($^{\circ}\text{C}$);
- Humidade do ar (%);
- Velocidade do ar, V_{ar} , (m/s);
- Pressão parcial do vapor de água no ar ambiente, p_a , (kpa);
- Isolamento térmico das roupas utilizadas, I_{cl} , (clo);
- Atividade desempenhada, M , (W/m^2);

A temperatura do ar é a temperatura ao redor do corpo humano e a temperatura média radiante pode ser obtida a partir dos valores da temperatura do globo, t_g , da temperatura do ar e da velocidade do ar ao redor do globo. O termómetro de globo esférico representa melhor o corpo humano na posição sentada, mas um sensor do tipo elipsoide observa melhor o corpo humano tanto na posição em pé como sentada.

A humidade descreve a quantidade real de vapor de água contida no ar, ao contrário da humidade relativa, que descreve a quantidade de vapor de água presente a uma dada temperatura. A humidade permite analisar as trocas por evaporação entre o homem e o ambiente, na mesma temperatura.

A velocidade do ar é um indicador que deve ser levado com uma elevada importância quando se observam trocas de calor por convecção e evaporação na posição da pessoa, no seu posto de trabalho. Nos casos em que o fluxo de ar é unidirecional, é possível o uso de um sensor que seja sensível a só esta direção. Em suma, a velocidade do ar define-se pela magnitude e direção. Em ambientes térmicos é considerada a velocidade do ar efetiva, ou seja, o valor da magnitude do fluxo

da velocidade numa determinada direção. O fluxo do ar pode ser explicado pela velocidade média, v_a , que é dada pela velocidade média que se tira instantaneamente, num determinado intervalo de tempo.

O metabolismo é caracterizado por uma conversão química em trabalho mecânico e energia térmica que o corpo humano realiza para a concretização das suas tarefas. Assim procede-se a um cálculo da taxa de metabolismo de forma a caracterizar o esforço muscular e o custo energético implícito. Este fator torna-se bastante importante para determinar o esforço e conforto em climas especialmente quentes (Carneiro, 2012)

A taxa de metabolismo, representada pela letra M, significa a energia consumida/utilizada por um ser humano num determinado período de tempo ou a quantidade de calor por unidade de tempo produzida por unidade de área de pele. A taxa de metabolismo pode ser expressa em W/m^2 ou em met.

De acordo com a norma internacional (ISO 7730/2005), um met corresponde a uma perda de energia sob a forma de calor de $58W/m^2$, estando associado ao estado de um indivíduo do sexo masculino em repouso. Podem-se distinguir dois tipos de metabolismo: o metabolismo de atividade, que resulta do esforço físico humano e da sua atividade e o metabolismo basal que é considerado um valor *standard* igual a $45W/m^2$, correspondendo ao estado de repouso do organismo, sem influências térmicas externas e com vestuário termicamente neutro (Meles, 2012).

Em geral, as taxas de metabolismo associadas às mulheres são cerca de 30% inferiores à dos homens (Meles, 2012). No entanto, a atividade das pessoas consiste num conjunto diferente de atividades e períodos de descanso ao longo do dia. A taxa de metabolismo varia tendo em conta vários fatores, como a atividade desempenhada por um indivíduo, o próprio indivíduo, as condições em que a atividade é desempenhada, entre outros (Meles, 2012).

A quantidade de calor produzido internamente no corpo humano é um dos fatores de determinação ou estudo do stress térmico. A energia metabólica é a quantidade de energia consumida pelo corpo no desempenho das atividades e pode ser determinada a partir do consumo de oxigénio do trabalhador ou a partir de tabelas de referência, em função da atividade.

Nas seguintes tabelas estão apresentadas os vários níveis e classificação da taxa metabólica:

Tabela 6 - Classificação da taxa metabólica. Fonte: (ISO 7243/1989)

Classe	Faixas de taxas metabólicas, M		Valores a serem utilizados para taxa metabólica média		Exemplos
	Relativos à unidade de área da pele (W/m^2)	Relativo à uma área da pele de $1.8m^2$ (W)	W/m^2	W	
0 Descanso	$M \leq 65$	$M \leq 117$	65	117	Descanso ou repouso
1 Baixa taxa metabólica	$65 < M \leq 130$	$117 < M \leq 234$	100	180	Sentado: leve atividade manual, trabalho com mãos e braços, trabalho com braços e pernas. De pé: Em bancadas leve, caminhando levemente $3,5 km/h$
2 Moderada taxa metabólica	$130 < M \leq 200$	$234 < M \leq 360$	165	297	De pé, moderado trabalho de mão e braços, braços e pernas, caminhar de $3,5$ a $5,5 km/h$
3 Alta taxa metabólica	$200 < M \leq 260$	$360 < M \leq 468$	230	414	Trabalho intenso de braços e tronco, caminhar de $5,5$ a $7 km/h$, puxar e empurrar cargas
4 Muito alta taxa metabólica	$M > 260$	$M > 468$	290	522	Atividade muito intensa. Correr e caminhar a mais de $7 km/h$

Tabela 7 - Valores de em referência função da atividade desempenhada. (Fonte: ISO 7243/1989)

Classe de taxa metabólica	Taxa metabólica		Valores de referência de IBUTG			
	Relativa a unid área (W/m^2)	Taxa total (W)	Pessoas aclimatadas ao calor ($^{\circ}C$)		Pessoas não aclimatadas ao calor ($^{\circ}C$)	
0	$M \leq 65$	$M \leq 117$	33		32	
1	$65 < M \leq 130$	$117 < M \leq 234$	30		29	
2	$130 < M \leq 200$	$234 < M \leq 360$	28		26	
3	$200 < M \leq 260$	$360 < M \leq 468$	Sem mov. de ar sensível 25	Com mov. de ar sensível 26	Sem mov. de ar sensível 22	Com mov. de ar sensível 23
4	$M > 260$	$M > 468$	23	25	18	20

O vestuário é uma variável importante para estudar o conforto térmico, pois permite identificar o vestuário de trabalho face às condições de trabalho a que estão expostos. É também um elemento de elevado relevo, para este estudo, devido a regular as trocas de energias sob a forma de calor.

O vestuário pode funcionar como um isolante térmico, pois forma uma resistência no corpo junto a uma camada de ar mais aquecido, tendo em conta a adaptação ao corpo e à porção do corpo que cobre.

Para a análise do variável vestuário é avaliada a resistência térmica do vestuário que consiste no poder protetor do mesmo (Rodrigues, 2007). Esta variável é expressa em Clo, que representa, citando Rodrigues (2007), “a resistência térmica oferecida por cada 0,155m² do conjunto de roupa vestida, quando a pele coberta arrefece 1°C devido à transferência de energia sob a forma de calor de 1W para a superfície exterior da referida roupa”.

A resistência térmica do vestuário está relacionada com a temperatura do ar, trabalho externo e das características do vestuário. O trabalho externo está associado com a taxa metabólica e da atividade/ movimento desenvolvido por um indivíduo.

Os valores da resistência térmica do vestuário podem ser consultados através de valores tabelados associadas à ISO 7730/2005. Na Tabela 8 podem observar-se alguns exemplos desses valores.

Tabela 8 - Resistência térmica do vestuário. Fonte: (ISO 7730/2005)

Tipo do vestuário	Resistência térmica- Clo
Cuecas	0,03
Cuecas e sutiã	0,03
Meias	0,02
Camisola de manga comprida fina	0,30
Calças	0,25
Casaco fino	0,25
Sapatos	0,04
Lenço	0,05
Polo	0,20
Calças finas	0,20
Camisola grossa	0,35

3.2- Exposição a partículas

Por norma, os trabalhadores passam cerca de oito horas por dia no seu local de trabalho, o que faz acreditar a que os ambientes que estão expostos sejam seguros e saudáveis. No entanto, frequentemente, nos seus postos de trabalho estão expostos a diversas substâncias que podem ser perigosas para a sua segurança e para a sua saúde no trabalho.

O aparelho respiratório constitui a via principal de penetração de partículas no organismo humano. Após a inalação, as partículas podem ser libertadas ou depositadas em diferentes regiões do sistema respiratório. Essa deposição varia em função do diâmetro, do grau de agregação e aglomeração e do comportamento no ar dessas mesmas partículas.

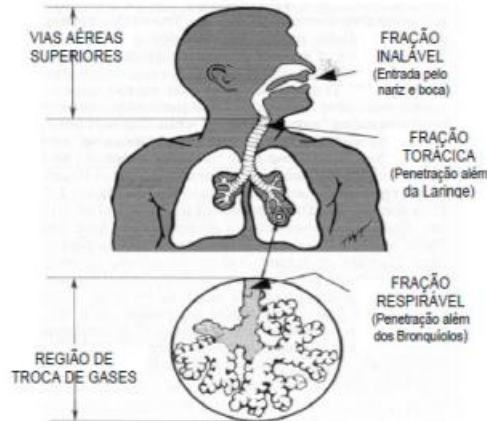


Figura 6 - Local de deposição das frações inaláveis, torácicas e respiráveis no sistema respiratório. (Fonte: Ouriques *et al*, 2015)

Para se obter um maior controlo e uma melhor monitorização destes parâmetros, existem formas de avaliar, reduzir ou eliminar esta exposição, o que implica a realização de análises segundo normas de amostragem e análise, assim como a comparação dos resultados obtidos com valores limites de exposição, que se denominam pela sigla VLE (NP 1796:2014).

Os VLE são valores que correspondem às concentrações do ar das várias substâncias e podem representar as condições para as quais se admite que o trabalhador esteja exposto no dia-a-dia, sem efeitos adversos. Por vezes, alguns trabalhadores são mais suscetíveis a certos poluentes, podendo apresentar desconforto a concentrações iguais ou com valores inferiores aos VLE (NP 1796:2014).

Entre 1980 e 1990 desenvolveram-se classificações para as partículas e poeiras, dependendo dos seus critérios de amostragem. Estabeleceu-se que as amostragens devem ser baseadas em frações ou em tamanhos progressivamente mais finas: inaláveis, torácicas e respiráveis. Pode-se definir estes três termos como:

- **Partículas inaláveis** - Agentes que são potencialmente perigosos quando se depositam em qualquer região do trato respiratório;
- **Partículas torácicas** - Agentes que são potencialmente perigosos quando se depositam na região dos canais pulmonares e na zona de trocas gasosas;
- **Partículas respiráveis** - Agentes potencialmente perigosos quando se depositam na região de trocas gasosas;

Os três tipos de fração mássica de partículas considerados acima, são definidos, segundo a norma, quantitativamente pelas seguintes equações:

- **Fração inalável:**

Equação 4 - Cálculo da fração inalável.

$$PI(d_{ae}) = 0,5[1 + e^{(-0,06d_{ae})}]$$

para $0 < (d_{ae}) \leq 100\mu\text{m}$, onde:

- $PI(d_{ae})$ – Eficiência da colheita;
- d_{ae} – diâmetro aerodinâmico da partícula, em μm ;

- **Fração torácica:**

Equação 5 - Cálculo da fração torácica.

$$PT(d_{ae}) = PI(d_{ae})[1 - F(x)]$$

Onde:

- $F(x)$ – função densidade de probabilidade da variável normalizada, x , sendo:

$$x = \frac{\ln\left(\frac{d_{ae}}{T}\right)}{\epsilon}$$

Onde:

- $T = 11,64\mu\text{m}$ – mediana de distribuição;
- $\epsilon = 1,5$ – desvio padrão geométrico da distribuição

- **Fração respirável:**

Equação 6 - Cálculo da fração respirável.

$$PR(d_{ae}) = PI(d_{ae})[1 - F(x)]$$

Onde:

- $F(x)$ – função densidade de probabilidade da variável normalizada, x , sendo:

$$x = \frac{\ln\left(\frac{d_{ae}}{T}\right)}{\epsilon}$$

- $T = 11,64\mu\text{m}$ – mediana de distribuição;
- $\epsilon = 1,5$ – desvio padrão geométrico da distribuição

Existe uma preocupação crescente, por parte da sociedade, relativamente aos possíveis efeitos que a emissão de poluentes possa ter na sua qualidade de vida, saúde e ambiente. Os poluentes existentes e os seus níveis dependem do tipo de ambiente: exterior, interior, urbano e rural.

De modo a salvaguardar a segurança e a saúde dos trabalhadores, diversos organismos nacionais e internacionais têm desenvolvido um conjunto de normas, visando o estabelecimento dos níveis máximos de exposição aos diferentes poluentes. A NP 1796:2014 apresenta uma lista



dos valores limite de exposição profissional a agentes químicos. Torna-se por isso necessário realizar a monitorização destes parâmetros, de forma a estudá-los, controlá-los e reduzi-los. A monitorização ocupacional é entendida como a observação, medida e cálculo, sistemáticos, da condição do ambiente de trabalho e das emissões de poluentes, ao longo do tempo.

Os valores recomendados para a exposição ao trabalhador a partículas estão representados na seguinte tabela:

Tabela 9 - Valores máximos recomendados de exposição segundo a NP 1796:2014. Fonte: (NP 1796:2014)

Agente Químico	VLE	Normas e Legislação
Partículas inaláveis	10 mg/m ³	NP 1796:2014
Partículas respiráveis	3 mg/m ³	NP 1796:2014
Carvão Antracite – Fração respirável	0.4 mg/m ³	NP 1796:2014
Carvão Betuminoso – Fração respirável	0.9 mg/m ³	NP 1796:2014

Quanto às partículas, segundo o Anexo B da NP 1796:2014, como não existem uma quantidade de informação elevada para dar um VLE a norma recomenda que as partículas inaláveis têm um valor máximo de 10 mg/m³ e as respiráveis de 3 mg/m³, até que se verifique o estabelecimento de um VLE para uma dada substância. Nesta norma pode-se especificar a fração respirável do tipo de carvão utilizado nos estabelecimentos que é betuminoso.

3.3- Metodologia e equipamentos utilizados

O equipamento utilizado para a medição de conforto térmico contém sensores de medição de temperatura do ar, temperatura do globo negro, velocidade do ar e humidade presente no local. Este equipamento tem um painel de controlo que permite definir um intervalo de tempo e foi colocado ao nível do abdómen da pessoa que está a realizar a sua tarefa de trabalho. O intervalo de tempo escolhido para a realização da medição foi o período de almoço, onde se definiu um tempo de obtenção de dados de quinze segundos em quinze segundos, por um período consecutivo de duas horas.

O modelo onde se realiza a análise de resultados denomina-se por DeltaLog10. Permite criar uma relação entre o isolamento térmico do indivíduo e a sua exposição. Os resultados deste modelo possibilitam criar gráficos onde as variáveis, que se apresentaram anteriormente, podem estar relacionadas em função umas das outras e permite verificar se o indivíduo está em conforto térmico

através do cálculo automático do PMV e se está satisfeito com o nível de exposição que está sujeito, com o cálculo do PPD (módulos de software incluídos no DeltaLog10).



Figura 7 - Aparelho de medição do conforto térmico.

Para a medição da exposição de partículas em que o trabalhador estava exposto, utilizou-se uma bomba de amostragem pessoal que permite a recolha de partículas inaláveis e partículas respiráveis através de dois filtros colocados perto das vias respiratórias do trabalhador que está exposto às partículas, provenientes do grelhador.

A medição realiza-se de acordo com as instruções de trabalho existentes na empresa. A determinação das partículas inaláveis/respiráveis realiza-se no laboratório da Envienergy. Para isso faz-se a pesagem inicial e final dos filtros em condições de temperatura e humidade controladas pelo procedimento imposto pela empresa. Se a diferença entre as duas massas obtidas for igual ou superior a 2 mg, a amostragem é validada. A bomba de amostragem utilizada é uma bomba de vácuo, com um caudal de 0-5 l/min. O tipo de filtro a utilizar varia de acordo com a substância a analisar.

Antes de iniciar qualquer procedimento de amostragem que utilize as bombas de aspiração, faz-se a verificação do caudal, utilizando um caudalímetro. Todos os caudalímetros utilizados na Envienergy são periodicamente calibrados por um laboratório externo acreditado.

O processo de validação é semelhante para todas as substâncias analisadas, e consiste em efetuar 5 leituras antes da amostragem e 5 leituras após a mesma, sendo que o valor do caudal é obtido pela média das 10 leituras realizadas. A diferença entre os valores dos caudais lidos antes e depois tem que ser inferior a 5%, repetindo-se a amostragem caso este critério não se cumpra.

Após definir o caudal e o volume, a bomba de aspiração encontra-se pronta para iniciar a amostragem. Desta forma, pode colocar-se o equipamento no trabalhador, pondo a entrada de ar o mais próximo possível das vias respiratórias.

O transporte das amostras para os laboratórios efetua-se em recipientes adequados e segundo procedimentos bem definidos, de forma a garantir a integridade dos filtros, com a face exposta à recolha virada para cima, de modo a assegurar que não existem perdas de massa.

As medições no restaurante foram realizadas quando o trabalhador começava a colocar carvão na grelha e a produzir refeições, com o seguinte caudal e volume:

- Inaláveis – Caudal de 2 l/min e volume 130l;
- Respiráveis – Caudal de 2.5 l/min e o volume de 220l;



Figura 8 - Caudalímetro e Bomba de aspiração.



Figura 9 - Filtros amostrados.

3.4- Resultados obtidos

As avaliações da exposição a partículas foram realizadas nos dois primeiros estabelecimentos e consistiram em cinco amostras de partículas inaláveis e partículas respiráveis realizadas segundo a NIOSH 0500 e NIOSH 0600, respetivamente. As medições foram realizadas durante o período “almoço” e “jantar”, representando estes os períodos mais desfavoráveis em termos da exposição do trabalhador - períodos em que se inicia o carregamento de carvão no grelhador e se confeccionam as refeições. O tempo de amostragem para inaláveis é de 65 minutos e para as respiráveis é de 90 minutos.

Tabela 10 – Concentração de partículas inaláveis e respiráveis a que o trabalhador está exposto nos estabelecimentos A e B.

Estabelecimento A	1ª amostra		2ª amostra		3ª amostra		4ª amostra		5ª amostra	
Parâmetro	I	R	I	R	I	R	I	R	I	R
Concentração (mg/m ³)	1.8	1.4	0.7	0.5	1.0	0.5	0.8	0.4	0.8	0.7
Estabelecimento B	1ª amostra		2ª amostra		3ª amostra		4ª amostra		5ª amostra	
Parâmetros	I	R	I	R	I	R	I	R	I	R
Concentração (mg/m ³)	2.8	<0.4	1.3	<0.4	0.8	0.6	0.8	<0.4	1.0	<0.4

- Legenda:
 - I - Inaláveis;
 - R – Respiráveis;
 - <0.4 – Valor limite mínimo de massa não atingido;

Pode-se concluir que todos os valores, de partículas respiráveis e inaláveis, estão abaixo do limite máximo recomendado pela norma NP 1796:2014.

Os resultados obtidos na avaliação do conforto térmico estão representados nas tabelas seguintes:

Tabela 11 - Parâmetros do conforto térmico no estabelecimento A.

Estabelecimento A	Valor Máximo	Valor Mínimo	Valor Médio	Desvio Padrão
T _w (°C)	51.6	24.8	40.5	7.3
T _g (°C)	63.8	25.2	49.8	11.8
T _a (°C)	53.8	25.1	40.0	7.5
Pr (hPa)	1012.6	1012.9	1012.2	0.2
RH (%)	53.9	52.9	53.9	0.4
V _a (m/s)	0.4	0.1	0.2	0.1
T _r (°C)	78.4	23.7	56.3	15.7
WBGT -i (°C)	53.8	24.9	43.3	8.51

Tabela 12 - Parâmetros do conforto térmico no estabelecimento B.

Estabelecimento B	Valor Máximo	Valor Mínimo	Valor Médio	Desvio Padrão
T _w (°C)	30.8	25.8	28.9	1.5
T _g (°C)	32.4	26.9	30.4	1.6
T _a (°C)	30.6	26.2	28.9	1.3
Pr (hPa)	1012.6	1011.8	1012.2	0.2
RH (%)	63	46.1	52.1	2.8
V _a (m/s)	0.2	0	0.1	0.03
T _r (°C)	33.9	27	31.1	1.7
WBGT -i (°C)	31.3	26.2	29.3	1.5

Observando as tabelas e seguindo as normas do conforto térmico e do stress térmico, verificou-se, como era esperado, que o trabalhador se encontrava em condições extremamente insatisfatórias. As temperaturas que são sentidas na área, onde está presente a churrasqueira, são muito elevadas, o que causa desconforto e o que leva a considerar, que em ambos os estabelecimentos, o trabalhador encontrava-se em stress térmico. No estabelecimento B os parâmetros apresentam valores mais baixos do que no estabelecimento A o que pode ser explicado pelo facto do aparelho de conforto térmico ter estado um pouco distante da grelha, em relação ao que se verificou no estabelecimento A, e a um bom funcionamento do sistema de ventilação.



De modo a contribuir para um maior conforto e bem-estar do trabalhador apresenta-se no anexo I estão descritas algumas recomendações que deverão ser postas em prática a favor do bem-estar do trabalhador e ocupantes destes espaços.

4- Qualidade do ar interior nos estabelecimentos

4.1- Introdução à Qualidade do ar interior

Com o passar do tempo e com muitos estudos realizados a definição de ar poluído tornou-se uma das maiores preocupações na sociedade. Foi com o início da revolução industrial, a crescente preocupação higiénica da sociedade e dos espaços interiores que se começou a estudar com mais atenção as condições de trabalho ao nível da qualidade do ar interior (Costa, 2011).

Devido à crise do petróleo a nível mundial, na década de 70, revelou-se ser importante a poupança da energia. Com a existência da preocupação de evitar grandes perdas de energia pelo meio exterior, os edifícios tornaram-se mais confinados, fazendo uma nova redução ao nível da ventilação natural, aumentado, conseqüentemente, ar poluído no seu interior. Além destes efeitos, com o passar de alguns anos, existiu a procura de material sintético e químico para a construção e decoração, o que levou ao aparecimento de novas fontes de poluição interior que se vieram juntar às decorrentes das diferentes atividades dos ocupantes nos espaços confinados (Jones, 2009).

As preocupações da saúde humana originaram uma maior reflexão e uma sensibilização da comunidade para os problemas de qualidade de ar interior, a par com a eficiência energética nos edifícios. Nos últimos anos, a agência de proteção do ambiente (EPA) e a Organização Mundial de Saúde (OMS) classificaram a poluição de ar interior como um dos principais riscos ambientais para a saúde humana (EPA, 2009).

A qualidade do ar interior (QAI) está relacionada com uma combinação de fatores, onde as suas fontes de poluição podem ser tanto ao nível físico, químico ou biológico, quer de origem interior como exterior, como ao nível da sociedade, devido aos comportamentos e ao número de ocupantes de edifícios, sistemas de aquecimento, ar condicionado e atividade desempenhada do indivíduo (Agência Portuguesa do Ambiente, 2015).

Frequentemente, ao nível da saúde, os sintomas mais sentidos são as dores de cabeça, náuseas, fadiga, irritação dos olhos, garganta e nariz. Estes sintomas podem estar associados à exposição dos ocupantes a determinados poluentes químicos, físicos e biológicos no interior do edifício (Costa, 2011).

Quando estamos perante um estabelecimento de preparação de refeições, os trabalhadores ficam expostos a várias substâncias que são libertadas, resultantes quer dos processos de confeção, quer de produtos de limpeza ou de desinfeção do estabelecimento. Estas substâncias podem incluir uma panóplia de compostos inorgânicos e compostos orgânicos voláteis (COV), gorduras e vapores de água.

Por exemplo, quando se está a confecionar frango de churrasco, a gordura do frango em contacto com as temperaturas elevadas pode libertar cerca de 200 ppb de COV, alguns deles tóxicos e com propriedades cancerígenas e mutagénicas (Quintela, 2008).



O impacto no trabalhador e nas pessoas que frequentam o estabelecimento pode variar consoante o tipo de alimentos que são confeccionados e por consequência, as substâncias que são libertadas e, as suas concentrações, dependem do tipo de combustível utilizado, das técnicas de confeção e duração das diferentes operações.

O ar ambiente interior de um edifício resulta da interação da sua localização, do clima, do sistema de ventilação do edifício, das fontes de contaminação, e do número de ocupantes do edifício. Alguns destes fatores e fontes estão listados na seguinte tabela:

Tabela 13 - Fatores e fontes que afetam a qualidade do ar e conforto. (Fonte: APA, 2009)

Temperatura e valores extremos de humidade	Colocação imprópria dos dispositivos de medição (termostatos), deficiente controlo de humidade, incapacidade do edifício de compensar extremos climáticos, número de equipamentos instalados e a densidade de ocupação.
Dióxido de carbono	Número de pessoas, queima de combustíveis fósseis, (gás, aquecedores, etc.).
Monóxido de carbono	Emissões de veículos (garagens, entradas de ar), combustão, fumo do tabaco.
Formaldeído	Madeira prensada, contraplacado não selado, isolamento de espuma de ureia - formaldeído, tecidos, cola, carpetes, mobiliário, papel químico.
Partículas	Fumo, entradas de ar, papel, isolamento de tubagens, resíduos de água, carpetes, filtros de HVAC, limpezas.
Compostos Orgânicos Voláteis (COV)	Fotocopiadoras e impressoras, computadores, carpetes, mobiliário, produtos de limpeza, fumo tintas, adesivos, calafetagem, perfumes, laca, solventes.
Ventilação inadequada (ar exterior insuficiente, deficiente circulação)	Medidas de poupança de energia e manutenção, má concepção do projecto do sistema de HVAC, operação deficiente de funcionamento, alteração do sistema de funcionamento do HVAC pelos ocupantes, concepção desajustada dos espaços em avaliação.
Matéria microbiana	Água estagnada em sistemas de HVAC, materiais molhados e húmidos, desumidificadores, condensadores das torres de arrefecimento (<i>chillers</i>). torres de refrigeração.

4.2 – Variáveis físicas da QAI

4.2.1– Partículas suspensas

As partículas ou aerossóis suspensos no ar (PM), são consideradas como a matéria sólida ou líquida suspensas no ar. A matéria sólida é constituída por poeiras, fumos e organismos, ao passo que a matéria líquida é constituída por matérias no estado de vapor que condensam.

As partículas em suspensão no interior do edifício são, no geral, provenientes de fontes quer do exterior quer do interior. Nos espaços interiores, as concentrações de partículas em suspensão aumentam durante o período de ocupação devido em grande parte à ressuspensão de partículas depositadas nas superfícies e às fontes de combustão internas como o fumo de tabaco, fogões, lareira, velas e incensos (Agência Portuguesa do Ambiente, 2015).

O tamanho de partículas suspensas que são preocupantes para a saúde pública está no intervalo de dimensões entre 0,1 a 10 μm (Agência Portuguesa do Ambiente, 2015). As partículas inferiores a 10 μm são inaladas, enquanto as de tamanho superior a 10 μm tendem a não ultrapassar a barreira das vias respiratórias superiores (são filtradas pelo nariz).

As partículas pequenas são as que alcançam a zona torácica e são responsáveis pela maioria dos efeitos causados na saúde. Devido a estes fatores foram desenvolvidas normas para esta gama de partículas, também denominadas por PM_{10} . A Portaria nº 353-A/2013 adotou limites de proteção e margem de tolerância para os poluentes físico-químicos, média de 8 horas, para PM_{10} é de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e tolerância 100%, o que quer dizer que o máximo para período de 8 horas não deve exceder 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

O carbono é o principal composto do aerossol com diâmetros inferiores a 2.5 μm em todos os ambientes existentes na nossa sociedade. A fração carbonosa de matéria particulada consiste em carbono elementar e compostos orgânicos diversos. O carbono elementar (EC), tem uma estrutura similar à grafite impura e é “expulso” para a atmosfera por combustão e o carbono orgânico é emitido diretamente (poluente primário) ou mesmo formado na atmosfera (poluente secundário) na sequência da oxidação fotoquímica que envolve os COV's, NO_x , ozono e radiação solar (Afonso *et al*, 2004).

O carbono elementar é um resíduo da combustão incompleta e, como tal, um indicador inequívoco de emissões primárias. Em ambientes urbanos fortemente afetados por emissões automóveis, as emissões resultantes da exaustão dos veículos *diesel* têm sido reconhecidas como a principal fonte de partículas de EC (Petzold e Niessner, 1995).

O carbono orgânico pode ser emitido diretamente pela fonte, como a queima de combustíveis e neste caso é designado de OC primário, mas pode também ser formado “*in situ*” por condensação de produtos voláteis da foto-oxidação de hidrocarbonetos, sendo denominado de OC secundário (Seinfeld e Pandis, 1998).

O carbono elementar, não é um composto volátil nas condições ambientais e absorve em três tipos de gamas, no visível, nos infravermelhos e ultravioletas, sendo o EC denominado, por vezes, carbono negro (NC). A grande diferença entre carbono negro e carbono elementar é que o carbono negro apresenta uma cor negra e por consequência, envolve alguns compostos orgânicos complexos.

O carbono negro, a sua definição, tem mais uso em processos atmosféricos envolvendo a interação com a radiação, enquanto o carbono elementar traduz as características de reatividade físico-químicas das partículas de carbono. O carbono orgânico (OC) absorve pouco da região do visível, sendo constituído por hidrocarbonetos incolores (Afonso *et al*, 2004).



Na quantificação de carbono orgânico, total e negro existente no aerossol, pode-se recorrer a métodos químicos, óticos e térmicos, ou uma combinação entre eles.

Os métodos químicos consistem na prévia eliminação da fração orgânica por extração de solventes ou extração ácida e posterior determinação de carbono elementar por volatilização térmica.

Os métodos térmicos, mais usuais, envolvem a colheita do aerossol sobre um filtro de fibra de quartzo com a consequente volatilização das partículas do filtro por ação do calor e a análise química dos gases produzidos.

O método usado no relatório de estágio é o método termo-ótico, que consiste em converter o carbono amostrado no filtro a CO_2 , através de aquecimento e oxidação e sua quantificação por infravermelho não dispersivo (Pio *et al*, 2011).

4.2.2– Dióxido de carbono

O dióxido de carbono (CO_2) é um gás incolor e inodoro. Este faz parte da atmosfera, onde a sua concentração varia entre 300 e 350 ppm. A concentração no ar interior de edifícios e no espaço que se analisa pode dar a informação da taxa de ventilação.

A principal função do sistema ventilação é renovação do ar interior contaminado pelos ocupantes e a obtenção do conforto térmico, deste modo a introdução de ar exterior permite baixar a concentração de poluente e de odores gerados no local de trabalho ou no espaço público. Agora que os edifícios modernos têm uma ventilação natural inferior à dos antigos e contém fatores que produzem poluentes como mais ocupantes, equipamentos e mobílias é importante adicionar ar exterior limpo ao espaço (Agência Portuguesa do Ambiente, 2015).

Com esta adição de ar exterior, durante as épocas quentes e frias, os custos dos estabelecimentos com os sistemas de ventilação forçada irão aumentar devido às operações de filtração, humedificação/desumidificação e distribuição do ar.

Atualmente, os princípios de conservação de energia e de qualidade do ar interior devem ser colocados e estudados em cada local de trabalho, de modo a fornecer limites de qualidade em termos de saúde e conforto.

As concentrações de dióxido de carbono nos espaços interiores aumentam devido a alguns fatores como o local, ocorrência e hora do dia. Os valores de concentração, em espaço interior, variam entre 600 e 800 ppm.

4.2.3– Monóxido de carbono

O monóxido de carbono (CO) é um gás incolor e tóxico. A sua poluição acontece quando os gases de combustão não são ventilados de uma forma correta para o exterior ou quando estes regressam aos edifícios. Este gás deve ser sempre medido quando são apresentadas queixas de odores de exaustão ou se existir problemas internos com os gases de combustão. Em espaços

interiores, a sua acumulação pode estar também associada a uma ventilação ineficiente ou a infiltrações provenientes de compartimentos vizinhos e fontes exteriores próximas, como por exemplo garagens, entradas de prédio, cozinhas.

O monóxido de carbono é muito tóxico, como já foi dito anteriormente. Este gás combina-se com a hemoglobina no sangue, reduzindo o transporte de oxigénio para as células do corpo. Os sintomas incluem dores de cabeça, sintomas de gripe, náuseas, fadiga, dor no peito ou atenção diminuída. O grau em que estes sintomas ocorrem dependem do indivíduo que está exposto e à sua sensibilidade (Agência Portuguesa do Ambiente, 2015).

A Portaria nº 353-A/2013 tem um valor limite de concentração para proteção da saúde humana, média de 8 horas, para o CO, que não deve ultrapassar os 9 mg/m³, sem margem de tolerância admitida.

4.2.4– Compostos orgânicos voláteis

Os COV, compostos orgânicos voláteis, são gases de composição orgânica que podem ser provenientes de sólidos e líquidos que estão à temperatura ambiente, devido à facilidade em passar para gás o seu estado. Os COV podem provocar efeitos na saúde humana em curtos ou longos prazos. A estas doenças estão relacionados os sintomas de irritação, náuseas, vômitos e rinites.

Estes gases podem ser emitidos de fontes diversas, desde produtos de higiene pessoal, a produtos de limpeza doméstica e materiais de construção. Neste caso as fontes vêm das queimas do carvão e da limpeza com produtos com determinados compostos.

Estes compostos possuem uma volatilidade elevada, induzindo a sua libertação ao longo do tempo para o ar.

4.3- Enquadramento legal

A política nacional de QAI, qualidade do ar interior, surgiu na sequência da transposição para o direito interno da Diretiva n.º 2002/91/CE revogada para a Diretiva nº 2010/31/EC de 19 de maio, relativa ao desempenho energético dos edifícios, com a publicação do Decreto-Lei nº 118/2013 de 20 de agosto que aprova o sistema de certificação energética dos edifícios, o regulamento de desempenho energético dos edifícios de habitação e o regulamento de desempenho energético dos edifícios de comércio e serviços.

A Portaria 353-A/2013, de 4 de dezembro, estabelece os valores mínimos de caudal de ar novo por espaço, bem como os limiares de proteção e as condições de referência para os poluentes do ar interior dos edifícios de comércio e serviços novos, sujeitos a grande intervenção e existentes e a respetiva metodologia de avaliação e determina que a fiscalização da QAI, em edifícios de comércio e serviços deve ser feita pela Inspeção Geral do Ambiente e de acordo com os



procedimentos definidos pela Agência Portuguesa do Ambiente e pela Direção-Geral da Saúde (DGS).

Todos os estabelecimentos de comércio ou de serviços devem realizar uma avaliação da qualidade do ar interior nos seus estabelecimentos, para que sirva de uma prática de monitorização, de modo a melhorar o desempenho e o ambiente nas suas instalações.

As medições que têm por objetivo avaliar os estabelecimentos, devem utilizar metodologias de referência, de modo a garantir o controlo e a qualidade das medições e procedimentos, todas de acordo com as normas existentes, relacionadas com a QAI.

Atualmente, na sociedade em geral, os cidadãos permanecem mais tempo em ambientes interiores e devido a isso é essencial tornar estes espaços mais saudáveis. O aumento do número de casos de doenças, tais como a asma e as alergias, e a existência de condições deficientes na qualidade do interior dos edifícios são uma realidade que importa corrigir com vista à melhoria da qualidade de vida dos cidadãos.

A ventilação natural deve ser estudada para que exista um aumento da eficiência energética e controlar os custos operacionais do funcionamento do estabelecimento, tendo atenção ao conforto, o nível de ocupação dos espaços e os graus de contaminação do ar pelas atividades exercidas.

Os limiares de proteção para os poluentes físico-químicos a considerar são os previstos na Portaria n.º 353-A/2013 e apresentados na tabela seguinte:

Tabela 14 - Limiar de proteção e margem de tolerância para os poluentes físico-químicos. (Fonte: Portaria 353-A/2013)

Poluentes	Unidade	Limiar de Proteção	Margem de Tolerância (%)
PM ₁₀	[µg/m ³]	50	100
PM _{2.5}	[µg/m ³]	25	100
COV	ppm	0.3	100
	[µg/m ³]	600	
CO	ppm	9	-
	[mg/m ³]	10	
CO ₂	ppm	1250	30
	[mg/m ³]	2250	

As concentrações em µg/m³ e mg/m³ referem-se à temperatura de 20° C e à pressão de 1 atm (101,325 kPa). Os limiares de proteção indicados dizem respeito a uma média de 8 horas.

4.4– Metodologia e equipamentos

A metodologia seguida teve por base o período de funcionamento de cada estabelecimento, assim como os constrangimentos de espaço de modo a não interferir com o normal funcionamento de cada um. Em cada estabelecimento a amostragem de gases e partículas foi realizada ao longo de cinco dias apenas num único ponto, tendo em atenção as recomendações presentes no manual técnico em relação à posição das tomadas de ar.

Para analisar as partículas foram usados dois aparelhos, o Tecora, que opera de acordo com método gravimétrico de referência (EN 12341:1998) e o DustTrack que é um fotómetro a laser, de medição em contínuo.

O Tecora é um aparelho de recolha de partículas, constituído por uma cabeça de entrada PM₁₀ conectada por um tubo vertical ao porta-filtros e este à bomba. O equipamento possui ainda unidades de controlo de caudal, com medição de temperatura e pressão, assim como um sistema de programação automática e aquisição de dados.

O procedimento consiste em colocar um filtro diferente todos os dias, na cabeça de entrada PM₁₀, durante cinco dias e programar o tempo de recolha em 10 horas. A entrada do ar no amostrador ocorre ao nível da cabeça das pessoas que almoçavam/jantavam naquele espaço. O Tecora que estava no exterior era sempre colocado, no mesmo período de tempo, em casas perto dos estabelecimentos onde estavam a ser efetuadas as medições.

A massa de PM₁₀ depositada nos filtros de quartzo, durante o período de amostragem foi determinada por análise gravimétrica, com recurso a uma balança analítica, com sensibilidade 0,01 mg. Para tal, foi quantificada a massa dos filtros antes e depois da amostragem, numa sala com temperatura e humidade controladas. A quantidade de partículas resulta da subtração da massa final pela inicial dos filtros. A concentração de partículas no ar resulta da posterior divisão da massa colhida pelo volume de ar amostrado.



Figura 10 - Tecora.

O DustTrak™ II Aerosol Monitor 8530 é um fotómetro a laser, com registo de dados e dispersão de luz, operado por bateria, que oferece leituras de massa de aerossóis em tempo real.

Este aparelho é adequado para configurações de escritórios limpos, bem como locais de trabalho industriais, locais de construção e ambientais e outras aplicações externas. O Monitor de Aerossol DustTrak II mede os contaminantes de aerossóis, como poeira, fumaça, fumos e névoas.

A forma de utilização é muito simples, colocando um aparelho no interior e outro no exterior do estabelecimento, contíguo ao amostrador Tecora, a quantificar a concentração de partículas existentes ao longo de cinco dias, com períodos de aquisição de um minuto. O aparelho também permite a quantificação do número de partículas por tamanho de uma forma contínua



Figura 11 - DustTrak™ II Aerosol Monitor 8530.

Para analisar o carbono dos filtros amostrados, provenientes do Tecora, utilizou-se um sistema de análise termo-ótico. O método termo-ótico permite a volatilização do carbono, primeiramente numa atmosfera denominada por anóxica e depois por uma atmosfera oxidante, a gamas de temperaturas diferentes. Quando se está perante oxigénio, o carbono é oxidado em CO_2 , sendo depois detetado por um analisador infravermelho. O laser, contido neste sistema, permite a monitorização do filtro através da medição da transmitância devido a processos de carbonização, que podem ocorrer na primeira fase de aquecimento, onde se está a realizar a volatilização do carbono orgânico (OC) e que interfere na quantificação do carbono orgânico e elementar (Martins, 2012).



Figura 12 - Analisador termo-ótico desenvolvido no Departamento de Ambiente e Ordenamento da Universidade de Aveiro.

A descrição mais detalhada do método pode ser encontrada na dissertação “Emissões de carbono particulado durante a queima doméstica de biomassa” realizada por Vânia Martins (Martins, 2012).

De seguida está representado um exemplo de um termograma com cada fração de carbono identificada ao longo do mesmo:

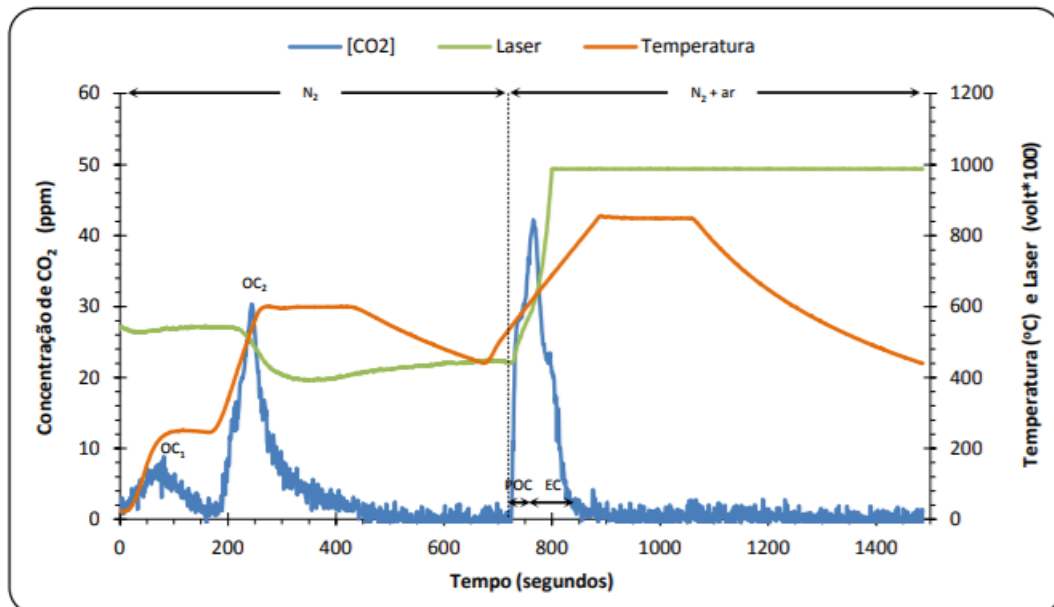


Figura 13 – Representação da evolução do CO₂, da temperatura e do sinal do laser ao longo de uma análise. (Fonte: Martins, 2012)

Para realizar as medições de poluentes presentes nos estabelecimentos utilizou-se um amostrador de gases portátil, o GrayWolf.

Este aparelho está equipado com uma sonda que mede as variáveis, temperatura e humidade relativa, os COV, CO₂ e CO. O tempo de aquisição das medições dos diferentes parâmetros de QAI variou de estabelecimento e os dados são descarregados e guardados num *pad*, que é a unidade do instrumento para iniciação da recolha de dados.

Este tipo equipamento apresenta diversas vantagens, nomeadamente: o facto de permitir analisar quantitativamente as substâncias, de forma direta e de evitar não só as análises laboratoriais, como também os problemas inerentes ao transporte e à conservação das amostras. As desvantagens mais relevantes são o custo elevado dos aparelhos e a necessidade de calibrações frequentes com misturas de concentração conhecida certificada para cada um dos gases.

A sonda foi colocada a cerca de 1,5 m do chão, respeitando as distâncias laterais estabelecidas recomendadas no manual técnico (Agência Portuguesa do Ambiente, 2015), na proximidade dos amostradores de partículas. Para cada parâmetro foram definidas as unidades de aquisição de acordo com o que melhor se ajustava a cada poluente (ppm, ppb e $\mu\text{g}\cdot\text{m}^3$).



Figura 14 - GrayWolf.

4.5- Resultados obtidos

Este tópico apresenta os resultados obtidos nas medições e as suas comparações com os valores de legislação definidos pela Portaria 353-A/2013 de 4 de dezembro. Primeiramente faz-se uma apresentação e uma discussão dos dados globais entre os estabelecimentos, onde se realizaram as medições, e se efetuou uma avaliação de relação de diversos dados como as PM₁₀, os COV, CO₂ e CO.

4.5.1- Resultados gerais da QAI nos estabelecimentos

Nas tabelas abaixo apresenta-se uma síntese das concentrações (média de 10 a 12 h) dos diferentes parâmetros interior e exterior registados em cada local.

- **Estabelecimento A:**

Tabela 15 – Concentração média de partículas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) e outros parâmetros estatísticos observados no período de atividade no estabelecimento A.

Estabelecimento A						
Parâmetros	Partículas	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	Desvio Padrão
PM ₁₀ - Tecora indoor	Massa	86.7	88.9	75.8	96.1	6.4
	OC	25.2	24.8	17.4	35.0	26.0
	EC	3.69	3.82	1.98	5.67	1.04
PM ₁₀ - Dusttrack indoor	Massa	84.0	77.5	72.7	98.6	10.2
PM _{2.5} - DustTrack indoor	Massa	77.8	70.7	67.1	90.6	10.1

Tabela 16 - Concentração média de CO₂, CO e COV e outros parâmetros estatísticos observados no período de atividade no estabelecimento A.

Estabelecimento A				
Parâmetros	Unidade	1º dia -Média	2º dia -Média	Média
COV	ppm	0.247	0.132	0.190
CO ₂	ppm	443	463	453
CO	ppm	1.60	1.85	1.72

- **Estabelecimento B:**

Tabela 17 - Concentração média de partículas (µg/m³) e outros parâmetros estatísticos observados no período de atividade no estabelecimento B.

Estabelecimento B						
Parâmetros	Partículas	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	Desvio Padrão
PM ₁₀ - Tecora indoor	Massa	89.8	80.4	61.1	130.4	30.8
	OC	27.3	22.5	18.9	42.9	8.2
	EC	3.28	3.66	2.36	3.84	0.59
PM ₁₀ - Tecora outdoor	Massa	30.9	23.4	19.3	52.4	12.1
	OC	8.09	9.12	5.27	10.35	2.17
	EC	2.15	2.29	1.81	2.49	0.27
PM ₁₀ - Dusttrack indoor	Massa	96.8	86.5	69.8	132.2	20.1
PM _{2.5} - DustTrack indoor	Massa	89.0	78.9	63.9	124.3	21.1
PM ₁₀ - Dusttrack outdoor	Massa	25.2	19.8	14.9	48.4	9.31
PM _{2.5} - Dusttrack outdoor	Massa	24.5	19.4	14.1	47.7	9.30

Tabela 18 - Concentração média de CO₂, CO e COV e outros parâmetros estatísticos observados no período de atividade no estabelecimento B.

Estabelecimento B				
Parâmetros	Unidade	1º dia -Média	2º dia -Média	Média
COV	ppm	0.155	0.147	0.151
CO ₂	ppm	509	502	505
CO	ppm	1.22	1.48	1.35

- **Estabelecimento C:**

Tabela 19 - Concentração média de partículas (µg/m³) e outros parâmetros estatísticos observados no período de atividade no estabelecimento C.

Estabelecimento C						
Parâmetros	Unidade	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	Desvio Padrão
PM ₁₀ - Tecora indoor	µg/m ³	65.5	64.7	54.2	77.1	9.84
PM ₁₀ - Tecora outdoor	µg/m ³	41.0	42.7	22.9	55.9	13.6
PM ₁₀ - Dusttrack indoor	µg/m ³	68.5	66.7	49.9	82.4	10.2
PM _{2.5} - DustTrack indoor	µg/m ³	64.6	62.5	46.8	77.7	9.63

Tabela 20 - Concentração média de CO₂, CO e COV e outros parâmetros estatísticos observados no período de atividade no estabelecimento C.

Estabelecimento C				
Parâmetros	Unidade	1º dia - Média	2º dia - Média	Média
COV	ppm	0.327	0.613	0.470
CO ₂	ppm	436	528	482
CO	ppm	5.58	12.54	9.06

Com base nos dados apresentados nas tabelas acima à exceção das concentrações de PM₁₀ em todos os estabelecimentos e dos compostos orgânicos voláteis e monóxido de carbono no estabelecimento C, as concentrações de referência constantes na Portaria 353-A de 2013 não foram excedidas em nenhum dos estabelecimentos avaliados. Quanto às PM₁₀, a concentração de referência de 50 µg/m³ reportada neste trabalho para o período de ocupação foi excedida todos os dias nos três estabelecimentos, embora não tenha sido ultrapassado o limite de tolerância (100 µg/m³) em dois dos estabelecimentos. No estabelecimento B o limite de tolerância aplicado a PM₁₀ foi ultrapassado em dois dos cinco dias monitorados. O uso do amostrador de partículas DustTrack permitiu também avaliar a concentração de partículas menores que 2,5 µm, podendo-se concluir que estas representam mais de 90% da massa de PM₁₀ nos diferentes estabelecimentos.

O contributo das fontes interiores para PM₁₀ nos três estabelecimentos é significativo, principalmente no estabelecimento B. Tendo em consideração a concentração de PM₁₀ registada no exterior para o mesmo período de medição da concentração no interior, o estabelecimento B evidencia um maior enriquecimento de material particulado, rácio PM_{10in} /PM_{10out} entre 2,5 a 4,2, o que poderá ser justificado pela maior intensidade e magnitude da fonte de combustão deste. Este aumento é também corroborado pelo material carbonoso, carbono total presente nas PM₁₀ medido no estabelecimento B. Neste estabelecimento, onde foi já possível concluir as análises e quantificação do material carbonoso presente na matéria particulada, verifica-se que a concentração da matéria orgânica no interior do estabelecimento quase quadruplica em relação à concentração observada no exterior. Também se verifica um aumento na concentração de carbono elementar, EC, no interior, mas o aumento não é tão expressivo. Tendo em consideração o contributo da matéria carbonosa (OCx1,4 + EC) para a massa de partículas no estabelecimento B, 46% no interior e 43% no exterior, podemos concluir que as fontes interiores também geram uma quantidade significativa de material particulado inorgânico.

Nas figuras 15 e 16 apresentam-se as concentrações de PM₁₀ e fração carbonosa ao longo da semana em cada um dos estabelecimentos.

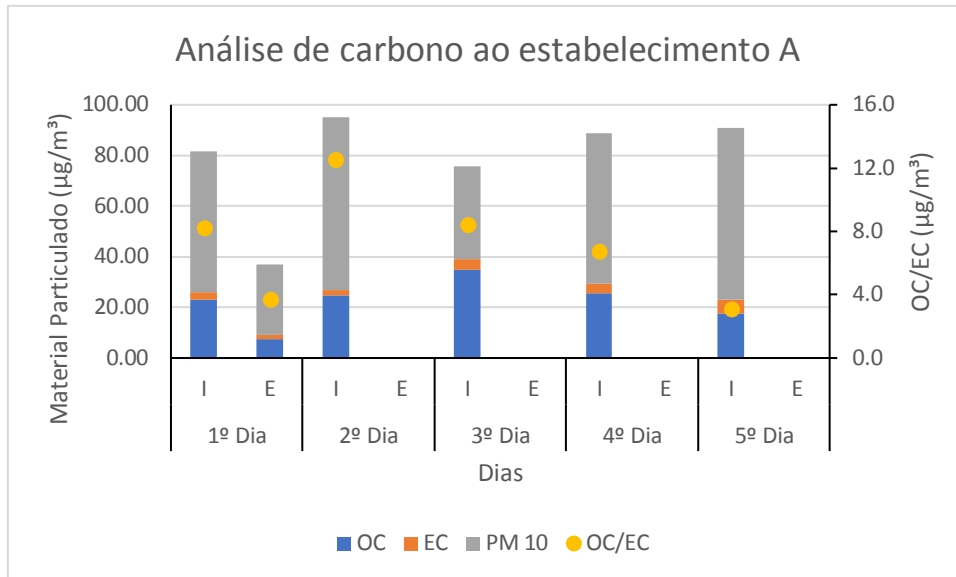


Figura 15 - Variação das concentrações de PM₁₀, OC e EC no interior e exterior estabelecimento A.

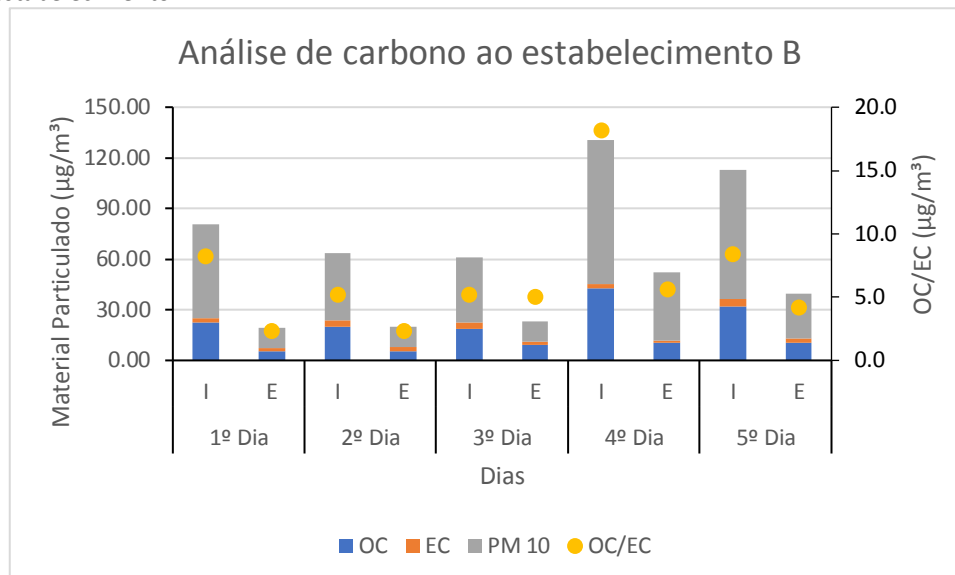


Figura 16 - Variação das concentrações de PM₁₀, OC e EC no interior e exterior estabelecimento B.

Nos filtros amostrados no exterior, estabelecimento B, pode-se observar que as concentrações de partículas não são muito altas nos três primeiros dias devido ao clima chuvoso nesse período. Nos últimos dois dias, observou-se uma melhoria do tempo e a proximidade a uma via de tráfego intenso, contribuiriam para o aumento significativo das concentrações de PM₁₀ no exterior.

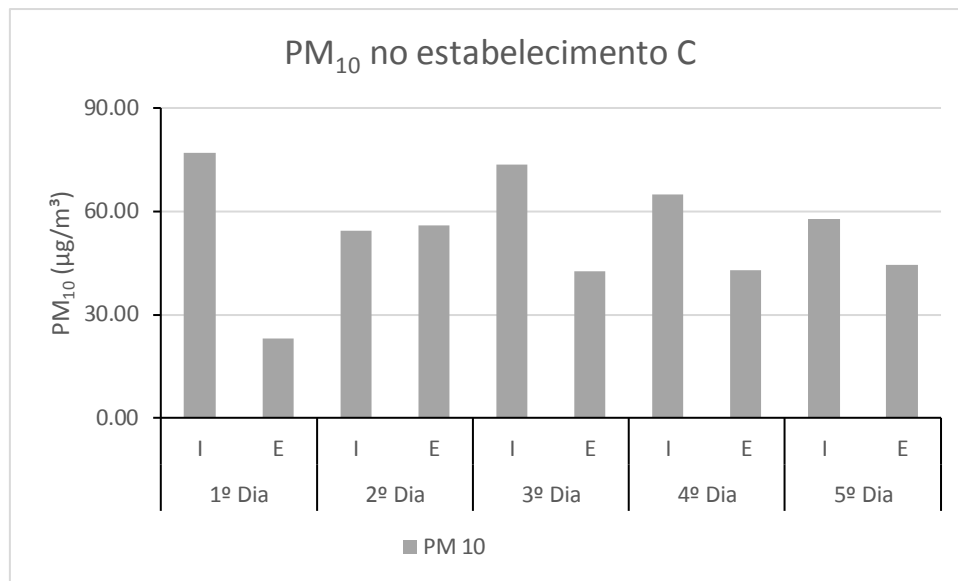


Figura 17 - Variação da concentração de PM₁₀ no interior e exterior estabelecimento C.

Uma avaria do sistema de análise termo-óptico usado para a quantificação de carbono, impediu que se apresente resultados deste componente de PM₁₀ para o estabelecimento C. Os rácios PM_{10in}/PM_{10out} neste estabelecimento, foram menos acentuados do que o observado no estabelecimento B.

Outros fatores, para além das atividades relacionadas com a confeção de alimentos, que podem também estar associados ao enriquecimento de partículas em suspensão no interior dos estabelecimentos e explicar a diferença dos valores do rácio, PM₁₀ interior/PM₁₀ exterior, podem incluir a distância do amostrador à fonte de combustão, as condições de ventilação e circulação do ar no espaço, assim como o número de ocupantes ao longo do dia.

Quanto aos valores de concentração de gases poluentes verifica-se que os estabelecimentos A e B, no primeiro dia e segundo dia, são semelhantes. O estabelecimento C é o que revela em média valores um pouco mais elevados nos dois dias. Este estabelecimento situa-se junto a uma via de tráfego intenso, podendo a qualidade do ar exterior sobrepor-se mais acentuadamente do que nos outros dois estabelecimentos, visto os poluentes medidos serem igualmente partilhados entre as potenciais fontes internas (fogão e grelhador) e externas (tráfego).

Em suma, como foi referido anteriormente, todos os estabelecimentos apresentam valores de PM₁₀ superiores aos que estão presentes na Portaria 353-A/2013 que é de 50 µg/m³. Quanto aos gases poluentes os estabelecimentos A e B apresentam valores inferiores aos que estão estipulados na Portaria, que são para COV de 0.6 ppm, CO₂ de 1250 ppm e CO de 9 ppm. O estabelecimento C apresenta um valor próximo do limite no monóxido de carbono que é de 9.06 ppm e de compostos orgânicos voláteis de 0.5 ppm, enquanto o dióxido de carbono está abaixo do limite.

4.5.2- Variação da concentração de gases nos GrayWolf.

De modo a perceber melhor o contributo da atividade nos estabelecimentos avaliados para a qualidade do ar interior nestes locais, apresentam-se de seguida os resultados da monitorização

em contínuo de CO₂, CO, COV e PM₁₀ realizadas com os amostradores GrayWolf (2 dias) e DustTrack (5 dias). Os períodos de serviço de refeições, almoço e jantar, estão destacados a cinzento em cada um dos gráficos assim como para cada poluente a respetiva concentração “valor limite” de referência.

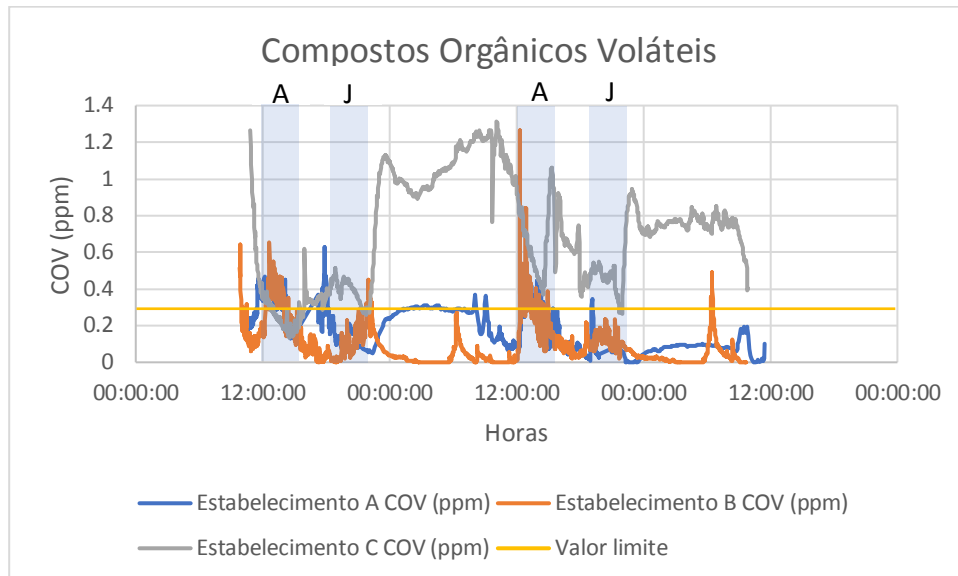


Figura 18 - Compostos Orgânicos Voláteis presentes nos estabelecimentos A, B e C.

Legenda:

- A – Almoço;
- J – Jantar;

Os dois primeiros estabelecimentos de restauração, A e B, apresentam uma variação idêntica e inferior ao valor limite da legislação para os COV, já o terceiro apresenta valores de concentração bastante elevados, principalmente durante a noite, fora do período de ocupação. No estabelecimento C, no segundo dia de monitorização observou-se um aumento significativo entre as 14-18 h. Uma possível explicação para o facto pode ser a paragem do sistema de extração associada à tiragem de gases pela chaminé e a permanência de carvão/cinzas no grelhador. O estabelecimento A também apresenta um comportamento análogo, com aumento da concentração de COV a partir sensivelmente das 22:00, mas devido à sua maior volumetria não se atingem concentrações tão elevadas como no estabelecimento C. Por sua vez no estabelecimento B este fenómeno não é observado o que pode ser explicado pelo facto de no final do dia de atividade procederem regularmente à remoção dos restos de carvão e cinzas do grelhador. Apesar do sistema de exaustão estar em funcionamento durante o período de maior atividade no grelhador (informação prestada pelos funcionários) observa-se que as concentrações de COV acompanham o ritmo de atividade nos períodos de almoço e jantar nos três estabelecimentos.

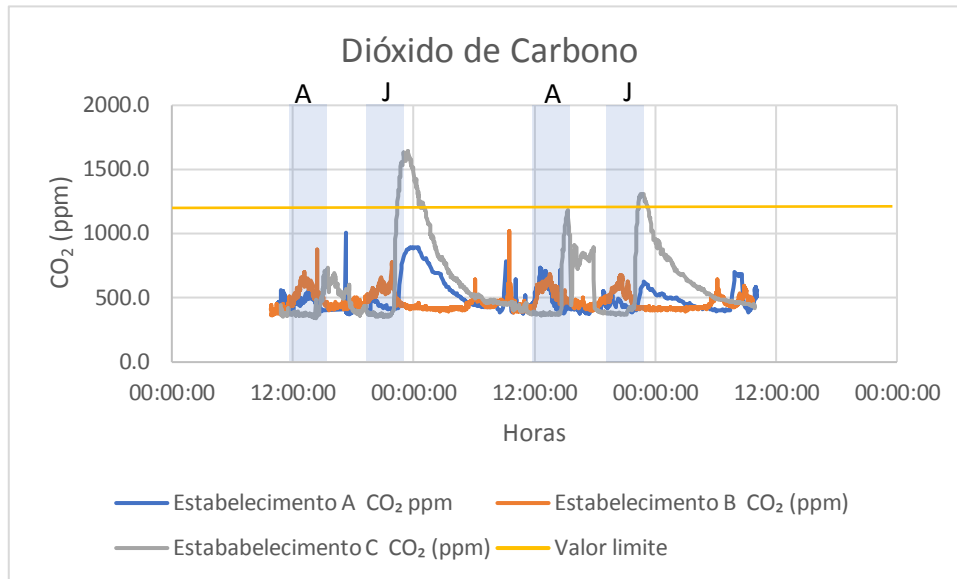


Figura 19 - Dióxido de carbono presentes nos estabelecimentos A, B e C.

Legenda:

- A – Almoço;
- J – Jantar;

Quanto ao CO_2 , os três estabelecimentos durante o período de atividade não excedem o valor de referência (1250 ppm, média de 8 horas). De novo os estabelecimentos A e C registam um aumento significativo após o horário de encerramento, onde este aumento é mais significativo no estabelecimento C. Durante o período característico de serviço de refeições os picos de concentração de dióxido de carbono variam um pouco de estabelecimento, e a intensidade de pico à noite tende a ser menor do que ao almoço nos estabelecimentos A e C. No estabelecimento B o padrão de variação de CO_2 ao almoço e jantar é semelhante. Sendo o CO_2 um gás característico do metabolismo humano, o padrão de variação da concentração deste nos estabelecimentos também será influenciado pelo nº de pessoas presentes no interior dos estabelecimentos e caudal de renovação de ar. Atendendo a que nos dias de monitorização todos os estabelecimentos têm como sistema de renovação de ar a ventilação natural e o funcionamento do extrator da chaminé, é espectável que à noite haja tendência para ter a porta do estabelecimento fechada por períodos maiores por causa do arrefecimento. Este efeito pode ter sido mais significativo aquando das medições no estabelecimento B, assim como ao nº e tipo de clientes que procuram o serviço (refeição no local vs refeição para casa por exemplo).

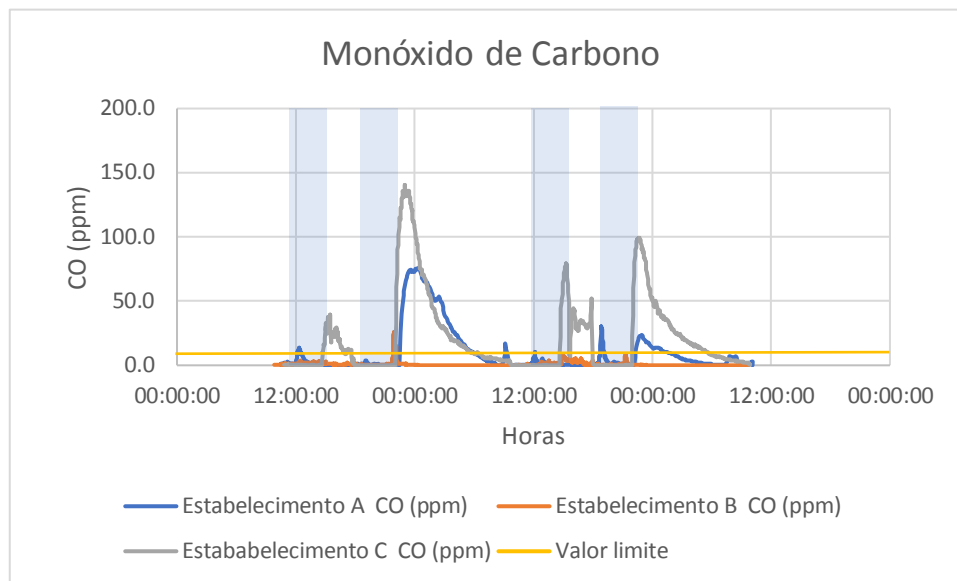


Figura 20 - Monóxido de carbono presentes nos estabelecimentos A, B e C.

Legenda:

- A – Almoço;
- J – Jantar

Em relação ao CO, os estabelecimentos A e C apresentam de novo um comportamento semelhante com paralelismo ao que foi reportado para o CO₂ e COV. Embora a concentração de CO de referência seja ultrapassada, durante o período noturno nestes dois estabelecimentos, apenas no estabelecimento C se observa excedência nos dias de monitorização. O estabelecimento B apresenta regularmente concentrações baixas de CO ao longo de todo o período, melhores práticas de operação do grelhador assim como o tipo de alimentos aí preparados poderão explicar os valores de concentração de CO aqui registadas.

4.5.3– Variação da concentração de PM₁₀ nos Estabelecimentos.

Antes de se passar à análise e interpretação dos padrões de variação da concentração de PM₁₀ ao longo do dia nos estabelecimentos, é feita uma análise ao desempenho do amostrador de PM₁₀ usado, DustTrack, em relação ao método de referência gravimétrico que tem como limitação a impossibilidade da sua aplicação a períodos de amostragem de curta duração. Por conseguinte a partir das concentrações médias de um minuto fornecidas pelo amostrador contínuo, DustTrack, calcularam-se as concentrações médias para os mesmos períodos dos filtros amostrados com o amostrador TCR-Tecora. Na tabela 21 apresentam-se os pares de valores obtidos pelos dois métodos nos três estabelecimentos. De modo a permitir uma leitura mais rápida do desempenho

do DustTrack em relação ao método gravimétrico os dados da tabela 21 são apresentados graficamente na figura 21.

Tabela 21 - Comparação das concentrações médias no período de ocupação de PM₁₀ pelo método gravimétrico (Tecora) e pelo método ótico (DustTrack).

	Dia	PM ₁₀ (µg/m ³) - Tecora	PM ₁₀ (µg/m ³) - DustTrack
Estabelecimento A	1	81.60	77.47
	2	96.06	98.65
	3	75.80	76.28
	4	88.91	72.74
	5	90.89	94.67
Estabelecimento B	1	80.44	83.82
	2	63.73	86.54
	3	61.10	69.85
	4	130.44	111.53
	5	113.17	132.19
Estabelecimento C	1	77.10	80.03
	2	54.24	49.91
	3	73.62	82.36
	4	64.73	66.71
	5	57.78	63.36

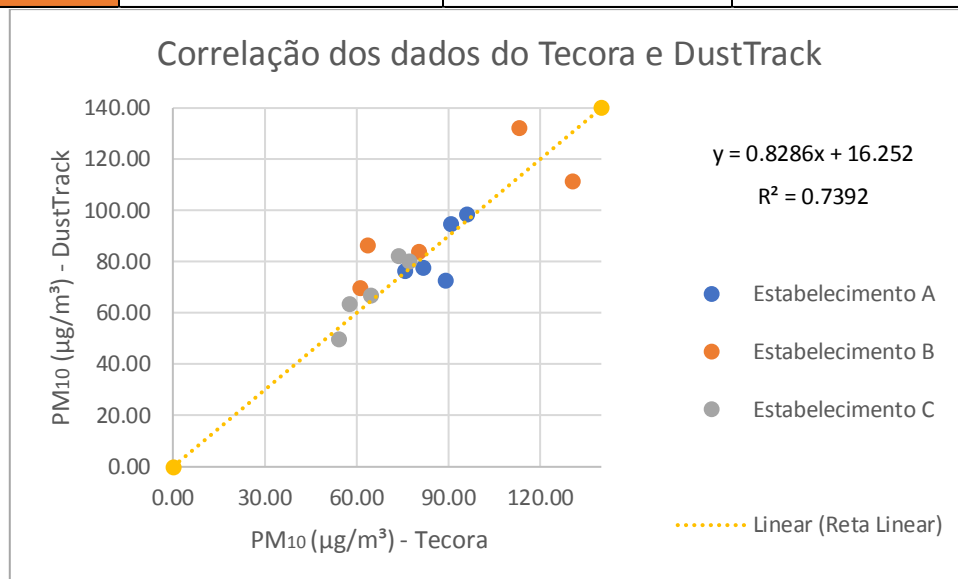


Figura 21 - Correlação dos dados do Tecora e DustTrack.

Pela observação da tabela e do gráfico pode-se concluir que os valores de PM₁₀, do Tecora e do DustTrack, globalmente apresentam uma boa concordância, embora se tenha observado uma maior dispersão de valores no estabelecimento B. Nos estabelecimentos A e C os dados obtidos, tanto no método gravimétrico como no método ótico, foram semelhantes, o que indica um bom funcionamento destes mesmos. Atendendo a que o DustTrack apresenta uma boa concordância com o método gravimétrico, cria maior confiança na discussão que se segue sobre a variação de PM₁₀ com resolução temporal de 1 minuto.

De seguida, está representada a variação do tempo das PM₁₀ no estabelecimento A, B e C

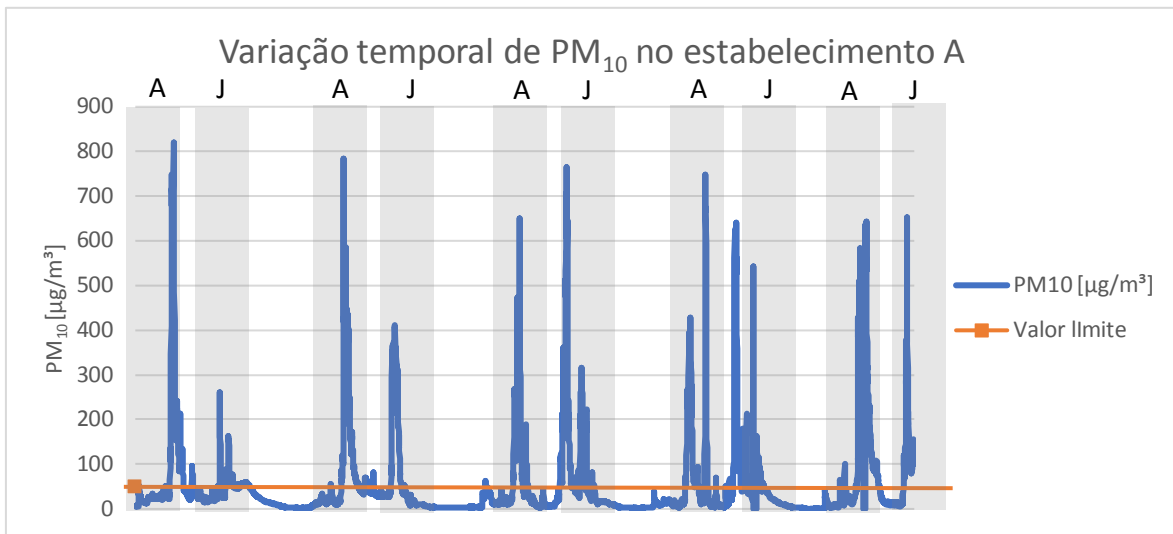


Figura 23 - Variação temporal de PM₁₀ no estabelecimento A.

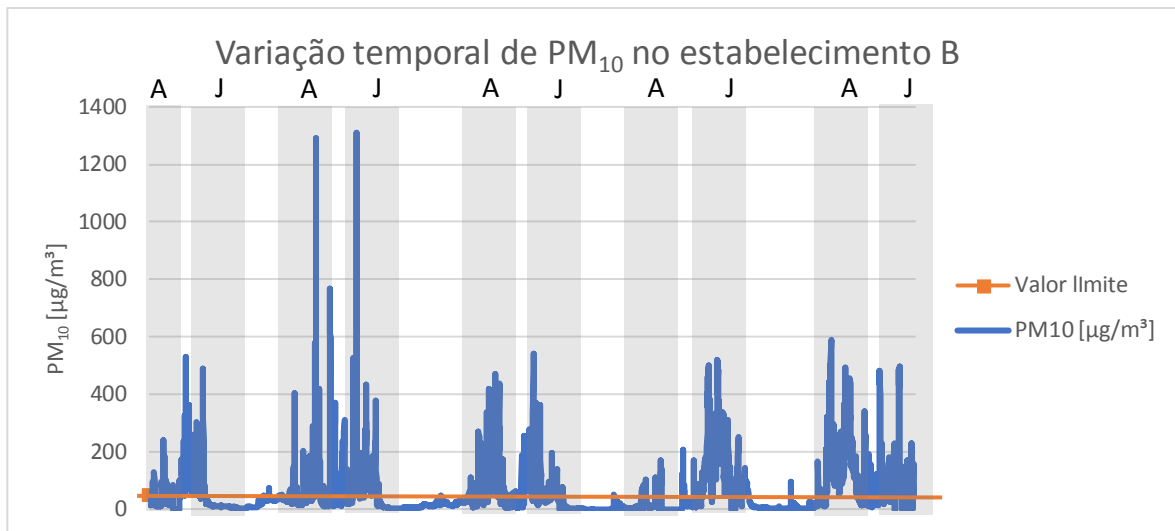


Figura 22 - Variação temporal de PM₁₀ no estabelecimento B.

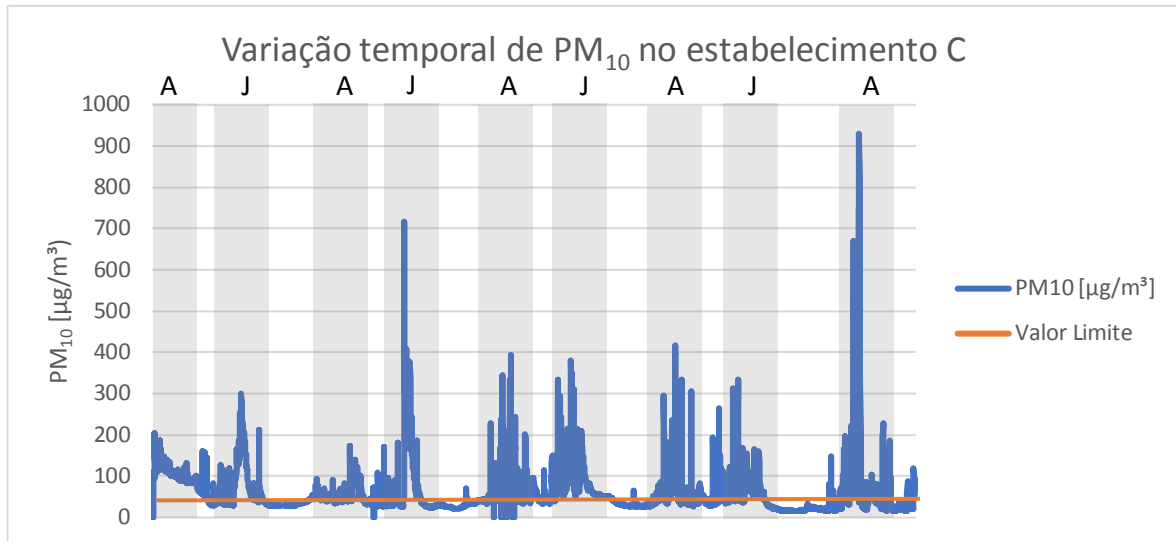


Figura 24 - Variação temporal de PM₁₀ no estabelecimento C.

Legenda:

- A – Almoço;
- J – Jantar;

Pelos gráficos de variação temporal, nos três estabelecimentos observou-se que os períodos de maiores concentrações de partículas acontecem aquando da colocação de carvão e da confeção de refeições. A concentração de PM₁₀ varia conforme o número de refeições produzidas, pela eficiência do sistema de ventilação e pelas entradas de ar no estabelecimento.

No período de almoço as concentrações de PM₁₀ nos estabelecimentos B e C apresentaram valores médios de 130 µg/m³, quase três vezes acima do valor recomendado. No estabelecimento A obteve-se valores mais elevados de 200 µg/m³, quatro vezes superior ao valor recomendado. Durante o jantar os estabelecimentos A e C apresentaram valores de 90 µg/m³, enquanto o estabelecimento B os valores obtidos foram de 135 µg/m³. Pode-se concluir que, tanto ao almoço como ao jantar, o estabelecimento B apresenta valores parecidos. Isto pode se dever ao estabelecimento ter um número semelhante de refeições produzidas, enquanto o A e o C têm uma menor confeções de alimentos durante o jantar.

5- Conclusão

O presente relatório de estágio focou-se na exposição profissional a partículas, conforto/stress térmico e na avaliação da qualidade do ar interior em estabelecimento de restauração com grelhador.

O ambiente de trabalho envolve todo e qualquer espaço que o trabalhador ocupa durante a elaboração de suas tarefas, podendo, neste ambiente, conter riscos e/ou perigos para os trabalhadores. A saúde do colaborador está diretamente relacionada com um ambiente saudável, pois ambos sofrem os efeitos dos agentes precursores de problemas, tanto no local de trabalho como ao redor da fonte.

Em relação à exposição do trabalhador a partículas respiráveis e inaláveis observou-se que todas as amostras realizadas nos dois estabelecimentos apresentaram valores inferiores aos recomendados pela NP 1796:2014.

No que se refere ao conforto térmico e segundo a ISSO 7730/2005, para a atividade de restauração os valores de referência da temperatura estão em $24,5^{\circ}\text{C} \pm 2,5^{\circ}\text{C}$ e da humidade a 60%. Assim sendo, e de acordo com esta norma, os valores que se observaram nos dois estabelecimentos são muito superiores aos valores de referência, o que indica de forma imediata, que os trabalhadores estão em desconforto térmico ou stress térmico.

No âmbito de avaliar a qualidade de ar interior, nos três estabelecimentos, verificou-se que as partículas, medidas pelo método gravimétrico com o amostrador Tecora e pelo DustTrack, excederam sempre os valores recomendados na Portaria n.º 353-A/2013. A relação entre os dois métodos permitiu o conhecimento detalhado da variação temporal da concentração de partículas, pelo que é uma preciosa ajuda na avaliação da qualidade do ar interior e exposição da população, assim como na avaliação do impacto de fontes e tomada de medidas para a melhoria da qualidade do ar interior. As concentrações de PM_{10} variam de estabelecimento para estabelecimento dependendo, por exemplo, da eficiência dos exaustores aquando da confeção dos alimentos e colocação do carvão e da circulação do ar no espaço. Pelo gráfico de variação de tempo, do DustTrack, consegue-se observar que os valores das concentrações de PM_{10} aumentam durante os períodos de almoço e jantar.

No estabelecimento B verifica-se que a quantidade de matéria orgânica no interior do estabelecimento quase quadruplica em relação à concentração observada no exterior. No mesmo estabelecimento, podemos concluir que as fontes interiores também geram uma quantidade significativa de material particulado inorgânico.

Quanto aos gases poluentes, como os COV, CO_2 e CO, os dois primeiros estabelecimentos apresentavam valores muito idênticos e abaixo dos valores recomendados pela Portaria n.º 353-A/2013. Em relação aos COV e ao CO, no terceiro estabelecimento, a razão que pode explicar os valores elevados é uma menor eficiência no sistema de ventilação, o modo de operação do grelhador e às limpezas realizadas nas bancas e nas grelhas, antes e depois da produção de refeições.

Ao realizar este relatório estágio, consegue-se perceber que o setor da área de restauração ainda é um setor que pode ser trabalhado e melhorado, por conter problemas como a exposição do trabalhador a partículas e a temperaturas bastante elevadas. As medidas preventivas e recomendações aos trabalhadores podem ser instrumentos muito importantes para o



melhoramento do local, mas é de esperar que, por ser mais uma área de churrasco, a diminuição da temperatura do local ou dos outros parâmetros seja quase impossível de se realizar.

Em anexo vão algumas recomendações de modo que permita o proprietário melhorar as condições do estabelecimento tanto ao nível de conforto térmico como ao nível de qualidade de ar interior.

- Considerações ao estágio:

O estágio realizado na Envienergy permitiu realizar outros trabalhos como a exposição ao amianto, trabalho laboratorial, onde se conheceu as normas relacionadas com o trabalho de laboratório, e ajuda na realização de alguns relatórios de iluminância. O estágio permitiu compreender como funciona uma empresa, os seus métodos de trabalho e a nível pessoal ter uma maior responsabilidade por aquilo que se está a realizar.

6- Bibliografia

- Afonso, J., Pio, C., Oliveira, T. (2004). *“Avaliação da Determinação de Carbono Orgânico e Carbono Negro por um Método Termo Ótico”*. Departamento do Ambiente e Ordenamento, Universidade de Aveiro, Aveiro.
- Agência Portuguesa do Ambiente (2009). *“Qualidade do Ar em Espaços Interiores – Um Guia Técnico”*. Amadora, Portugal.
- Agência Portuguesa do Ambiente (2015). *“Metodologia de avaliação da qualidade do ar interior em edifícios de comércio (QAI_1.0).”*
- Baptista, F. (2011). *“Ventilação de Cozinhas Profissionais (Ambiente Térmico e Qualidade do Ar).”* Tese de Mestrado em Engenharia Mecânica na área de Energia e Ambiente, Departamento de Engenharia Mecânica, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, Coimbra.
- Carneiro, P. (2012). *“Condições Térmicas e Qualidade do Ar em Cozinhas Profissionais.”* Tese de Mestrado em Engenharia Mecânica na área de Energia e Ambiente, Departamento de Engenharia Mecânica, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, Coimbra.
- Costa, C. (2011). *“Estudo da Qualidade do Ar Interior num edifício departamental da UC.”* Tese de Mestrado em Engenharia do Ambiente, Departamento de Ambiente, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, Coimbra.
- Decreto-Lei n.º 118/2013 de 20 agosto - aprova o sistema de certificação energética dos edifícios, o regulamento de desempenho energético dos edifícios de habitação e o regulamento de desempenho energético dos edifícios de comércio e serviços.
- Decreto-Lei n.º 10/2015 de 16 de janeiro - regime jurídico de acesso e exercícios de atividade de comércio, serviços e restauração.
- EN 12341:1998 *Ambient air quality – “Determination of the PM₁₀ fraction of suspended particulate matter - Reference method and field test procedure to demonstrate reference of equivalence of measurement methods.”* CEN European Committee for Standardization, Brussels, Belgium.
- EPA (2009). *“Indoor air quality tools for schools – Reference Guide.”*
- Halton (2007). *“Kitchen design guide”*. Design fundamentals, 8p. England.



- Hudson, Joel et al. (2003). *“Heat Stress Control and Casually Management -Technical Bulletin”*. Headquarters Department of the Army and Air Force, Washington.
- ISO 7730/2005 – Ambientes térmicos moderados - *“Determinação do índice PMV e especificações de conforto térmico.”* CEN European Committee for Standardization, Brussels, Belgium.
- ISO 7243/1989 – Ambientes quentes – *“Estimativa do stress por calor sobre o trabalhador, baseado no WGBT.”* CEN European Committee for Standardization, Brussels, Belgium.
- Jones AP (1999). *“Indoor air quality and health”*. Atmospheric Environment. 33: 4535-4564.
- Lamberts.R, Xavier.A, Goulart.S.(2008). *“Conforto e stress térmico”*. Laboratório de Eficiência Energética em Edificações, Universidade federal de Santa Catarina, centro tecnológico do de departamento de engenharia civil.
- Lei n.º 102/2009 de 10 de setembro - Regime jurídico da promoção da segurança e saúde no trabalho.
- Martins, V. I. F. (2012). *“Emissões de carbono particulado durante a queima doméstica de biomassa”*. Dissertação de mestrado, Universidade de Aveiro, Aveiro.
- Meles, B. A. (2012). *“Ergonomia Industrial e Conforto Térmico em postos de trabalho.”* Dissertação de mestrado, Universidade de Aveiro, Aveiro.
- Monteiro, V. (2009). *“Sistemas de ventilação em cozinhas profissionais”*, INFTURCoimbra Escola de Hotelaria e Turismo de Coimbra.
- NIOSH 0500 – *“Particulates not otherwise regulated, total”*. National Institute for Occupational Safety and Health.
- NIOSH 0600 – *“Particulates not otherwise regulated, respirable”*. National Institute for Occupational Safety and Health.
- NP 1796:2014 – Norma Portuguesa – *“Segurança e Saúde no Trabalho: Valores-limites e índices biológicos de exposição profissional e agentes químicos.”*
- Oliveira, Avelino. (1998). *“Avaliação De Condições De Trabalho Em Sectores De Atividade Com Elevada Exposição Ao Calor”*. Dissertação para Mestrado em Ciências de Engenharia Mecânica, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, Coimbra.

- Organização Internacional do Trabalho. (2009). *“Introdução à saúde e segurança no trabalho.”*
- Petzold, A. e Niessner, R. (1995). *“Method comparison study on soot-selective techniques.”* Institute of Hydrochemistry, Technical University of Munich.
- Pio C., Cerqueira M., Harrison R.M., Nunes T., Mirante F., Alves C., Oliveira C., Sanchez de la Campa A., Artiñano B., Matos M. (2011). *“OC/EC Ratio Observations in Europe: Rethinking the approach for apportionment between primary and secondary organic carbon.”* In: Personal Details. Atmospheric Environment. 45, 6121-6132.
- Quintela, D. (2009). *“Condições de trabalho em cozinhas profissionais – Avaliar e melhorar”.* Departamento de Engenharia Mecânica, Faculdade de Ciências e Tecnologias de Universidade de Coimbra, Coimbra.
- Raciús. Base dados da empresa. Acedido em 01/07/2018. <https://www.raciús.com/base-de-dados/>
- Rafael Zini Ouriques, Lidiane Bittencourt Barroso, Delmira Beatriz Wolff. (2015). *“Poeira no ambiente de trabalho e efeitos no organismo”.* Centro Universitário Franciscano.
- Rodrigues. (2007). *“Conforto e Stress térmico: uma Avaliação em Ambiente Laboral.”* Dissertação de mestrado, Universidade de Aveiro, Aveiro.
- Seinfeld, J. e Pandis, S. (1998). *“Atmospheric Chemistry and Physics – From Air Pollution to Climate Change.”* John Wiley & Sons, New York, NY.
- Sousa, Jerónimo. (2005). *“Acidentes de Trabalho e Doenças Profissionais em Portugal – Riscos Profissionais: Factores e Desafios.”* Centro de Reabilitação Profissional de Gaia, Arcozelo.

Anexo I – Caracterização no sector da área de restauração em Aveiro

Na caracterização do setor de restauração em Aveiro realizou-se visitas a estabelecimentos, numa certa área, onde foi retirado alguns indicadores que estão descritos na tabela 24.

Tabela 22 - Número de restaurantes visitados na área de estudo.

Tipo de estabelecimentos	Nº de restaurantes
Hotéis	3
Chinês	4
Indiano	1
Italiano	5
Japonês	4
Macrobiótico	2
Cervejaria	3
Convencional	32

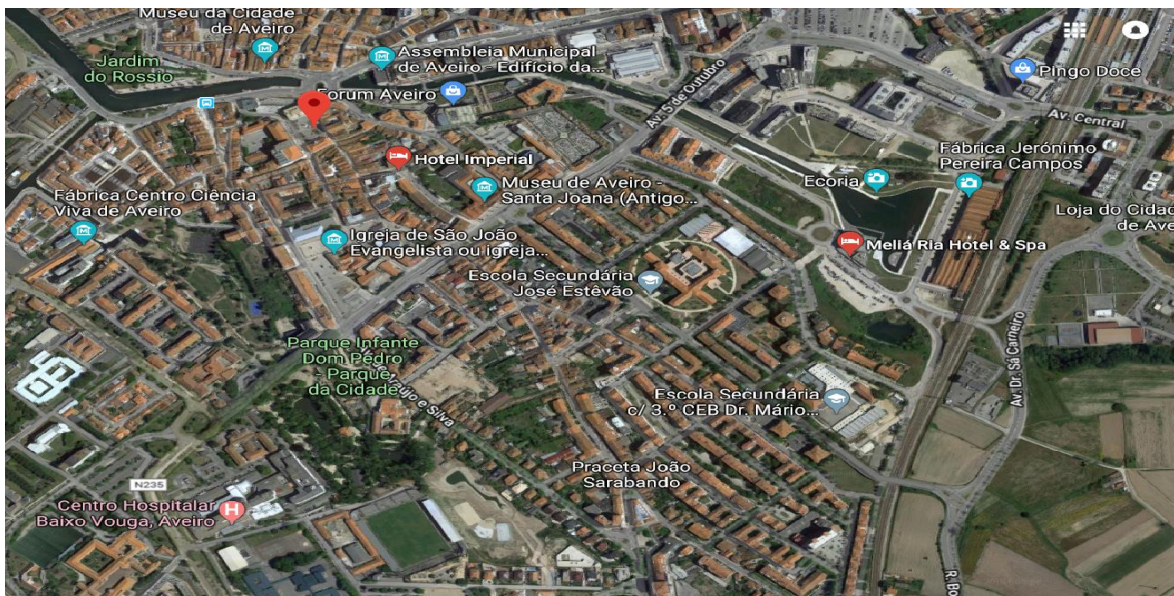


Figura 25 - Área de estudo.

Tabela 23 – Indicadores.

Localização em Aveiro	Glória/Vera-Cruz
Número de restaurantes visitados	54
Número de restaurantes com churrasqueira	16
Número de restaurantes com mini- churrasqueira	10
Nº médio de exaustores por churrasqueira	2
Nº médio de trabalhadores na grelha por churrasqueira	2
Tipo de carvão utilizado	Vegetal
Horário de trabalho	10h-23h



Anexo II – Recomendações ao estabelecimento e trabalhadores

Este relatório de estágio permitiu determinar algumas medidas a implementar de forma a melhorar o ambiente térmico e qualidade do ar interior nos estabelecimentos em questão, de modo que os trabalhadores e os clientes tenham um ambiente saudável.

Em relação às medidas sugeridas ao estabelecimento, ao nível do calor e do conforto térmico o estabelecimento deve evitar a compra de novos equipamentos de confeção que exponha os trabalhadores a temperaturas muito altas. A redução de calor pode ser alcançada ao nível de equipamentos de indução e através de um sistema de climatização por deslocamento, para que o ar introduzido ao nível do chão possa baixar a temperatura sentida no local.

Ao nível da qualidade do ar requer-se uma ventilação adequada dos espaços. Uma boa estratégia seria implementar sistemas de ventilação mistos (híbridos), recorrendo à combinação das forças naturais e dos sistemas mecânicos. Esta combinação pode ser efetuada quando:

- O sistema de ventilação mecânica trabalha ao mesmo tempo que as janelas abertas do mesmo espaço;
- O sistema de ventilação mecânica trabalha alternadamente com a ventilação natural das janelas;
- O sistema de ventilação mecânica existe num espaço, enquanto a ventilação natural existe noutro.

A ventilação surge como uma medida preventiva para o controlo da qualidade do ar interior, devendo ser utilizada nas zonas ditas como as principais fontes de poluição. Atualmente, existem dois métodos de ventilação que podem ser usados nos estabelecimentos:

- Ventilação geral – traz ar do exterior para o interior do estabelecimento, promovendo a sua circulação do ar por todo o local e onde expulsa o ar “sujo” para o exterior. Este método remove os poluentes do ar interior, reduzindo os contaminantes e melhorando a QAI.
- Ventilação localizada – realiza-se por exaustores, removendo o excesso de humidade e poluentes impedindo que se espalham pelo estabelecimento.

Para que este sistema seja bem dimensionado importa fazer um estudo aprofundado da solução mais viável tendo em conta as várias variáveis em questão, nomeadamente as desvantagens da ventilação natural: ruído exterior, poeiras, correntes de ar e excessos de humidade.

Nas medidas sugeridas aos trabalhadores, os estabelecimentos são obrigados a assegurar as condições de segurança e saúde em todos os aspetos do seu trabalho. Desta forma, o empregador deve garantir que o trabalhador não está exposto a nenhum dos fatores de risco. Uma das medidas que podem ser colocadas ao nível da exposição do trabalhador a partículas e ao calor são os períodos de repouso em zonas mais frescas para evitar o stress térmico, a exposição a agentes químico e devem ter o cuidado de beber água com frequência e em pequenas quantidades, de modo a assegurar maior produtividade e atenção no seu posto de trabalho. Também deve ser fornecida roupa fresca, confortável e transpirável para que exista a circulação de ar e a evaporação de suor. Por fim, deve-se considerar os fatores de ordem individual, como a idade (maior risco quanto mais idade), o sexo (mulheres mais vulneráveis nos pés e nas mãos), condição física, alimentação, problemas de circulação arterial e outros.