

Ventilação em Blocos Habitacionais: Qualidade do ar e economia energética

Comparação entre sistemas de extração centralizados e independentes

João Henrique da Cunha Vaz

Relatório da Dissertação do MIEM

Orientador na FEUP: Professor Doutor Eduardo Oliveira Fernandes

Co-orientador: Doutor Hugo Santos



FEUP

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica

Setembro de 2012

Aos meus pais, irmã e avós

Resumo

Numa primeira abordagem à presente dissertação é abordada a questão da energia onde se compreendem quais as fontes de energia primária que se utilizam, repartição pelos diversos setores e previsão da sua utilização. Interligando esta questão à temática da extração de forma a tentar obter o menor consumo energético, a abordagem inicial passa pela descrição da evolução deste tipo de sistemas até aos dias de hoje. Partindo do princípio de dois tipos de sistemas de extração, centralizados e independentes, pretende-se compreender qual o impacto energético da introdução destes dois tipos de sistemas, garantido sempre uma renovação de ar adequada de forma que seja garantida a qualidade do ar interior para uma dada fração autónoma. A abordagem adotada passa por uma análise inicial ao comportamento da temperatura exterior da cidade do Porto, cidade de base para o desenvolvimento desta dissertação. Posteriormente é determinado o número de graus-dias de aquecimento considerando uma temperatura interior de referência 15°C. Posto isto, é definida a estação de aquecimento uma vez que é nesta situação que se pretende analisar o impacto energético dos sistemas de extração. Para obter os valores necessários, a metodologia adotada passa pela determinação das necessidades de aquecimento devido às perdas de calor por renovação de ar. De forma a tornar o estudo mais próximo com a realidade são criados perfis de funcionamento dos extratores numa perspetiva de tentar enquadrar os hábitos diários dos ocupantes de uma dada fração autónoma. São considerados cinco cenários de extração centralizada, designados por MC, sendo um deles obtido pelo “Método do Ramal Crítico”, e um cenário de extração independente, MI. Posteriormente são determinados os consumos de eletricidade associados aos ventiladores de extração. De forma a ter uma base de comparação, foram determinadas as necessidades de aquecimento por renovação de ar de forma natural, ou seja quando não se considera qualquer tipo de sistema de extração ligado. Para as taxas de infiltração de 0,2 h⁻¹, 0,4 h⁻¹, 0,6 h⁻¹ e 1,0 h⁻¹, a obtenção destes valores permitirá compreender qual o impacto energético da introdução dos sistemas mecânicos de extração. Depois são determinados os custos associados quer das necessidades de aquecimento, bem como os custos associados ao consumo elétrico dos ventiladores. O cenário MI consegue obter um menor impacto para todas as taxas de infiltração assim como renovações por hora mais económicas: 8 kWh/m² e taxa de renovação de ar de 0,4 h⁻¹ para taxa de infiltração de 0,2 h⁻¹; 11,3 kWh/m² e taxa de renovação de ar de 0,6 h⁻¹ e taxa de infiltração de 0,4 h⁻¹; 14,7 kWh/m² e taxa de renovação de ar de 0,7 h⁻¹ e infiltrações de 0,6 h⁻¹ e 21,7 kWh/m² e 1,1 h⁻¹ de renovação de ar total em taxa de infiltração de ar 1,0 h⁻¹. O mesmo se passa nos custos totais, são mais reduzidos: 36,30 €/ano em 0,2 h⁻¹; 32,13 €/ano em 0,4 h⁻¹; 29,75 €/ano em 0,6 h⁻¹ e 24,99 €/ano em 1,0 h⁻¹.

Ventilation in Residential Blocks: Air quality and energy saving

Abstract

The first approach to this thesis is to address the issue of energy, what are the primary energy sources usually used, distribution in every sectors and forecast of its use. Linking this issue to the topic of extraction in order to try to achieve the lowest power consumption, the initial approach involves the description of the evolution of such systems until today. Assuming two types of extraction systems, centralized and independent, the main goal is to understand the energy impact of the introduction of these two types of systems, always guaranteed a correct renewal of air which ensures a good indoor air quality for a given residential block.

The approach involves an initial analysis of the outside temperature in Porto, city which is used in the development of this thesis. After that, the Heating Degree-Day is determined considering a reference indoor temperature of 15°C. Then it is set the heating season once is in this situation that the energy impact of extraction systems really matters. To obtain the required values, the methodology involves the determination of the heating needs due to losses of heat by air renewal. In order to make the study realistic current profiles of the function of extractors are created in a perspective to fit to the daily habits of the occupants of a given house. It is considered five scenarios of centralized extraction, designated by MC, one of those obtained by the “Ramal Crítico” method, and an independent extraction scenario, MI. Subsequently the consumption of electricity associated with extraction fans is determined. In order to have a basis for comparison, it was determined the heating requirements for renewal of air in a natural way, i.e. when it is not considered the activation of any kind of extraction system. To the infiltration rates of 0.2 h⁻¹, 0.4 h⁻¹, 0.6 h⁻¹ and 1.0 h⁻¹, obtaining these values will permit the understanding of the energy impact with the introduction of the mechanical extraction systems. After that, the costs are determined both from heating requirements as well as from the costs associated with the consumption of the electric blowers.

The independent scenario achieves the lowest impact for all infiltration rates and economical renewals of air per hour: 8 kWh/m² and air renewal rate of 0,4 h⁻¹ for infiltration rate of 0,2 h⁻¹; 11,3 kWh/m² and air renewal rate of 0,6 h⁻¹ to infiltration rate of 0,4 h⁻¹; 14,7 kWh/m² and air renewal rate of 0,7 h⁻¹ for infiltration rate of 0,6 h⁻¹ and 21,7 kWh/m² and air renewal rate of 1,1 h⁻¹ for infiltration rate of 1,0 h⁻¹. The same with the total costs which are the lowest: 36,30 €/year at 0,2 h⁻¹; 32,13 €/year at 0,4 h⁻¹; 29,75 €/year at 0,6 h⁻¹ and 24,99 €/year to 1,0 h⁻¹.

Agradecimentos

Gostaria de agradecer ao Professor Eduardo Oliveira Fernandes a oportunidade que me deu de realizar esta dissertação. Queria agradecer ao Dr. Hugo Santos toda a colaboração fornecida durante todo o meu trabalho, sempre me apoiou e forneceu todas as ferramentas necessárias para que conseguisse obter um bom resultado final.

Agradeço também aos meus amigos todo o apoio e ajuda dada no decorrer da minha vida académica e pelas memórias e bons momentos passados.

À minha mãe fica um agradecimento especial por sempre acreditar em mim e permitir estar a escrever esta dedicatória.

Índice de conteúdos

Índice de figuras	xiii
Índice de tabelas	xvii
Lista de Símbolos	xxi
1. Introdução.....	1
2. Metodologia	15
2.1. Estudo do comportamento das temperaturas exteriores para a cidade do Porto.....	16
2.2. Definição de época de aquecimento.....	20
2.3. Cálculo do Número Graus-Dias de aquecimento	21
2.4. Definição de cenários de extração centralizada e independente para diferentes perfis de utilização.	22
2.5. Determinação das necessidades de aquecimento.....	28
2.6. Determinação do valor das renovações por hora mecânicas e naturais para cada cenário considerado.....	29
2.7. Dimensionamento dos ventiladores de extração centralizada.....	31
2.8. Consumo de eletricidade dos ventiladores.....	41
3. Apresentação e discussão de resultados	43
3.1. Comparação entre cenários de ventilação natural (VN).....	43
3.2. Comparação entre cenários de ventilação mecânica	46
3.3. Cenário de extração centralizado MC5	57
3.4. Impacto da ventilação mecânica.....	61
3.5. Consumo de eletricidade dos ventiladores nos cenários de ventilação mecânica.....	63
3.6. Comparação entre vários cenários de extração.....	65
3.7. Comparação entre taxas de renovação	67
3.8. Quadro resumo cenários.....	69
3.9. Custos energéticos associados às necessidades de aquecimento e ventiladores	75
4. Conclusões e perspectivas de trabalho futuro	79
5. Referências e Bibliografia.....	83
ANEXO A: Ventilador extração centralizada cozinha.....	85
ANEXO B: Ventilador extração centralizada casa de banho	89
ANEXO C: Ventiladores extração Independente	93

Índice de figuras

Figura 1 Procura mundial de energia primária Fonte IEA	2
Figura 2 Desagregação por vetores energéticos expressa em termos de valores absolutos de energia primária e final (eletricidade) Adaptado de [4]	4
Figura 3 Repartição da energia primária (EP) pelos diversos vetores energéticos (valores relativos) Adaptado de [4]	5
Figura 4 Desagregação das emissões de CO ₂ associadas a cada vetor da oferta energética num total de 1.304.300 tonCO ₂ adaptado [4]	5
Figura 5 Repartição da energia primária pelos principais setores de atividade (valores relativos) num total de 5.661 GWh considerados adaptado [4]	6
Figura 6 Desagregação das emissões de CO ₂ associadas a cada setor adaptado num total de 1.304.300 tonCO ₂ [4]	6
Figura 7 Desagregação por vetor energético da oferta de energia no subsetor residencial no Concelho do Porto num total de 1.473 GWh adaptado de [4].....	7
Figura 8 Desagregação das emissões de CO ₂ no subsetor residencial associadas a cada vetor da oferta energética num total de 293.965 tonCO ₂ adaptado [4].....	7
Figura 9 Clima em Portugal Continental Fonte Instituto de Meteorologia, IP Portugal	10
Figura 10 Clima em Portugal Continental Fonte Instituto de Meteorologia, IP Portugal	16
Figura 11 Clima em Portugal Continental segunda classificação de Köppen Fonte Instituto de Meteorologia, IP Portugal	17
Figura 12 Variação temperatura do ar cidade do Porto Fonte Instituto de Meteorologia de Portugal.....	17
Figura 13 Comportamento anual temperatura média exterior cidade do Porto com médias móveis a 7 e 31 dias e definição de estação de aquecimento e arrefecimento em função de temperatura de referência de 15°C.....	19
Figura 14 Evolução da temperatura exterior em 24 de Abril quando comparada com temperatura de referência 15°C	22
Figura 15 Instalação considerada para efeitos de dimensionamento de ventilador de cozinha	31
Figura 16 Diagrama para cálculo de perdas em linha	33

Figura 17 Determinação dos coeficientes de descarga para determinação das perdas de carga localizadas	34
Figura 18 Ventilador de cobertura descarga vertical para extração na cozinha	36
Figura 19 Curva do ventilador de cozinha utilizado.....	36
Figura 20 Características técnicas do ventilador utilizado	37
Figura 21 Seleção do ventilador de extração casa de banho centralizado.....	37
Figura 22 Ponto de funcionamento 1ª iteração	40
Figura 23 Ponto ideal de funcionamento	41
Figura 24 Cálculo Perda de Carga instalação.....	41
Figura 25 Necessidades de aquecimento horárias para taxa de infiltrações de 0,2 h ⁻¹ , 0,4 h ⁻¹ , 0,6 h ⁻¹ e 1 h ⁻¹	43
Figura 26 Necessidades de aquecimento mensais	45
Figura 27 Necessidades de aquecimento horárias para MC1 e taxa de infiltração de 0,6 h ⁻¹ ..	50
Figura 28 Necessidades de aquecimento horárias para MC2 e taxa de infiltração de 0,6 h ⁻¹ ..	50
Figura 29 Necessidades de aquecimento horárias para MC3 e taxa de infiltração de 0,6 h ⁻¹ ..	51
Figura 30 Necessidades de aquecimento horárias para MC4 e taxa de infiltração de 0,6 h ⁻¹ ..	51
Figura 31 Necessidades de aquecimento mensais para MC1 e taxa de infiltração de 0,6 h ⁻¹ ..	52
Figura 32 Necessidades de aquecimento mensais para MC2 e taxa de infiltração de 0,6 h ⁻¹ ..	53
Figura 33 Necessidades de aquecimento mensais para MC3 e taxa de infiltração de 0,6 h ⁻¹ ..	53
Figura 34 Necessidades de aquecimento mensais para MC4 e taxa de infiltração de 0,6 h ⁻¹ ..	53
Figura 35 Comparação entre cenários de extração centralizada com 0,6 h ⁻¹ de taxa de infiltrações	54
Figura 36 Necessidades de aquecimento mensais para o cenário independente MI considerando uma taxa de infiltração de 0,6 h ⁻¹	56
Figura 37 Necessidades de aquecimento horárias para o cenário independente MI considerando uma taxa de infiltração de 0,6 h ⁻¹	57
Figura 38 Necessidades de aquecimento mensais para o cenário centralizado MC5 e taxa de infiltração de 0,6 h ⁻¹	59

Figura 39 Necessidades de aquecimento horárias para cenário centralizado MC5 e taxa de infiltração de $0,6 \text{ h}^{-1}$	59
Figura 40 Comparação entre os vários cenários de extração com valor de referência natural para taxa de infiltração de $0,6 \text{ h}^{-1}$	65
Figura 41 Energia final em função de rph para taxa de infiltração de $0,6 \text{ h}^{-1}$	66
Figura 42 Comparação entre os vários cenários de extração com valor de referência natural para taxa de infiltração de $0,2 \text{ h}^{-1}$	71
Figura 43 Energia final em função de rph para taxa de infiltração de $0,2 \text{ h}^{-1}$	71
Figura 44 Comparação entre os vários cenários de extração com valor de referência natural para taxa de infiltração de $0,4 \text{ h}^{-1}$	73
Figura 45 Energia final em função de rph para taxa de infiltração de $0,4 \text{ h}^{-1}$	73
Figura 46 Comparação entre os vários cenários de extração com valor de referência natural para taxa de infiltração de $1,0 \text{ h}^{-1}$	74
Figura 47 Energia final em função de rph para taxa de infiltração de $1,0 \text{ h}^{-1}$	75
Figura 48 Bocal de extração no sistema de extração centralizada	92
Figura 49 Extrator de cozinha	93
Figura 50 Extrator de casa de banho	93

Índice de tabelas

Tabela 1 Cálculo do número Graus-dias de Aquecimento	21
Tabela 2 Perfil horário de extração dos cenários centralizados quer na cozinha quer nas casa de banho.....	25
Tabela 3 Perfil horário cenário independente para a cozinha e casa de banho	27
Tabela 4 Constituição da instalação utilizada para dimensionamento de ventilador de cozinha	31
Tabela 5 Dimensionamento ventilador de cozinha	35
Tabela 6 Perda de carga cenário MC5	39
Tabela 7 Iterações efetuadas ventilador cozinha	40
Tabela 8 Características fração autónoma considerada para os diversos cenários.....	43
Tabela 9 Necessidades de aquecimento horárias para todas as taxas de infiltração.....	44
Tabela 10 Necessidades de aquecimento por infiltrações mensais	45
Tabela 11 Tabela resumo dos valores Ni para as várias taxas de infiltração	46
Tabela 12 Características cenários centralizados de extração	47
Tabela 13 Necessidades de aquecimento para os cenários centralizados considerando taxa de infiltração de $0,6 \text{ h}^{-1}$	48
Tabela 14 Necessidades de aquecimento mensais para os cenários centralizados considerando taxa de infiltração de $0,6 \text{ h}^{-1}$	52
Tabela 15 Características técnicas cenário independente MI quando se considera uma taxa de infiltrações de $0,6 \text{ h}^{-1}$	55
Tabela 16 Necessidades de aquecimento horárias para o cenário independente MI considerando taxa de infiltração de $0,6 \text{ h}^{-1}$	55
Tabela 17 Necessidades de aquecimento mensais para o cenário independente MI considerando uma taxa de infiltração de $0,6 \text{ h}^{-1}$	56
Tabela 18 Características técnicas cenário centralizado MC5 considerando uma taxa de infiltrações de $0,6 \text{ h}^{-1}$	57
Tabela 19 Necessidades de aquecimento horárias para o cenário centralizado MC5 e taxa de infiltração de $0,6 \text{ h}^{-1}$	58

Tabela 20 Necessidades de aquecimento mensais para o cenário centralizado MC5 e taxa de infiltração de $0,6 \text{ h}^{-1}$	58
Tabela 21 Quadro resumo das necessidades de aquecimento para os vários centralizados e independente e as várias taxas de infiltração	60
Tabela 22 Impacto da introdução dos vários cenários de extração face ao valor de ventilação natural para as várias taxas de infiltração em kWh/m^2	61
Tabela 23 Variação do valor das necessidades de aquecimento entre os vários cenários de extração em kWh/m^2	61
Tabela 24 Consumo de eletricidade dos ventiladores para os vários cenários considerados ...	64
Tabela 25 Taxa de renovação de ar dos vários cenários de extração para cada uma das taxas de infiltração consideradas	67
Tabela 26 Tabela comparativa dos vários valores obtidos para os cenários de extração e quando comparados com taxa de infiltração de $0,6 \text{ h}^{-1}$	69
Tabela 27 Tabela comparativa dos vários valores obtidos para os cenários de extração e quando comparados com taxa de infiltração de $0,2 \text{ h}^{-1}$	70
Tabela 28 Tabela comparativa dos vários valores obtidos para os cenários de extração e quando comparados com taxa de infiltração de $0,4 \text{ h}^{-1}$	72
Tabela 29 Tabela comparativa dos vários valores obtidos para os cenários de extração e quando comparados com taxa de infiltração de $1,0 \text{ h}^{-1}$	74
Tabela 30 Custos associados ao consumo dos ventiladores	75
Tabela 31 Custos necessidades de aquecimento para os vários cenários de extração com taxa de infiltração de $0,2 \text{ h}^{-1}$	76
Tabela 32 Custo Final dos vários cenários de extração com taxa de infiltração de $0,2 \text{ h}^{-1}$	76
Tabela 33 Custos necessidades de aquecimento para os vários cenários de extração com taxa de infiltração de $0,4 \text{ h}^{-1}$	77
Tabela 34 Custo Final dos vários cenários de extração com taxa de infiltração de $0,4 \text{ h}^{-1}$	77
Tabela 35 Custos necessidades de aquecimento para os vários cenários de extração com taxa de infiltração de $0,6 \text{ h}^{-1}$	77
Tabela 36 Custo Final dos vários cenários de extração com taxa de infiltração de $0,6 \text{ h}^{-1}$	77

Tabela 37 Custos necessidades de aquecimento para os vários cenários de extração com taxa de infiltração de $1,0 \text{ h}^{-1}$ 78

Tabela 38 Custo Final dos vários cenários de extração com taxa de infiltração de $1,0 \text{ h}^{-1}$ 78

Lista de Símbolos

GD – Número de graus-dias de aquecimento [°C.dias]

T_b – Temperatura de base [°C]

T_j – Temperatura do ar à hora j [°C]

QAI – Qualidade do ar interior

R_{ph} – Número de renovações horárias do ar interior (taxa de renovação nominal) [h⁻¹]

ρ – Massa volúmica do ar [kg/m³]

c_p – Calor específico do ar [J/kg.°C]

V – Volume interior da fração autónoma [m³]

P_d – Pé direito médio [m]

A_p – Área útil de pavimento [m²]

Q_T – Perdas de calor por condução através da envolvente [kW]

Q_v – Perdas de calor resultantes da renovação do ar [kW]

Q_{gu} – Ganhos térmicos úteis na estação de aquecimento [kW]

h – Número horas funcionamento

N_{iútil} – Necessidades anuais de aquecimento úteis [kWh/m²]

E_{final} – Necessidades anuais de aquecimento em energia final [kWh/m²]

Ḃ – Caudal volúmico [m³/h]

C₀ – Coeficiente de descarga

P_v – Potência elétrica ventilador [W]

E_v – Energia elétrica necessária ao funcionamento dos ventiladores [kWh/m²]

θ_i – Temperatura interior de referência [°C]

θ_{atm} – Temperatura do ar exterior [°C]

v – Velocidade [m/s]

ΔP_T – Perda de carga total [Pa]

ΔP_L – Perda de carga em linha [Pa]

ΔP_K – Perda de carga localizada [Pa]

VN – Ventilação Natural

Ventilação em Blocos Habitacionais: Qualidade do ar e economia energética

VMec_WC – Ventilação mecânica casa de banho

VMec_Coz – Ventilação mecânica cozinha

N₁ – Cenário ventilação natural 1

N₂ – Cenário ventilação natural 2

N₃ – Cenário ventilação natural 3

N₄ – Cenário ventilação natural 4

MC1 – Cenário extração centralizada 1

MC2 – Cenário extração centralizada 2

MC3 – Cenário extração centralizada 3

MC4 – Cenário extração centralizada 4

MC5 – Cenário extração centralizada 5

MI – Cenário extração independente

η – Rendimento sistema de climatização

1. Introdução

Os tempos que hoje se vivem são de grande e constante mudança e de rápida evolução da sociedade. Energia é a essência de toda a vida e fator fundamental na evolução de uma sociedade. Setores como o residencial, o de serviços, o industrial e o dos transportes necessitam de energia para o seu desenvolvimento e nas últimas décadas tem-se registado um crescente aumento das necessidades energéticas e consumo de eletricidade em Portugal e no Mundo. A energia utilizada provém essencialmente de dois tipos de fontes: renováveis e não renováveis. A utilização de energia primária recorre a fontes não renováveis como petróleo e seus derivados, carvão, gás natural, elementos radioativos como urânio e plutónio. No entanto, e de acordo com a DGEG, em Portugal o petróleo assume um papel essencial na estrutura de abastecimento e representava 49,1% do total de energia primária em 2010 contra os 48,7% registados em 2009. Já a utilização de gás natural, segundo a mesma fonte, no último decénio contribuiu para diversificar a estrutura da oferta de energia e com isso reduzir a dependência de petróleo de Portugal para com os fornecedores exteriores. O consumo de carvão que em 2010 representava 7,2% do total de consumo de energia primária vê a sua utilização cada mais reduzida devido ao seu impacto nas emissões de CO₂ [1]. No que diz respeito à utilização de petróleo, e sendo um dos combustíveis mais utilizados, o processo de transformação deste recurso de energia primária para energia final através da sua refinação permite obtenção de calor que pode ser utilizado de forma direta e indireta ou convertida em outras formas de energia. Além do petróleo, o gás natural também vê a sua utilização cada vez mais aumentar quer no setor residencial, industrial e produção de eletricidade. Esta demanda mundial de energia primária foi estudada pela Agência Internacional de Energia, International Energy Agency (IEA) num estudo elaborado em 2010 [2]. A Figura 1 mostra a demanda das principais fontes de energia primária mundial em milhões de toneladas equivalentes de petróleo.

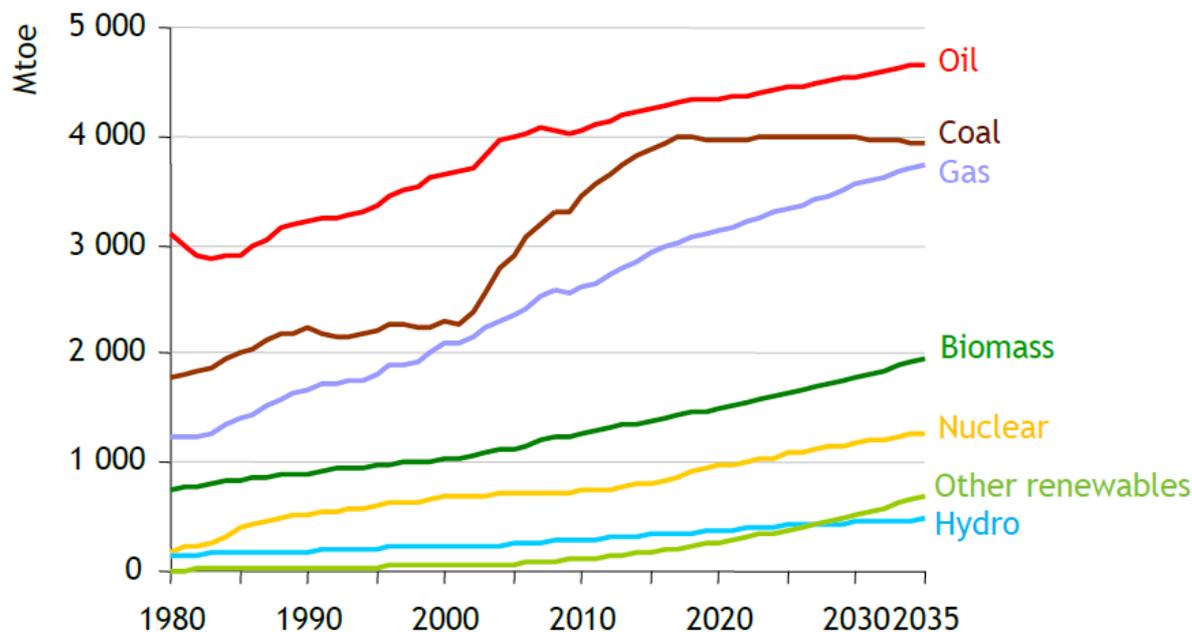


Figura 1 Procura mundial de energia primária Fonte IEA

Pode-se verificar que a procura mundial de petróleo como fonte de energia primária em 1980 registava aproximadamente 3100 Mtep e apresenta uma crescente procura. Em 2010 apresentava uma procura na ordem dos 4000 Mtep, um aumento de 29% face a 1980. O carvão é a segunda fonte de energia primária mais utilizada, em 1980 registava uma procura mundial na ordem dos 1800 Mtep sendo que em 2010 aproximava-se das 3500 Mtep, aumento significativo de 94% na procura deste recurso. Gás natural em 1980 registava um consumo de 1200 Mtep e já em 2010 a procura aumentava para os 2500 Mtep, aumento de 108%. Este estudo estima que pelo menos até 2035 a procura e utilização destas três fontes de produção de eletricidade aumente, onde ainda assim o petróleo continue a assumir o maior impacto dos três estimando-se que alcance a meta das 4700 Mtep, seguido do carvão onde prevê-se uma estabilização desde meados de 2015 na ordem das 4000 Mtep e gás natural com aumento acentuado até os 3900 Mtep.

Portugal é um país que não apresenta reservas de petróleo, carvão e até gás natural capazes dar resposta às suas necessidades energéticas e por isso é fortemente dependente de importação destes recursos. Segundo a DGEG a taxa de dependência exterior de Portugal tem vindo a decrescer desde 2005, apesar de ter sofrido um ligeiro agravamento no ano de 2008 face a 2007 [1]. No entanto, e como se tratam de fontes não renováveis, a sua constante procura e utilização pode levar ao esgotamento das atuais reservas existentes. É de difícil previsão para quando estes recursos se esgotarão, estima-se que as reservas de petróleo

permitam a sua exploração entre 50 a 100 anos mais, o carvão que apesar de apresentar reservas mais abundantes e geograficamente mais dispersas mesmo assim é uma fonte limitada e prevê-se a sua exploração entre 200 a 400 anos. O gás natural também prevê a sua exploração por mais 60 anos. Apesar de se tratar de estimativas, cada vez mais a aposta em recursos renováveis para produção de eletricidade é fundamental e visa substituir os recursos não renováveis. A principal vantagem da exploração de fontes renováveis de produção de eletricidade visa essencialmente a questão de produção de eletricidade “limpa” e o facto de utilizarem recursos inesgotáveis como sol, vento e água. Portugal neste campo está bem posicionado uma vez que é um dos países europeus com melhor localização e melhores níveis de exposição solar, extensa costa marítima capaz de aproveitamento e exploração dos processos hídricos de produção de eletricidade e extensa rede de centrais hidroelétricas. Além disso Portugal também possui uma extensa área ao longo de todo o seu território onde a implementação de aerogeradores permitiria o aproveitamento de outra fonte inesgotável de energia, o vento. Se estes recursos fossem devidamente explorados Portugal poderia tornar-se num país autossuficiente a nível energético deixando por isso de depender de terceiros. A grande aplicabilidade destes recursos passa desde sistemas solares fotovoltaicos para produção de eletricidade até aquecimento de águas por coletores térmicos. A utilização de biocombustíveis também contribui para a redução nas importações de petróleo de que Portugal é externamente dependente, apesar de atualmente serem pouco utilizados. A utilização de biogás, gás combustível constituído em média por 60% de metano e 40% de CO₂, obtido pela degradação biológica anaeróbica dos resíduos orgânicos também resulta num dos proveitos das energias renováveis. Além do que foi referido anteriormente ainda há que considerar a biomassa, fração biodegradável de produtos e resíduos da agricultura (donde se destacam substâncias vegetais e animais), da floresta e das indústrias conexas bem como a fração biodegradável dos resíduos industriais e urbanos. Essencialmente o uso da biomassa passa por aplicações térmicas, produção de calor e águas quentes sanitárias. A geotermia também é um recurso renovável e cujo aproveitamento passa essencialmente por aquecimento ambiente, águas sanitárias, piscicultura ou mesmo em processos industriais ou na produção de energia elétrica [3]. No entanto, e pela análise da Figura 1, pode-se verificar que o setor das renováveis ainda é uma área em vias de desenvolvimento e que necessita de grandes investimentos e pesquisa. Segundo o DGEG, em 2010 as energias renováveis contribuíam com 23,1% do consumo total contra 20% em 2009 [1]. Pela análise da Figura 1 a parcela respeitante quer à produção de eletricidade por recursos hídricos representava 100 Mtep e outras fontes renováveis ainda uma parcela muito reduzida no passado ano de 2010. No que

diz respeito à utilização da energia primária proveniente dos recursos naturais como anteriormente se refere, depois de transformada em centrais de acordo com a sua tipologia, centrais térmicas, centrais hidroelétricas, aerogeradores, centrais nucleares, etc., é necessário efetuar o transporte desta energia até ao utilizador final. Os principais setores de utilização de energia primária são: edifícios, (que se pode dividir em dois subsectores: residencial e de serviços), transportes e indústria. Posto isto, e no mundo atual em constante e rápida mudança e desenvolvimento torna-se imperativo que os recursos sejam usados de forma a não hipotecar a qualidade de vida de gerações vindouras. Uma vez que este estudo incide na cidade do Porto devido a uma questão geográfica de realização desta dissertação, de seguida é importante compreender como as questões até então abordadas, quer da repartição dos vários recursos disponíveis quer a aplicabilidade e impacto dos mesmos se adequam à cidade do Porto. Nas Figuras 2 e 3 é apresentada a desagregação pelos diversos vetores energéticos da oferta de energia quer em energia final quer em energia primária para o Concelho do Porto. Neste caso interessa analisar a energia primária uma vez que é a que está mais ligada ao impacto ambiental e os recursos naturais e por isso de maior interesse. De referir que os dados que se apresentam dizem respeito à Matriz Energética do Porto sendo que esta constitui um elemento de diagnóstico da energia no Concelho do Porto. Esta matriz é referente ao ano de 2004 [4].

O uso total de energia primária ascende a cerca dos 5.700 GWh. Na Figura 2 é apresentada a desagregação pelos diversos vetores energéticos da oferta de energia. No que diz respeito a eletricidade esta regista o valor máximo de 2.945 GWh seguido do gasóleo com 1.037 GWh.

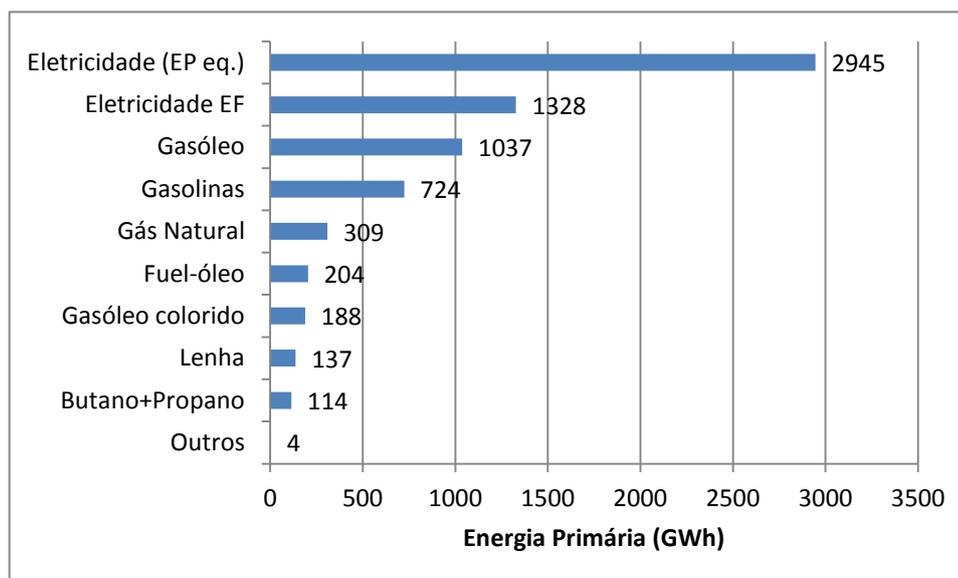


Figura 2 Desagregação por vetores energéticos expressa em termos de valores absolutos de energia primária e final (eletricidade) Adaptado de [4]

Na Figura 3 pode-se verificar que só a parcela respeitante à eletricidade é responsável por 52% da utilização de energia primária num total de 5.661 GWh, o gasóleo é o segundo maior utilizador com 18% do total seguido da gasolina com 13%.

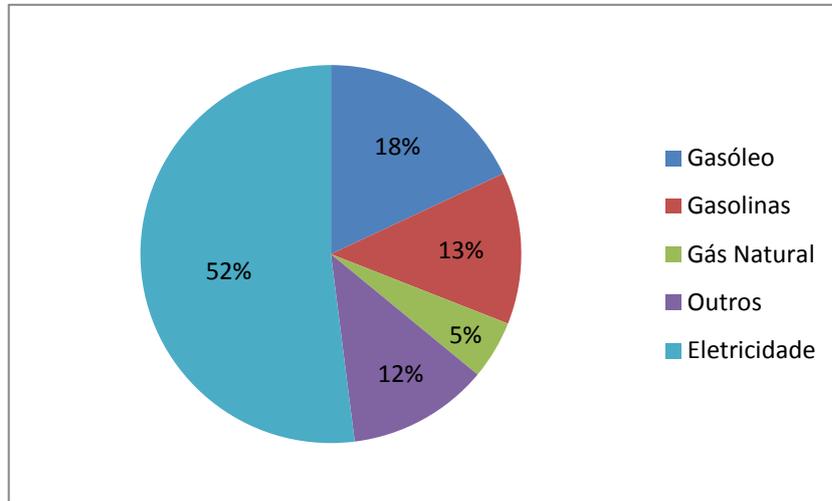


Figura 3 Repartição da energia primária (EP) pelos diversos vetores energéticos (valores relativos) Adaptado de [4]

Sendo que se tratam de fontes não renováveis, o seu uso é responsável pela emissão de dióxido de carbono representado na Figura 4. Só a eletricidade é responsável por 50% das emissões de CO₂, num total de 1.304.300 toneladas consideradas, seguido do gasóleo com 21% e 14% para as gasolinas.

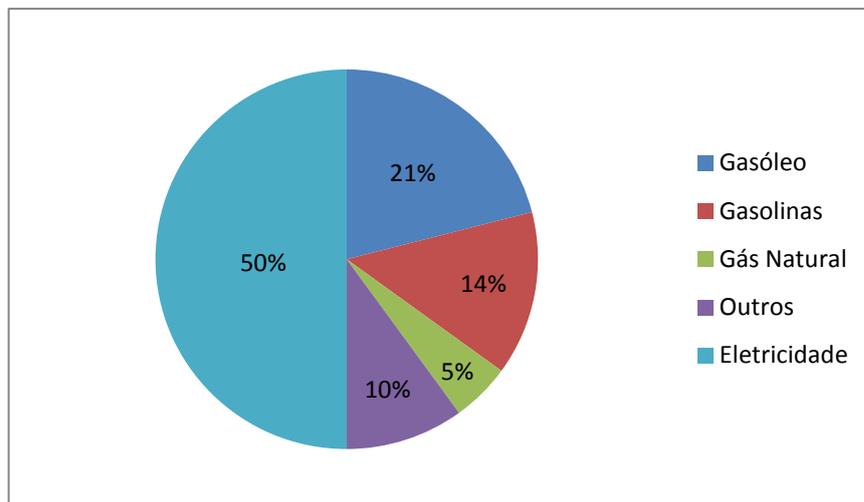


Figura 4 Desagregação das emissões de CO₂ associadas a cada vetor da oferta energética num total de 1.304.300 tonCO₂ adaptado [4]

Numa análise mais detalhada dos edifícios, na Figura 5 é demonstrada a repartição de energia primária pelos principais setores de atividade desta vez em valores relativos num total de 5.661 GWh considerados. O setor residencial representa um total de 26% de toda a energia

Ventilação em Blocos Habitacionais: Qualidade do ar e economia energética

primária sendo responsável pela libertação de 23% do total de emissões de CO₂ em 1.304.300 tonCO₂ consideradas, representado na Figura 6. O setor dos transportes também representa um dos setores que mais contribui para utilização de energia primária, 33% no total, Figura 5, equivalendo um total de 36% das emissões totais de dióxido de carbono na cidade do Porto presente na Figura 6.

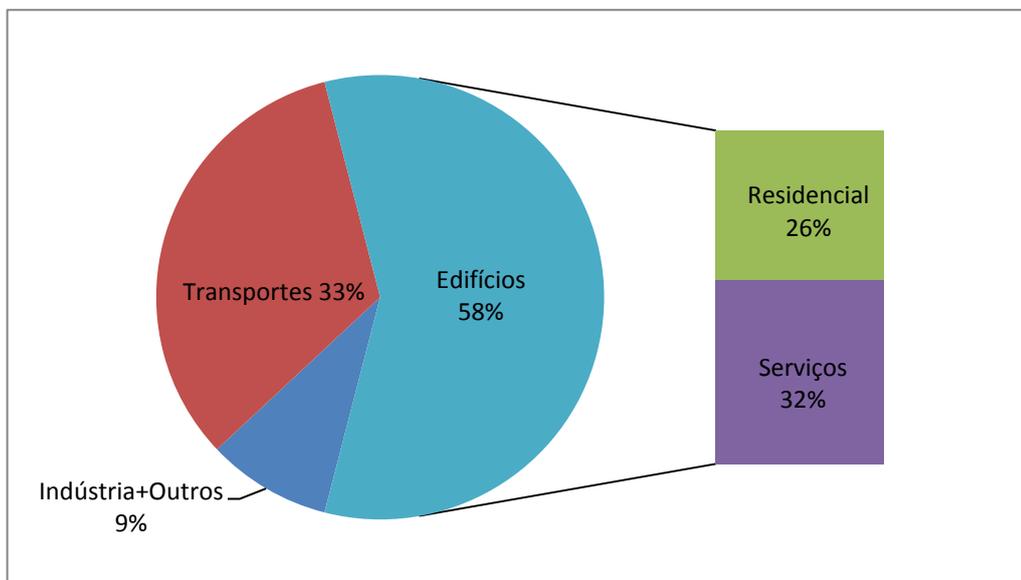


Figura 5 Repartição da energia primária pelos principais setores de atividade (valores relativos) num total de 5.661 GWh considerados adaptado [4]

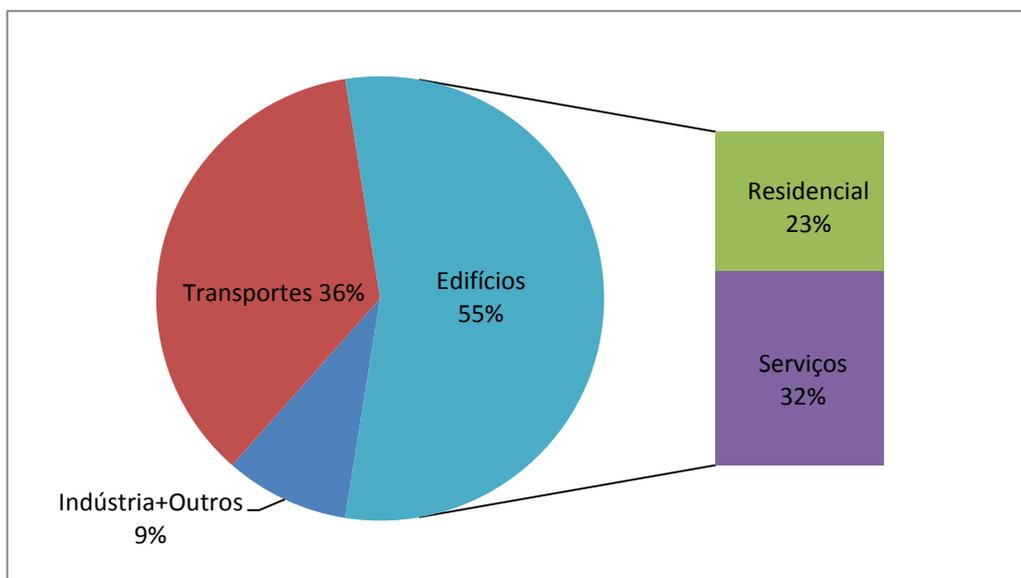


Figura 6 Desagregação das emissões de CO₂ associadas a cada setor adaptado num total de 1.304.300 tonCO₂ [4]

Numa análise mais detalhada ao setor residencial, ou seja em 1.473 GWh de energia primária, 78% do uso total diz respeito ao uso de eletricidade, Figura 7, representando por isso a maior parcela. Na Figura 8 são desagregadas as emissões de CO₂ no subsector residencial associadas a cada vetor da oferta energética onde se verifica que a eletricidade é responsável por 86% do total de emissões de 293.965 tonCO₂.

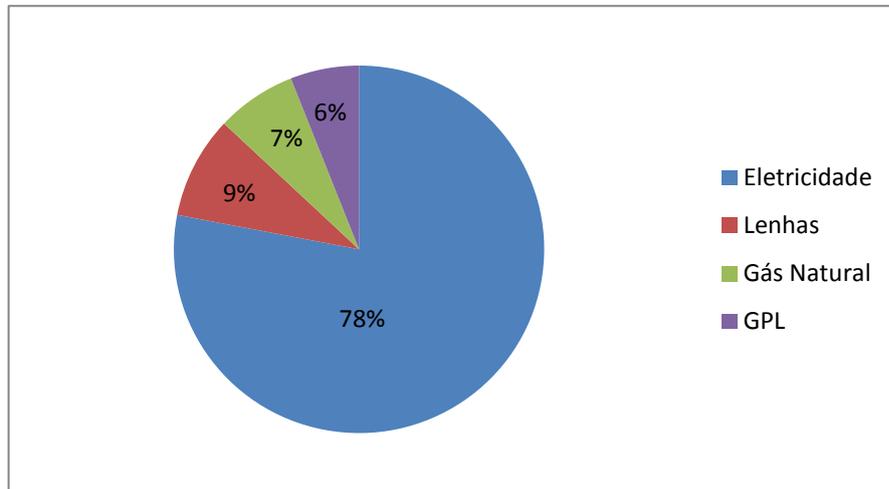


Figura 7 Desagregação por vetor energético da oferta de energia no subsector residencial no Concelho do Porto num total de 1.473 GWh adaptado de [4]

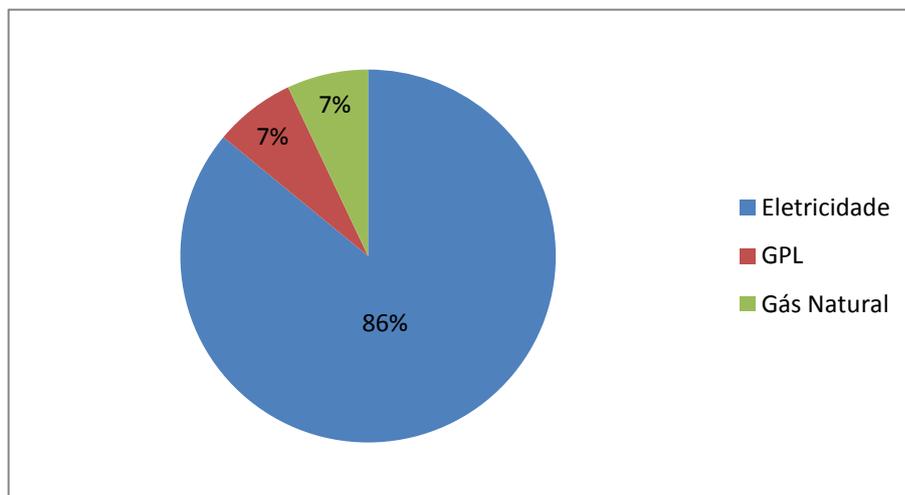


Figura 8 Desagregação das emissões de CO₂ no subsector residencial associadas a cada vetor da oferta energética num total de 293.965 tonCO₂ adaptado [4]

Quando se utilizam fontes de energia primária como o petróleo e carvão é importante referir o impacto destes recursos a nível ambiental uma vez que a queima destes apresenta grandes inconvenientes no que diz respeito à libertação de compostos nocivos à atmosfera como o dióxido de carbono (CO₂), monóxido de carbono (CO), dióxido de enxofre (SO₂), óxidos de azoto (NO_x) e partículas. A crescente poluição da atmosfera proveniente de uma libertação excessiva destes compostos tem levado ao surgimento de um fenómeno denominado

Alterações Climáticas. Como tal torna-se cada vez mais importante satisfazer as necessidades atuais sem que sejam garantidas as necessidades das gerações futuras. Desta forma a racionalização destes recursos é imprescindível. Além disso o aumento da pobreza em Portugal proveniente do aumento do custo de vida e aumento do desemprego em Portugal resultado do crescente aumento de falência de indústrias tem levado as famílias portuguesas a modificar o seu estilo de vida canalizando as suas economias para os bens essenciais, deixando para segundo plano bens menos relevantes. A redução na fatura energética é uma das muitas estratégias adotadas isto porque se conseguem poupanças consideráveis através de práticas simples e pequenas adaptações do dia-a-dia e assim reduzir no consumo dos recursos referidos anteriormente. Uma vez que esta tese aborda a temática do aquecimento ambiente das próprias habitações uma das maneiras das famílias poderem poupar pode simplesmente passar por esta área.

Quando se fala em aquecimento, uma das abordagens adotadas passa pela determinação da quantidade energia que é necessária usar para manter a temperatura interior de um determinado edifício próximo de um valor de referência. Numa dada fração autónoma a determinação das necessidades de aquecimento passa pela determinação das perdas de calor desta com o exterior e os ganhos da mesma. O tema desta tese pretende abordar a questão da ventilação que se faz representar nas necessidades de aquecimento como perdas de calor por renovação de ar, sendo que as perdas por condução pela envolvente e os ganhos internos e solares são desconsiderados. As perdas de calor resultantes da renovação de ar são por isso a base de desenvolvimento desta tese.

No que diz respeito à ventilação essencialmente podem ser consideradas três vias: ventilação natural, ventilação mecânica ou junção dos dois fenómenos anteriores ventilação híbrida. A ventilação é então o meio pelo qual ar novo é introduzido e circulado por todo o edifício enquanto o ar “velho” e contaminado é removido. Assim são diluídos os poluentes atmosféricos e garantida uma boa qualidade do ar [5]. A ventilação natural está intrinsecamente ligada à qualidade construtiva da fração autónoma. Até ao século XX a construção recorria a técnicas ou tradições de arquitetura tradicional local e adequadas ao clima em causa. Nas cidades a norte de Portugal, neste caso na cidade do Porto, eram utilizados materiais de peso elevado e grande inércia térmica. Neste caso a ventilação era providenciada de forma natural.

A ventilação natural é um processo de renovação de ar que não recorre a qualquer tipo de sistema mecânico. A ventilação natural provém quer das infiltrações da fração autónoma que

não são passíveis de controlo, quer pela colocação de dispositivos como janelas, portas e até mesmo grelhas na fachada que permitem admissão de ar para o interior de uma fração autónoma. Além disso também se pode recorrer a dispositivos que recorrem ao efeito de chaminé, ou seja nestes casos a ventilação natural é pois resultado da diferença de pressão resultante quer da incidência do vento quer da diferença entre a temperatura interior e exterior.

Trata-se de um sistema de ventilação vantajoso no que diz respeito quer ao investimento inicial efetuado, pois não necessita de aplicação de qualquer tipo de maquinaria, assim como a não exigência de planos contínuos de manutenção e custos elevados de instalações. Como principais desvantagens deste tipo de ventilação, considera-se a incapacidade em controlar o caudal introduzido uma vez que depende de fatores que não podem ser controlados pelos ocupantes como condições climatéricas, temperatura exterior, intensidade e direção do vento. No entanto, e com a modernização da arquitetura no século XX e globalização da economia, atualmente cada vez mais se considera um tipo de construção denominada arquitetura “Internacional”. A construção deixou de seguir padrões tradicionais, sendo que atualmente não se consegue identificar através da arquitetura dos edifícios a sua origem, sendo esta uma fusão de culturas arquitetónicas. Esta fusão pode ter um impacto negativo uma vez que é muitas vezes desproporcional face ao clima e localização geográfica, a título de exemplo a utilização de materiais construtivos desadequados. Muitas vezes o próprio edifício comporta-se termicamente pior que o próprio clima. A introdução de sistemas mecânicos de ventilação permite colmatar alguns destes problemas. Trata-se de um tipo de ventilação que já implica o dimensionamento e instalação de máquinas, no entanto atualmente pode-se encontrar uma diversa quantidade de sistemas de vários tipos de funcionamento. Neste tipo de ventilação é necessário considerar planos de manutenção periódica das máquinas utilizadas além do que já são sistemas que necessitam de energia para poderem funcionar, como por exemplo para o acionamento dos ventiladores.

Quando se considera uma combinação destes dois tipos de ventilação trata-se de ventilação híbrida. Os sistemas híbridos reúnem as condições dos dois sistemas anteriores, isto é, combinação entre sistema natural e mecânicos de ventilação de ar. Para a situação em estudo, a ventilação híbrida é que se considera uma vez que a introdução de ar novo é providenciada por infiltrações e a parte da ventilação mecânica diz respeito à extração por meio de dispositivos mecânicos, neste caso extratores. Como principal vantagem deste tipo de aplicação há o facto de permitir uma redução no que diz respeito ao consumo energético uma vez que a admissão de ar é totalmente natural não recorrendo a sistemas mecânicos de

insuflação. A presente tese aborda a questão da ventilação numa perspetiva desta última solução, sendo que a extração é feita na casa de banho e na cozinha. Este tipo de solução permite aproveitar o melhor da ventilação natural no que diz respeito à insuflação de ar e no que diz respeito à extração deve ser proporcionada por extractores que cada vez mais tendem a operar de forma eficiente, como tal pretende-se perceber qual o impacto económico da introdução deste tipo de solução. Antes de tratar desse assunto, e uma vez que a ventilação natural é parte crucial do processo e uma vez que esta está intrinsecamente ligada às condições climáticas, de seguida é feita uma análise a este tema.

Em Portugal Continental, e segundo o Instituto de Meteorologia de Portugal, através de *análise espacial baseada nas normais de 1961/90 mostra a temperatura média anual a variar entre cerca de 7°C nas terras altas do interior norte e centro e cerca de 18°C no litoral sul* [6].

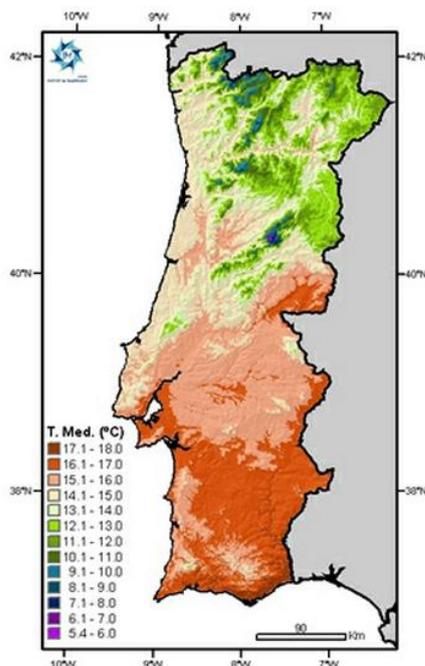


Figura 9 Clima em Portugal Continental Fonte Instituto de Meteorologia, IP Portugal

A análise da Figura 9 permite concluir que a cidade do Porto se encontra na gama dos 14°C a 15°C e está enquadrada numa região de clima temperado.

Como Portugal está localizado numa região de clima temperado, o aquecimento pode ser providenciado por outras formas que não a exigência de sistemas de aquecimento. Muitas vezes uma simples sobreposição de várias camadas de roupa é o suficiente para manter o conforto térmico dos ocupantes e assim poupar na fatura energética. Atualmente cada vez

mais as pessoas vivem o seu dia-a-dia dentro de edifícios desde residenciais até edifícios de serviços realizando todo o tipo de tarefas desde trabalho até lazer. Como tal, é importante garantir que os ocupantes de determinado espaço se encontram confortáveis. De uma forma objetiva, o conforto pode ser caracterizado em quatro vertentes: conforto térmico, conforto acústico, conforto visual e qualidade do ar interior. Interessa essencialmente nesta situação fazer o balanço entre conforto térmico necessário à boa habitabilidade de uma fração autónoma para que não seja descurada a qualidade do ar interior. No que diz respeito às questões de conforto térmico atualmente é considerada a norma EN 15251 baseada na norma EN ISO 7730. Esta norma avalia a qualidade do ar em duas vertentes, edifícios de serviços e residenciais. Parâmetros como temperatura interior, humidade relativa, qualidade do ar interior, taxas de renovação de ar e até efeito acústico são analisados. A temperatura essencialmente visa duas vertentes: temperatura exterior, já anteriormente verificada que Portugal se enquadra numa região de clima temperado, e temperatura interior função entre fatores como equipamentos, ocupantes e a própria temperatura exterior. Do ponto de vista de qualidade do ar interior (QAI), o principal objetivo é *garantir que o ar interior dos edifícios não contenha uma excessiva concentração de partículas em suspensão ou produtos químicos nocivos ou desagradáveis*. É considerada uma boa QAI quando são garantidas as concentrações de O₂ e CO₂ capazes de garantir a normal atividade respiratória e quando as concentrações de poluentes forem inferiores a valores máximos suportáveis pelos ocupantes. Para que seja garantida a QAI, o controlo das emissões e fontes poluentes deve desde logo ser garantido, e posteriormente a renovação do ar interior deve ser tal que garanta estes parâmetros. A renovação de ar dentro de um determinado espaço habitável é um requisito imprescindível e que faz parte do dia-a-dia de qualquer pessoa. No entanto poucos são aqueles que realmente compreendem a verdadeira importância deste fenómeno que é praticamente dado como garantido, mas cuja falta afeta a qualidade e conforto dos ocupantes de determinado espaço. No desenvolvimento deste trabalho considera-se a extração na cozinha e casas de banho pois são os dois locais onde há maior potencial de afetar de forma mais significativa a qualidade do ar interior, denominadas zonas húmidas [7]. Quando se cozinham alimentos, como em processos de cozeduras e frituras, através quer por fogões a gás quer fogões elétricos, existe libertação de efluentes para o ar atmosférico tais como vapor de água e compostos químicos, como monóxido de carbono (CO) e dióxido de carbono (CO₂) no caso dos fogões a gás provenientes da combustão dos combustíveis gasosos que estes utilizam e quando em doses elevadas podem mesmo ser tóxicos e prejudiciais aos ocupantes. A libertação de vapor de água, essencialmente em processos de cozedura, origina o aumento da

humidade relativa do ar. Se este excesso de humidade não for extraído e se o fenómeno for contínuo o surgimento de condensações é inevitável [8]. Por isso, e de forma a garantir uma boa qualidade do ar interior, a aplicação de sistemas de ventilação nesta divisão é crucial.

No que diz respeito à extração em casas de banho, as atividades de higienização pessoal diárias como a toma de banhos, originam libertação para a atmosfera de grandes quantidades de vapor de água. Se a humidade em excesso não for devidamente extraída, e uma vez que a envolvente das casas de banho, paredes e teto estão a uma temperatura mais baixa que o ar atmosférico, o surgimento de condensações é inevitável. Isto é um fator propício ao desenvolvimento de populações microbianas como fungos, mofo e bactérias.

No entanto, nos casos em que se recorre a extratores mecânicos estes devem ser devidamente dimensionados de forma a conseguirem extrair o ar contaminado com poluentes e humidade relativa em excesso. Para isso devem garantir caudais de extração adequados. Aliado a esta questão tem de se considerar a própria evolução da construção portuguesa. Com a problemática que tem surgido nos últimos anos sobre consumo excessivo de eletricidade por parte dos sistemas de climatização, e com a procura constante em diminuir as perdas térmicas para o exterior, a estanquicidade é cada vez maior. Enquanto por um lado se consegue reduzir as perdas térmicas e com isso poupar na utilização de energia, por outro perde-se a nível de qualidade de ar interior: quanto mais estanque for uma fração autónoma, menor é a taxa de infiltrações. Com fracas taxas de renovação de ar, aliadas a concentrações de poluentes excessivas surge então a temática do “Síndrome do Edifício Doente” (“Sick Building Syndrome”).

De acordo com a Organização Mundial de Saúde (WHO) se uma habitação for devidamente construída e provida de boas taxas de ventilação que permitam manter os níveis de humidade interior dentro de parâmetros aceitáveis, então o risco de surgimento de doenças do foro respiratório tais como asma, alergias, infeções e mesmo inflamações pode ser bastante reduzido. A própria humidade interior leva ao surgimento de condensações e posterior criação e desenvolvimento de populações microbianas [5].

Posto isto é essencial que sejam sempre garantidas taxas mínimas de renovação de ar, valores que consigam renovar o ar de forma eficaz e assim evitar situações deste tipo. Atualmente a taxa de renovação por infiltrações mais considerada a nível europeu ronda as $0,5 \text{ h}^{-1}$. Claro que a taxa de infiltração depende de fatores como clima do local considerado. A título de exemplo, nos países escandinavos as casas devem ser o mais herméticas possível para evitar grandes perdas por renovação de ar [5]. Desta forma a ventilação apresenta um impacto muito

reduzido uma vez que a elevada estanquicidade aliada ao uso de sistemas de recuperação de calor permitem uma redução muito significativa da energia necessária para manter as condições de conforto. Desta forma, e de maneira a que se consiga obter na mesma uma boa qualidade e extração dos poluentes e humidade relativa em excesso, devem ser instalados sistemas mecânicos de extração que consigam atingir os valores mínimos e adequados. A corrente legislação portuguesa, Regulamento das Características de Comportamento Térmico de Edifícios, RCCTE – Decreto-Lei nº 80 de 4 de abril de 2006, enuncia que para edifícios de habitação quando em conformidade com a norma NP 1037-1, o número de renovações horárias do ar interior, taxa de renovação nominal Rph, a adotar deve ser de $0,6 \text{ h}^{-1}$ [9].

Posto isto quando se consideram edifícios multifamiliares pode-se recorrer a dois tipos de extração: centralizada e independente. O sistema centralizado é constituído por um ventilador de extração colocado na cobertura, assim como uma rede de condutas que ligam o ventilador a cada uma das frações. Este sistema opera segundo um perfil horário uniforme de extração, comum a todas as frações autónomas. Uma segunda abordagem passa pela instalação de sistemas independentes de extração. Estes sistemas de extração funcionam de forma independente de fração para fração quer na cozinha quer na casa de banho com controlo individualizado e função dos horários e hábitos dos ocupantes do espaço. Resumidamente o objetivo é estudar a extração localizada de fontes.

Desta forma, pretende-se estudar o impacto da utilização de sistemas centralizados e independentes de extração quer em questões energéticas e de qualidade do ar interior quando se considera aquecimento. Para apoiar este estudo é considerada a legislação em vigor, o Regulamento das Características de Comportamento Térmico de Edifícios, RCCTE – Decreto-Lei nº 80 de 4 de abril de 2006 [9], que permite retirar valores de referência e formulações necessárias ao desenvolvimento de toda a tese.

2. Metodologia

Para se poder compreender qual o impacto energético entre sistemas centralizados e independentes de extração considera-se a termos comparativos um edifício multifamiliar com extração localizada na cozinha e na casa de banho. Uma vez que se trata de renovação de ar, o procedimento de cálculo passa pela determinação das necessidades de aquecimento devido às perdas térmicas por renovação de ar, ou seja, determinar quanta energia útil é necessária fornecer à fração autónoma para que esta mantenha a sua temperatura interior próxima de um valor de referência. O estudo incide na cidade do Porto devido a uma questão geográfica de realização desta dissertação, sendo que neste local são conhecidas as condições climáticas com maior proximidade.

De forma a tornar o estudo mais realista considera-se o ano civil de 2011 como o ano base de cálculo. Com isto pode-se enquadrar os valores das temperaturas nos dias referentes a este ano, desde dias úteis, sábados, domingos e feriados.

Posteriormente criam-se cenários onde possam ser recriadas situações de extração aproximadas à realidade, com horários de funcionamento e taxas de ventilação adequadas.

A metodologia de cálculo utiliza o software Microsoft Office Excel e permite a adaptação a qualquer tipo de fração autónoma independentemente de parâmetros como área útil, pé direito, caudais de extração, quer na cozinha quer na casa de banho, e potências dos ventiladores. Além disso pode-se considerar um qualquer perfil de funcionamento dos ventiladores envolvidos para a situação de extração centralizada e independente.

A obtenção de dados permite a análise da parte natural e mecânica em separado.

No entanto para que se consiga obter valores passíveis de ser comparados, e assim poder retirar conclusões, considera-se uma fração autónoma de área útil interior de 100 m² e pé direito com 2,6 m.

2.1. Estudo do comportamento das temperaturas exteriores para a cidade do Porto

Uma vez que o Porto é a cidade de partida deste estudo é necessário compreender a evolução e comportamento térmico anual desta cidade. Trata-se de uma cidade situada a norte de Portugal, e pela análise da Figura 10, verifica-se que a temperatura exterior média anual segundo o Instituto de Meteorologia de Portugal, se encontra numa gama entre os 14°C e os 15°C.

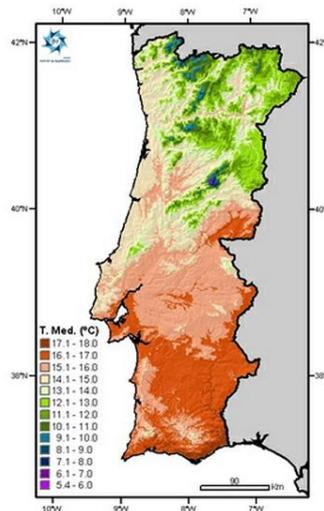


Figura 10 Clima em Portugal Continental Fonte Instituto de Meteorologia, IP Portugal

Quanto à classificação global dos vários tipos de clima é correntemente utilizada uma classificação denominada por Classificação Climática de Köppen. Esta classificação considera 5 divisões tipo para classificar o clima:

- Clima Tropical húmido;
- Clima Seco;
- Clima Temperado com inverno suave;
- Clima Temperado com inverno rigoroso;
- Clima Polar.

No que diz respeito a Portugal Continental são consideradas duas caracterizações para o seu clima:

- Clima temperado com inverno chuvoso e verão seco e quente, de denominação Csa;
- Clima temperado com inverno chuvoso e verão seco e pouco quente, denominado Csb.

Pela análise da Figura 11 verifica-se que no caso da cidade do Porto se trata claramente de Csb, ou seja, clima temperado com inverno chuvoso e verão seco e pouco quente.

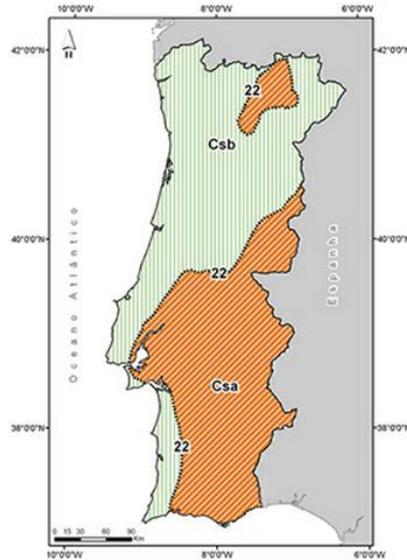


Figura 11 Clima em Portugal Continental segunda classificação de Köppen Fonte Instituto de Meteorologia, IP Portugal

Uma análise mais pormenorizada do clima na cidade do Porto, Figura 12, permite compreender o desempenho da temperatura do ar através da recolha de dados num período de 1981 até 2010, valores provisórios. Esta recolha é efetuada no Porto, mais precisamente na Serra do Pilar através de uma estação meteorológica.

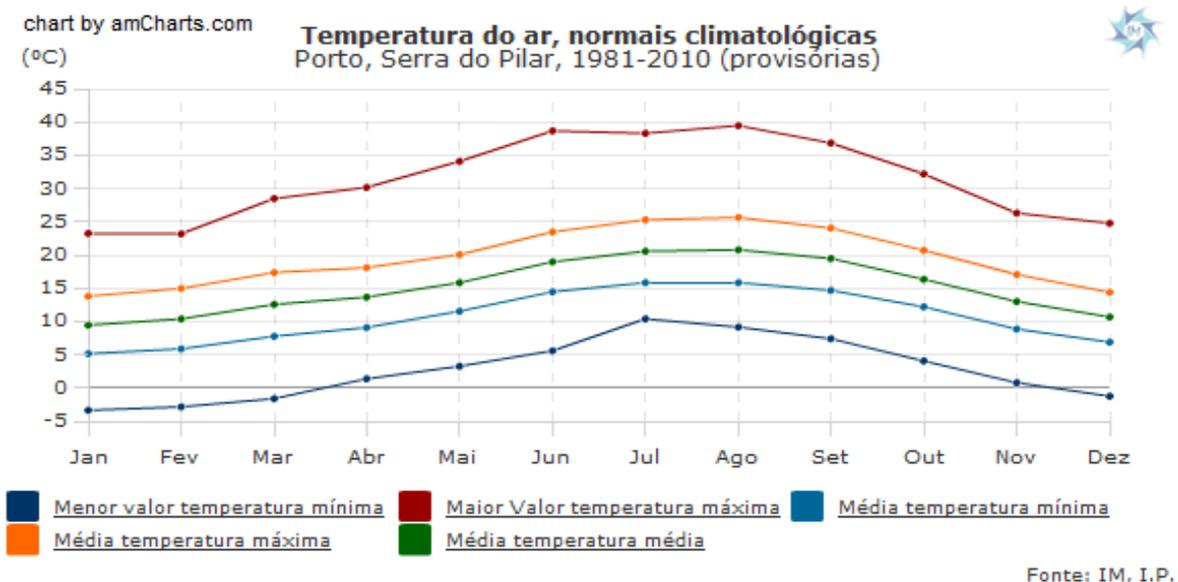


Figura 12 Variação temperatura do ar cidade do Porto Fonte Instituto de Meteorologia de Portugal

Pode-se verificar pela análise da Figura 12 que o mês de agosto é aquele onde se verifica o valor mais elevado da temperatura máxima, 39,5°C. A temperatura mínima verifica-se em

janeiro e apresenta um valor de $-3,3^{\circ}\text{C}$. As temperaturas médias oscilam entre $9,5^{\circ}\text{C}$ em janeiro e os $20,8^{\circ}\text{C}$ em agosto.

Além de se considerarem estes valores para a temperatura exterior, ainda tem de se ter em conta que a cidade do Porto é uma cidade com consideráveis níveis de humidade relativa, isto devido à sua localização no litoral de Portugal e proximidade com a costa portuguesa.

A obtenção de dados mais concretos é possível uma vez que este tipo de informação é constantemente registada pelo Instituto de Meteorologia de Portugal. Ao longo de todo o território nacional encontram-se instaladas estações meteorológicas que recolhem dados como temperatura do ar, nível de humidade relativa entre outros. *Conforme convencionado pela Organização Meteorológica Mundial (OMM) o clima é caracterizado pelos valores médios dos vários elementos climáticos num período de 30 anos, designando-se valor normal de um elemento climático o valor médio correspondente a um número de anos suficientemente longo para se admitir que ele representa o valor predominante daquele elemento no local considerado* [6]. Para a abordagem deste problema é necessário obter valores de temperaturas exteriores, neste caso para a cidade de Porto. Estes valores são compilados pelo Departamento de Energia dos Estados Unidos da América, U.S. Department of Energy. Este departamento possui uma base de dados com informação referente a mais de 2100 locais, sendo que 1042 são pertencentes aos EUA, 71 no Canadá e mais de 1000 locais provenientes de 100 outros países de todo o mundo incluindo Portugal. A compilação destes dados fica a cargo da Organização Mundial de Meteorologia, World Meteorological Organization (WMO), agência especializada nos Estados Unidos da América [10].

A 4 de dezembro de 2009 encontravam-se registados na WMO 189 Estados membros e Territórios dos quais Portugal é membro desde 15 de janeiro de 1951 [11]. Portugal como país pertencente à Europa encontra-se na região VI definida pela WHO onde se faz representar pelo Instituto de Meteorologia, IP Portugal [10].

Relativamente a Portugal, e na base de dados do Departamento de Energia dos Estados Unidos da América, em Portugal estão registadas 8 localidades que fornecem valores climatéricos: Bragança, Coimbra, Évora, Faro, Funchal, Lajes, Lisboa e Porto [12].

A compilação destes valores é descarregada da internet e convertida num ficheiro Excel que serve de base ao desenvolvimento de toda a tese. Inicialmente são analisadas e determinadas as temperaturas médias diárias num período de 30 anos. De seguida são percorridos os diversos meses dos vários anos até se encontrar para cada mês qual é aquele que apresenta os valores mais próximos da média. A título de exemplo o mês de janeiro de 1993 é o mês onde

as temperaturas médias diárias mais se aproximam à média no universo dos 30 anos considerados e por isso em janeiro considera-se todas as temperaturas respetivas a janeiro de 1993, e assim sucessivamente. O período de análise considera que os valores médios variam entre 1982 e 1999.

Estes valores obtidos para a temperatura exterior servem posteriormente como base de comparação com uma temperatura interior de referência. No entanto os valores apresentados são de difícil análise devido ao extenso período que se considera. A forma que se adota para tornar os valores graficamente mais perceptíveis passa pela determinação da média móvel. Como tal, e com os valores horários da temperatura exterior nas 8760 horas, começa-se por determinar a média diária da temperatura. Assim reduz-se o tratamento de dados das iniciais 8760 temperaturas para 365, respeitantes aos 365 dias do ano. Posto isto, e considerando um determinado período de dias, determina-se a média móvel através de médias sucessivas na base de dias que se considera. Para esta situação utiliza-se a base de 7 e 31 dias.

A Figura 13 representa a evolução da temperatura média diária ao longo de um ano, assim como a temperatura de referência e respetivas médias móveis a 7 e 31 dias.

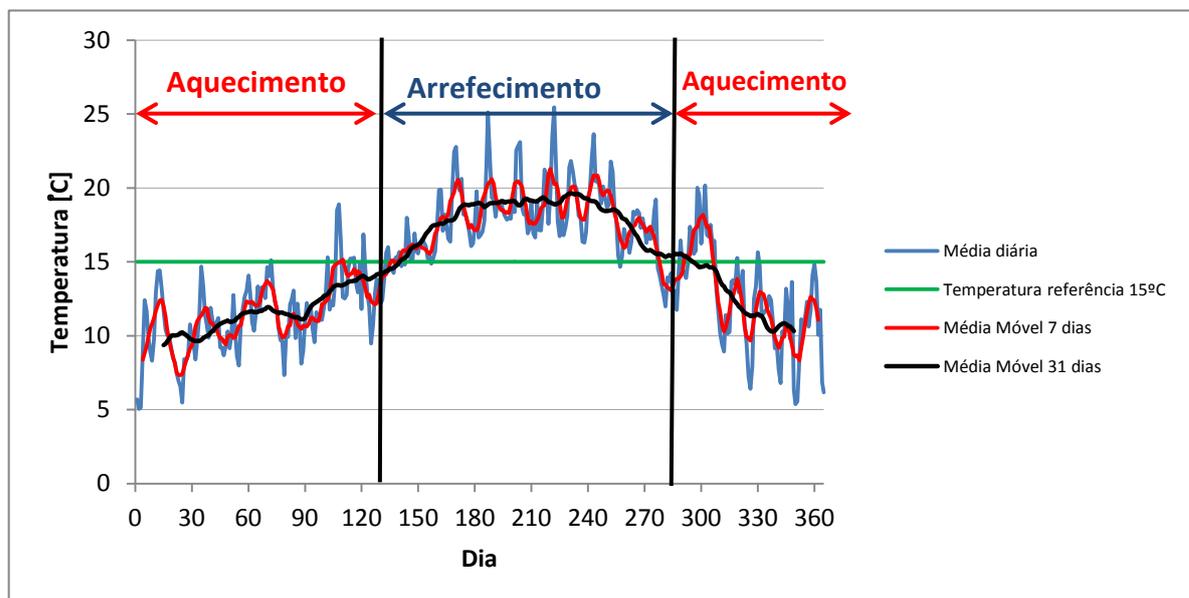


Figura 13 Comportamento anual temperatura média exterior cidade do Porto com médias móveis a 7 e 31 dias e definição de estação de aquecimento e arrefecimento em função de temperatura de referência de 15°C

Como se verifica através da análise da Figura 13, o comportamento das temperaturas exteriores para a cidade do Porto face a uma temperatura de referência de 15°C apresenta uma evolução de fácil compreensão. Nos meses iniciais do ano verifica-se que a temperatura exterior se encontra na generalidade dos casos abaixo do que se considera como temperatura interior de referência. Por volta do mês de maio a tendência inverte-se encontrando-se as

temperaturas acima daquilo que se considera como referência. No final e com o aproximar do mês de outubro a tendência volta àquilo que era inicialmente. De seguida é explicada a obtenção da estação de aquecimento.

2.2. Definição de época de aquecimento

Não faz sentido estar a considerar aquecimento durante o ano todo uma vez que para diferentes estações do ano são necessários diferentes requisitos. Uma vez que apenas se aborda aquecimento, para poder determinar qual o período de tempo em que se considera aquecimento, recorre-se ao RCCTE. Este define a estação de aquecimento como o *período do ano com início no primeiro decêndio posterior a 1 de Outubro em que, para cada localidade, a temperatura média diária é inferior a 15°C e com termo no último decêndio a 31 de Maio em que a referida temperatura ainda é inferior a 15°C* [9].

Dito isto, na Figura 13 podem-se encontrar um conjunto de duas linhas pretas na vertical, estas linhas representam a divisão entre estação de aquecimento e arrefecimento. A primeira linha cruza o eixo das abcissas no décimo segundo dia do mês de maio, correspondente ao dia 132 do ano. A segunda linha vertical interseta o mesmo eixo no dia 4 de outubro, correspondente ao 277º dia do ano. Esta divisão entre aquecimento e arrefecimento deve-se ao simples facto de em determinadas alturas do ano ser necessário aquecimento e noutras alturas arrefecimento. Não tem sentido nem considerar aquecimento durante o ano inteiro nem arrefecimento, no entanto a análise que se efetua nesta tese apenas aborda a questão do aquecimento.

Com esta informação, e depois de determinadas as temperaturas médias no intervalo anteriormente referido, pode-se verificar que a estação de aquecimento tem início em quatro de outubro e finaliza a doze de maio, ou seja, aquecimento num total de 221 dias do ano (5304 horas). A necessidade de considerar apenas este período de tempo diz respeito ao simples facto de não se considerar aquecimento ambiente por exemplo durante o mês de julho e agosto, não faz sentido dizer que se pretende aquecer nesses meses do ano. Em pleno verão, e por questões de conforto térmico quanto muito pode ser considerado arrefecimento.

O uso da temperatura de referência de 15°C prende-se essencialmente com o facto de os ganhos internos de uma fração autónoma representarem tipicamente um acréscimo de 3°C no valor da temperatura interior. Por isso, se se considerar 15°C para temperatura interior de referência para aquecimento então o valor final passa a 18°C, valor perfeitamente aceitável numa perspetiva de conforto adaptativo.

2.3. Cálculo do Número Graus-Dias de aquecimento

Feitas as considerações iniciais para a realização deste estudo a primeira abordagem à obtenção dos valores finais passa pela determinação do Número Graus-Dias de aquecimento. Este valor permite determinar *o número de horas de aquecimento para uma determinada temperatura de base, num dado período, é o número horas desse período em que a temperatura do ar é inferior àquela temperatura de base.*

Com os valores horários e diários da temperatura exterior para o Concelho do Porto ao longo de um ano, pode-se determinar o valor de GD ou HDD (Heating Degrees Days) como também pode ser designado. Este cálculo parte de um valor de referência que normalmente oscila entre os 15°C e os 20°C, este valor designa-se por temperatura de referência. Neste caso opta-se por 15°C anteriormente referido no subcapítulo 2.2. O procedimento de cálculo é pois bastante simples:

$$GD = \sum_{j=1}^{24} \frac{(T_b - T_j)}{24} \text{ se } T_j < T_b \quad (1)$$

Em que T_b corresponde à temperatura de base definida e T_j a temperatura à hora j de um qualquer dia. Se T_j for inferior a T_b , então é necessário aquecer, quando acontece o contrário então o valor do gradiente de temperaturas toma o valor zero. Isto permite assim determinar quais os períodos em que se pretende aquecer, pois se a temperatura a determinada hora for superior à temperatura de base ($T_j > T_b$) então é respeitada a condição de manter os 15°C, e como tal não se torna necessário aquecer [13].

O RCCTE define um valor de referência de GD para o Concelho do Porto de 1610°C.dia, este valor é anual e serve de referência aos valores que se obtêm [9].

Para exemplificar o que se refere anteriormente, considere-se o exemplo do dia 24 de Abril representado na Tabela 1. Considera-se uma temperatura de base de 15°C como já explicado anteriormente.

Tabela 1 Cálculo do número Graus-dias de Aquecimento

Hora	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
T_j [°C]	13	13	13	12	12,4	12,8	13	14	14,4	15	16	15,8
$T_b - T_j$ [°C]	2	2	2	3	2,6	2,2	2	1	0,6	0	0	0
Hora	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
T_j [°C]	17	18	17,2	16	15,7	15,4	14,7	14	14,6	14	14	14,2
$T_b - T_j$ [°C]	0	0	0	0	0	0	0,3	1	0,4	1	1	0,8

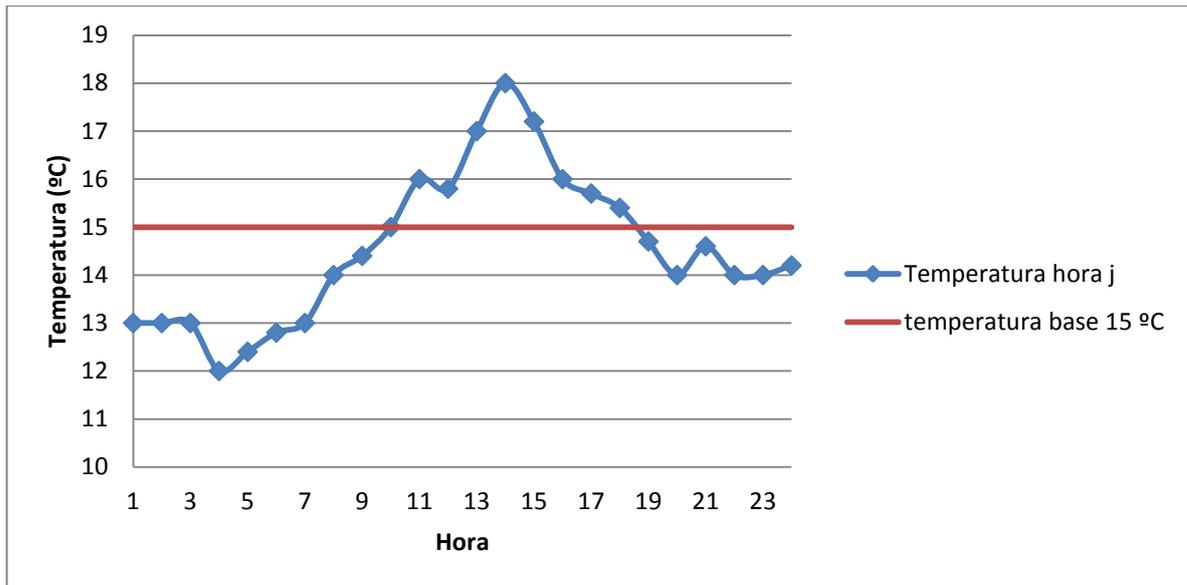


Figura 14 Evolução da temperatura exterior em 24 de Abril quando comparada com temperatura de referência 15°C

Pela análise da Figura 14 verifica-se que da hora 1 à 9 a temperatura registada é sempre inferior à base de 15°C e por isso estes valores são contabilizados no somatório de GD. No período das 10h às 18h os valores variam dos 15 aos 18 graus Celsius, ora estes valores não são pois contabilizados pois são superiores a 15°C. E desta forma se procede diariamente e ao longo dos 365 dias do ano.

2.4. Definição de cenários de extração centralizada e independente para diferentes perfis de utilização.

Para poder realizar este estudo adequadamente torna-se necessário criar alguns cenários de extração. Estes cenários permitem uma aproximação aos hábitos e rotinas das famílias portuguesas no que diz respeito à utilização diária de uma casa de banho e de uma cozinha de uma fração autónoma. A criação de cenários abrange dois tipos de extração, centralizada onde se considera um horário de extração mais alargado e comum a todas as frações autónomas, este sistema não permite por isso o controlo por parte dos ocupantes das frações autónomas. No entanto os sistemas centralizados utilizam horários de extração de forma a tentar abranger um tipo de rotina normal das famílias. Os horários de extração independente são mais restritos uma vez que apenas com controlo por parte do operador estes sistemas são ativados contrariamente aos sistemas centralizados. O ocupante define por isso a utilização destes sistemas.

Quer para cenários de extração centralizada quer independente considera-se que cada fração autónoma dispõe de uma cozinha e de uma casa de banho. Apesar de um edifício multifamiliar possuir mais do que uma fração autónoma, para efeito de cálculo apenas se considera extração numa fração.

Cenários criados:

Ventilação natural:

Inicialmente considera-se apenas ventilação natural por infiltrações da fração autónoma. Não se considera por isso a ativação de nenhum dos sistemas mecânicos de extração. Considera-se inicialmente que a capacidade construtiva é de boa qualidade o que permite taxas de renovação horárias de $0,2 \text{ h}^{-1}$, cenário N_1 . Na realidade construtiva portuguesa este cenário é bastante ambicioso e muito pouco provável uma vez que se trata de um valor de estanquicidade muito elevado e as características climáticas em Portugal não exigem construções com estanquicidade desta ordem de grandeza. Mesmo assim pretende-se determinar quais os resultados obtidos a nível de necessidades de aquecimento, N_i . Uma vez que não se consegue controlar a ventilação natural e a percentagem de funcionamento de sistemas mecânicos é zero, temos 100% de ventilação natural. De seguida considera-se uma diminuição na qualidade construtiva e com isso maior taxa de infiltrações, $0,4 \text{ h}^{-1}$ cenário N_2 . Ainda assim é um valor abaixo do mínimo regulamentar, $0,6 \text{ h}^{-1}$ mas a utilização deste valor prende-se em compreender o que acontece ao valor de N_i quando se diminui a estanquicidade de uma fração autónoma.

Numa terceira abordagem considera-se taxa de renovação mínima regulamentar de $0,6 \text{ h}^{-1}$, cenário N_3 . Este é o valor que atualmente é exigido como valor mínimo em construções portuguesas, devidamente estabelecido na corrente legislação portuguesa (Decreto-Lei nº 80/2006 de 4 de Abril) [9]. A justificação da utilização deste valor face a $0,2 \text{ h}^{-1}$ e $0,4 \text{ h}^{-1}$ prende-se essencialmente em saber o que acontece ao valor de N_i quando se considera o valor mínimo legal e se diminuir a estanquicidade resultará num aumento ou diminuição do valor final de N_i . Se eventualmente o valor for superior até que ponto a diferença entre os valores é ou não economicamente compensatória. Compreender de que forma o valor legalmente exigível constitui ou não valores aceitáveis quer a nível económico quer numa perspetiva de QAI, também se pretende verificar até que ponto este fator é beneficiado ou prejudicado.

Por último taxa de infiltração de 1 h^{-1} , cenário N_4 . A realidade construtiva portuguesa aponta mais para este valor de infiltrações numa fração autónoma comum, essencialmente se se considerar um tipo de construção mais antiga e anterior à revisão legal destas questões de

ventilação. Pretende-se com este valor compreender se será estritamente necessário ultrapassar o mínimo requerido de $0,6 \text{ h}^{-1}$ e qual o impacto deste valor a nível de necessidades de aquecimento. Também, e da mesma forma que o valor de $0,6 \text{ h}^{-1}$ para os restantes cenários, de que forma este novo valor resultará a nível económico e de que forma a QAI sairá beneficiada ou não.

Os cenários de ventilação natural servem pois apenas como base de comparação uma vez que o que se pretende realmente estudar é a influência e impacto da introdução de sistemas mecânicos de extração como já foi referido anteriormente.

Ventilação mecânica:

Com o desenvolvimento dos sistemas de ventilação nos últimos anos, hoje é possível encontrar diversos tipos de sistemas com diferentes características e capazes de serem adaptados a todo o tipo de situações.

Os sistemas mecânicos, face aos sistemas naturais, conseguem uma maior aplicabilidade e uma maior facilidade em obter extração mais proveitosa. Atualmente e com a diversidade de sistemas do género é possível adaptar estes sistemas a qualquer tipologia e considerar uma diversa gama de caudais de extração.

Deste ponto em diante considera-se por isso a existência de sistemas mecânicos de extração.

Cenários centralizado (MC):

Inicia-se pelos cenários centralizados, onde a nomenclatura que se utiliza é MC, mecânica centralizada, e onde se consideram 5 cenários diferentes. Inicialmente são descritos os primeiros quatro cenários deixando o quinto para mais em diante pois apresenta características de obtenção de determinados valores por outra via.

Quanto a considerações dos cenários, a extração na cozinha é providenciada por um ventilador de cobertura com capacidade em extrair um caudal efetivo de $300 \text{ m}^3/\text{h}$ por fração autónoma. Este valor de extração considera um valor corrente de extração para sistemas deste género pela consulta de catálogos de fornecedores. No interior da fração autónoma o ocupante apenas controla a válvula de abertura deste tipo de dispositivo. Na casa de banho a extração é providenciada por um ventilador de cobertura como na extração na cozinha. Neste caso o caudal de extração é mais reduzido, $75 \text{ m}^3/\text{h}$ sendo obtido de forma semelhante. A extração na casa de banho apenas pressupõe um bocal de extração sem qualquer tipo de controlo.

Uma vez que os ventiladores responsáveis pela extração se encontram localizados na cobertura, onde a adaptação deste tipo de sistemas é mais fácil devido à área útil destes locais, posteriormente são acoplados a uma rede de condutas até cada uma das frações a extrair.

Os caudais que se referem são considerados para os cenários mecânicos desde o MC1 até ao MC4. Como foi referido anteriormente os cenários de extração centralizada variam entre eles no número de horas de extração que se considera operarem segundo perfis uniformes de extração comuns a todas as frações autónomas.

Na Tabela 2 são enunciados os perfis de extração em cada um dos cenários centralizados.

Tabela 2 Perfil horário de extração dos cenários centralizados quer na cozinha quer nas casa de banho

Hora	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
MC1	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
MC2	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
MC3	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
MC4	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Pela análise da Tabela 2 verifica-se que o cenário MC5 não vê o seu perfil descrito nesta Tabela. Isto deve-se ao simples facto de este cenário possuir determinadas características obtidas de maneira diferente dos restantes quatro, apesar disso MC5 utiliza o mesmo perfil de extração do cenário independente MI descritas mais em diante. De forma exemplificativa no caso de MC1, e pela consulta da Tabela 2, a coloração a cinzento permite verificar que neste cenário a extração é providenciada da 1h às 24h sem qualquer tipo de interrupção quer na casa de banho quer na cozinha.

Analisando de forma separada cada um dos cenários, iniciando por MC1, considera-se extração contínua 24 por 24 horas sem qualquer interrupção, ou seja durante 8760 horas anuais. Este cenário possui um horário bastante alargado de extração mas o seu estudo permitirá verificar o que acontece quando se considera a situação mais desfavorável, ou seja extração durante o máximo período de tempo. Numa segunda situação, MC2, o sistema instalado reduz o perfil de funcionamento de 24 para 18 horas de extração diárias com início pelas 6 horas da manhã e finalização pelas 24 horas. No total consideram-se 6570 horas anuais, ou seja 75% do tempo total. De referir que sempre que o sistema mecânico de extração estiver desligado, neste caso das 1h às 6h, a renovação do ar é garantida de forma natural.

A situação que se segue, MC3, segue a tendência de redução de horário. Desta vez não se considera extração 18h por dia mas sim 14 horas. No total 5110 horas num ano, 58,3% do tempo total. Arranque do sistema pelas 8h e finalização pelas 22h, sendo o objetivo tentar verificar qual o impacto em reduzir substancialmente o funcionamento dos sistemas de extração, quanto isso afeta no que diz respeito ao valor final de utilização de energia.

O cenário MC4 apresenta uma redução do horário de extração mas com uma diferença face aos cenários que se consideram até então. Agora considera-se funcionamento dos extractores em três períodos diários: um de manhã, outro a meio do dia e um terceiro no final do dia. O período da manhã inicia pelas 6 horas com término às 9 horas, período em que as pessoas se preparam para a rotina diária com os rituais diários de higienização e preparação dos pequenos-almoços. Considera-se que o sistema opera durante as 3 horas em contínuo uma vez que nem todas as pessoas acordam ao mesmo tempo, o que origina consequentes diferentes horários para a preparação de pequenos-almoços e higienização pessoal. Da mesma maneira o período alargado de almoço das 11 às 14h supõe a utilização continua destes sistemas durante 3 horas seguidas. Considerar extração na casa de banho durante este período de tempo eventualmente pode não ser muito representativo, num caso exemplificativo uma pessoa que se desloque a sua casa para almoçar num qualquer dia útil não utiliza a casa de banho seguramente durante uma hora. No período pós-laboral, e com o regresso a casa dos ocupantes das frações autónomas, os sistemas voltam de novo a ser utilizados tal como na parte da manhã uma vez que da mesma maneira como algumas pessoas tem por hábito tomar banho de manhã, com certeza que também há quem prefira fazê-lo no final do dia. Por isso considera-se que os sistemas de extração da casa de banho e cozinha retomem as suas funções por volta das 19h e finalizem por volta das 23h. Considera-se por isso um total de 10 horas diárias de funcionamento de cada sistema, num total de 3650 horas anuais, 41,7% do tempo. Nos restantes 58,3% considera-se ventilação natural.

De seguida considera-se o cenário de extração independente (MI):

O sistema independente de extração tem como principal diferença face aos cenários centralizados a capacidade de controlo por parte do operador. Neste caso considera-se um exaustor de cozinha munido de um motor. Na casa de banho o extrator pode ser acionado pelo interruptor de luz sendo que muitas vezes são sistemas que vêm munidos de sensores de humidade retardando a desativação deste sistema mesmo depois de desligado o interruptor. Na Tabela 3 encontra-se descrito o perfil de extração que se considera na casa de banho e na cozinha.

Ventilação em Blocos Habitacionais: Qualidade do ar e economia energética

Tabela 3 Perfil horário cenário independente para a cozinha e casa de banho

Hora	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
MI WC												0,1	0,1										0,1	0,1
MI COZ																								

Desta vez, com funcionamentos independentes um sistema do outro e função dos hábitos dos ocupantes, considera-se que o extrator de casa de banho opera cerca de 1600 horas/ano e o da cozinha 1500 horas/ano.

Na casa de banho a extração dá-se essencialmente em quatro períodos diários. Primeiro o sistema opera das 6h às 8h da manhã resultado do aumento de humidade relativa durante um banho. O sistema de extração aqui desempenha um papel importante e deve operar até que o excesso de humidade seja retirado, por isso até se justifica a aplicação do sensor de humidade que mantém o sistema operacional até que o valor de humidade relativa retorne os valores padrões. Num segundo período considera-se o período de meio-dia, o sistema opera apenas 10% do seu tempo, considera-se que um habitante de determinado apartamento deslocando-se a casa para almoçar apenas necessita de pequena higienização desde lavar as mãos e pouco mais, se o sistema for por exemplo de acionamento pelo interruptor da luz não fica ativo durante muito tempo. Numa terceira perspetiva o período pós-laboral também segue tendência idêntica à da parte da manhã, utilização num período máximo de duas horas (dependendo dos hábitos pessoais como se refere anteriormente). Por último, e uma vez que estes sistemas procuram simular o funcionamento de uma residência, considera-se extração antes de finalizar o dia, ou seja, utilização parcial e reduzida do sistema de extração.

No que diz respeito à extração na parte da cozinha considera-se períodos iguais de duas horas, período de almoço das 12h até 14h e período de jantar das 19h às 21h. Nestas duas alturas do dia a taxa de efluentes libertados para o ar atmosféricos e humidade é maior e por isso é importante que haja extração nesta divisão. Eventualmente são preparadas refeições noutros períodos do dia como o período de pequeno-almoço mas a pouca quantidade de poluentes libertados não exige extração.

2.5. Determinação das necessidades de aquecimento.

Para poder estudar o impacto energético da ventilação é necessário determinar as necessidades horárias de aquecimento. Para tal, e pela consulta do Decreto-Lei nº 80/2006 de 4 de Abril (RCCTE), pode-se verificar que as necessidades de aquecimento (N_i) dependem dos seguintes fatores:

$$N_i = \frac{(\dot{Q}_T + \dot{Q}_V - \dot{Q}_{gu})}{A_p} [kWh/m^2] \quad (2)$$

Onde:

\dot{Q}_T – Perdas de calor por condução através da envolvente exterior;

\dot{Q}_V – Perdas de calor por renovação de ar;

\dot{Q}_{gu} – Ganhos úteis.

As perdas de calor por condução através da envolvente exterior consideram quer paredes como coberturas e pavimentos, nesta situação não se trata de um factor importante de determinar. As perdas de calor por renovação de ar é o fator que interessa e descrito em diante. O valor de \dot{Q}_{gu} , ou seja ganhos úteis, é resultante quer da radiação solar que incide sobre a fração autónoma, quer ganhos internos provenientes de equipamentos a operar no interior das frações autónomas e pelos próprios ocupantes. Este termo é considerado nulo uma vez que estes ganhos contribuem de forma positiva para as necessidades de aquecimento.

O único valor a ter em conta é por isso \dot{Q}_V , ou seja perdas de calor resultantes de renovação de ar, pois não se pretende nesta situação climatizar mas sim renovar o ar sem controlo da temperatura interior.

Tem-se por isso:

$$N_i = \frac{\dot{Q}_V}{A_p} [kWh/m^2] \quad (3)$$

Da equação vem:

$$\dot{Q}_V = \frac{\rho \cdot c_p \cdot R_{ph} \cdot V \cdot (\theta_i - \theta_{atm})}{3600} [kW] \quad (4)$$

Onde:

ρ – Massa volúmica do ar, toma correntemente o valor de 1,2 kg/m³;

c_p – Calor específico do ar, para uma temperatura de 15°C toma o valor de 1.007 J/kg.°C;

V – volume interno da fração autónoma em causa, em m^3 , multiplicação da área útil de pavimento A_p (m^2) com o pé direito P_d (m) da fração autónoma;

θ_i – Temperatura interior de referência, em $^{\circ}C$;

θ_{atm} – Temperatura da ar exterior, em $^{\circ}C$.

Esta é a formulação que permite pois determinar as necessidades de aquecimento associadas à renovação de ar [9].

No entanto esta fórmula precisa ser adaptada a ventilação natural ou ventilação mecânica. A diferença entre estes dois tipos de considerações é que na ventilação natural é conhecido o valor das renovações por hora, R_{ph} , enquanto na ventilação mecânica é necessário determinar este valor através do quociente entre os caudais de extração e o volume interior da fração.

Os valores finais de N_i obtêm-se pela soma de cada um dos valores obtidos.

$$N_i = \sum_h N_{i,h} = \sum_h \frac{0,34 \cdot R_{ph,h} \cdot (\theta_{i,h} - \theta_{atm,h})}{A_p} [kWh/(m^2 \cdot ano)] \quad (5)$$

2.6. Determinação do valor das renovações por hora mecânicas e naturais para cada cenário considerado.

Para cada cenário criado há que ter em conta o número de renovações horárias, ou seja, Taxa de Renovação do Ar. Segundo o Regulamento das Características de Comportamento Térmico de Edifícios (RCCTE), taxa de renovação do ar é o *caudal horário de entrada de ar novo num edifício ou fração autónoma para renovação do ar interior, expresso em múltiplos do volume interior útil do edifício ou da fração autónoma* [9].

Para poder determinar esta variável:

$$R_{ph} = \frac{\dot{V}}{V} [h^{-1}] \quad (6)$$

Sendo:

\dot{V} – Caudal de ar novo em m^3/h ;

V – Volume interior da fração autónoma em m^3 .

Quando se ventila mecanicamente há que ter em conta que se os ventiladores responsáveis pela extração do ar extraem um determinado caudal que se for superior ao valor das

renovações horárias devidas às infiltrações, ventilação natural, fazem com que estes predominem. Porém se se verificar a situação contrária, ou seja, a taxa de infiltrações for superior à taxa de renovação de ar proveniente de um sistema mecânico, então a ventilação mecânica tem de ser contabilizada em conjunto com o valor de renovação de ar o que não é necessário. Voltando à questão da extração mecânica, para uma situação qualquer em que os ventiladores deixam de estar operacionais, o ar continua a ser renovado de forma natural (não é por desligar os ventiladores que as características construtivas da fração autónoma são alteradas), inclusive as próprias condutas que proporcionam a extração mecânica acabam por servir de meio de extração natural se não forem tamponadas e devidamente seladas depois de utilização, o que normalmente não acontece.

Uma vez que se considera extração nas cozinhas, é necessário ter em conta qual o caudal de extração nestes compartimentos. De salientar e depois de consulta em catálogos correntes presentes no mercado encontra-se uma diversidade de maquinaria para diversos tipos de aplicação. Eis que se opta por utilizar um valor standard de 300 m³/h. Normalmente o dimensionamento deste tipo de dispositivos tem em conta o volume da própria cozinha e dessa forma se obtém a taxa de renovação de ar exclusivamente nesta divisão. A título de exemplo para uma cozinha de área 11,5 m² e para um pé direito de 2,6 m obtém-se um volume interior de aproximadamente de 30 m³. Nestas condições o valor de rph para a cozinha é de 10 h⁻¹, ou seja, a cada 6 minutos o ar da cozinha é renovado e considera-se capaz de remover de forma eficaz os poluentes e os odores. Para a fração autónoma que se considera, uma vez que o seu volume interior é de 260 m³ obtém-se um valor de 1,1 h⁻¹. Isto significa que se o extrator da cozinha estiver ligado durante 1 hora consegue extrair 1,1 vezes o volume da fração autónoma. Da mesma maneira a extração na casa de banho considera valores presentes e correntes de mercado. Neste caso considera-se 75 m³/h e se se considerar que a fração autónoma possui uma casa de banho, a título de exemplo, com uma dimensão de 6 m² e por isso um volume interior de 15,6 m³, a cada hora o extrator consegue renovar 4,8 vezes o volume da casa de banho. A cada 12,5 minutos é renovado o ar da casa de banho. Para a fração autónoma considerada de volume interior de 260 m³/h a taxa de renovação é de 0,3 h⁻¹. Estes valores servem apenas a título de exemplo para precisão caso particular aqui em estudo, se se variar os valores quer de caudal ou até mesmo a volumetria da fração autónoma os valores vêm com valores diferentes. Se porém se considerar que o extrator da cozinha opera apenas em 75% do tempo total então a taxa de ventilação considerada é de 0,9 h⁻¹:

$$Rph = 75\% \times \frac{300}{260} = 0,9 h^{-1} \quad (7)$$

2.7. Dimensionamento dos ventiladores de extração centralizada

Como é enunciado no subcapítulo 2.4., o cenário centralizado MC5 utiliza um valor diferente para o caudal de extração. De seguida é explicado o procedimento de obtenção deste caudal assim como o dimensionamento dos ventiladores de extração centralizada.

O ventilador responsável pela extração na cozinha tem de ser dimensionado de forma a conseguir responder de forma eficiente às exigências que lhe são impostas. Considera-se a situação de um ventilador colocado na cobertura de um edifício multifamiliar constituído por 4 pisos, de forma a simplificar a obtenção deste valor, cada piso possui uma fração autónoma de iguais características. O ventilador permite a extração centralizada e repartida pelas quatro frações autónomas e de funcionamento idêntico. A única variável possível de ser controlada pelos ocupantes das frações autónomas em causa é a válvula de acionamento.

Posto isto, e para efeitos de dimensionamento, considera-se uma rede de condutas desde o ventilador, até cada uma das frações autónomas. Como exemplo considera-se a instalação representada na Figura 15. Na tabela 4 são enunciados os elementos construtivos.

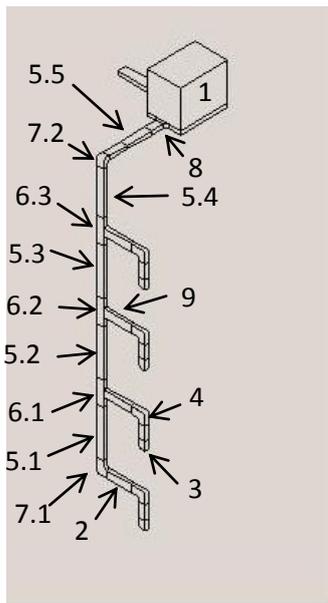


Figura 15 Instalação considerada para efeitos de dimensionamento de ventilador de cozinha

Tabela 4 Constituição da instalação utilizada para dimensionamento de ventilador de cozinha

Componente #	Características da instalação
1	Ventilador de cobertura tipo
2	Conduta circular com 1,5 m
3	Conduta circular com 0,5 m
4	Curva com 90°
5.1	Conduta circular com 3 m entre pisos 0 e 1
5.2	Conduta circular com 3 m entre pisos 1 e 2
5.3	Conduta circular com 3 m entre pisos 2 e 3
5.4	Conduta circular com 3 m entre piso 3 e cobertura
5.5	Conduta circular com 3 m de ligação ao ventilador
6.1	Tê de ligação entre pisos 0 e 1
6.2	Tê de ligação entre pisos 1 e 2
6.3	Tê de ligação entre pisos 2 e 3
7.1	Cotovelo circular de 90° entre ramal secundário e ramal principal
7.2	Cotovelo circular de 90° entre ramal principal e cobertura
8	Junção de conduta de cobertura 5.5 e ventilador
9	Junção entre condutas secundárias e têes

Quanto ao tipo de condutas e elementos utilizados atualmente existe uma grande variedade de sistemas disponíveis no mercado. Quanto às condutas essencialmente consideram-se dois grandes grupos: circulares e retangulares. Podem ser consideradas outras geometrias mas essencialmente é mais usual utilizar estas duas geometrias. As condutas circulares são caracterizadas pelo seu custo reduzido, induzem menor perda de carga e geram menos ruído durante a sua utilização apesar de exigirem maiores pés direitos onde são instaladas. As condutas retangulares permitem a sua aplicação em zonas de menor pé direito, desde que a sua relação entre largura/altura nunca seja maior que 5, induzem maior perda de carga e o seu custo é mais elevado comparativamente às circulares. Apesar das características dos dois tipos de condutas representadas anteriormente, e uma vez que não se entra em linha de conta com questões económicas, opta-se por condutas circulares.

Como se verifica pela instalação acima, esta é constituída por uma série de condutas e elos de ligação. Para dimensionar o ventilador inicialmente é preciso determinar a perda de carga máxima da instalação. Obtendo este valor e em conjunto com o caudal máximo que se considera, pela consulta de um catálogo de ventiladores é possível selecionar um ventilador em catálogos da especialidade.

O Método do Ramal Crítico é o método utilizado para o dimensionamento dos ventiladores. Este processo de dimensionamento passa pela determinação do ramal da instalação cujo valor da perda de carga é maior. Com este valor, e em conjunto com o caudal máximo que o ventilador consegue extrair consegue-se determinar qual o ventilador capaz de cumprir essa tarefa e obter a respetiva potência de funcionamento. A aplicação deste método inicia-se pela determinação das perdas de carga da instalação que podem ser de dois tipos: perdas em linha e perdas localizadas. No que diz respeito a perdas em linha, ΔP_L , estas dizem respeito a perdas em condutas. Este valor determina-se recorrendo a tabelas pertencentes ao manual de referência ASHRAE Handbook Fundamentals [14], onde com os valores de velocidade na conduta e respetivo diâmetro da conduta é devolvido o valor da perda em função do comprimento, Pa/m. Na Figura 16 demonstra-se como se obtém o valor.

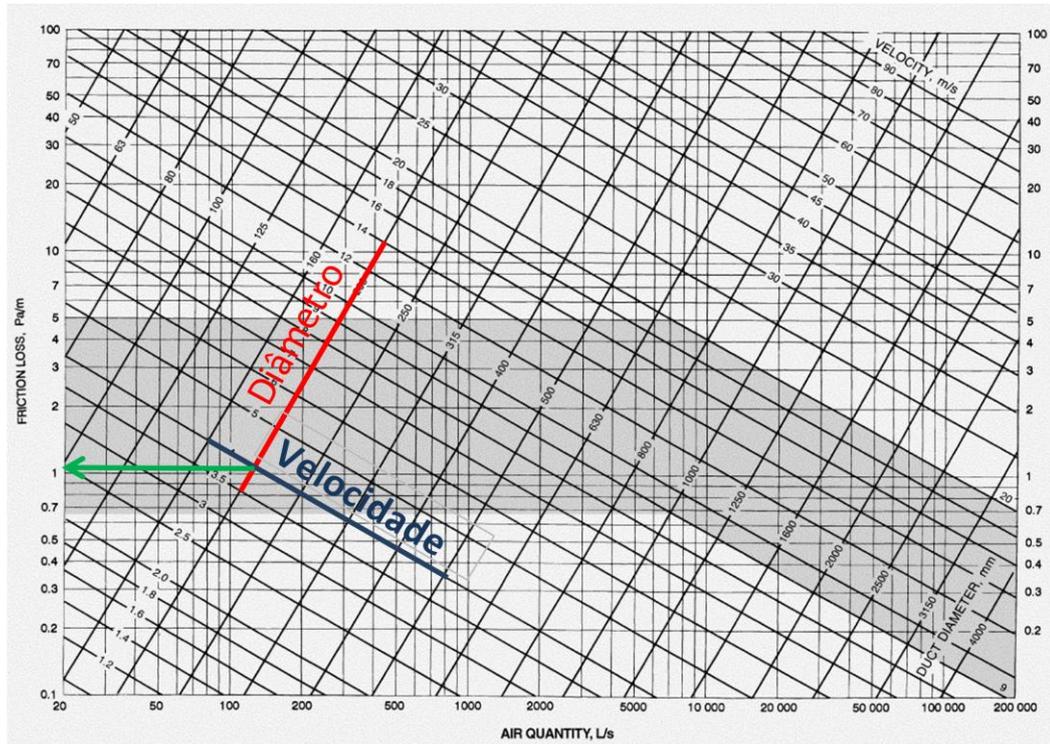


Figura 16 Diagrama para cálculo de perdas em linha

Com o valor obtido na Figura 16 basta multiplicar pelo comprimento total da conduta em causa:

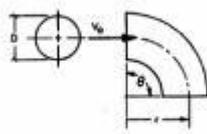
$$\frac{Pa}{m} \times \text{comprimento conduta em metros} \quad (8)$$

Para a determinação das perdas localizadas, ΔP_K , este valor é função da geometria que se considera para o elemento. Podem ser considerados diversos tipos de elementos desde curvas, Tês's, elos de ligação, etc. Para cada tipologia encontram-se valores de perda de carga respetiva em função das suas dimensões e do caudal a circular no interior do respetivo elemento. Dito isto, e para a instalação que se considera e respetivos componentes (presentes na Tabela 5), e uma vez que a instalação possui muita diversidade exemplifica-se o procedimento de obtenção para um elemento, neste caso o elemento 7.2. (cotovelo circular de 90° entre ramal principal e cobertura). A consulta da tabela presente na Figura 17 permite a obtenção do valor de perda de carga localizada.

Projeto condutas

COTOVELOS

3-1 Cotovelo, Raio suave, Redonda (Locklin 1950, Eq. A-10)



$C_0 = K_f C_v'$

Coefficientes para cotovelos de 90°

r/D	0,5	0,75	1,0	1,5	2,0	2,5
C_v'	0,71	0,33	0,22	0,15	0,13	0,12

Fatores de correção do ângulo K_a (Idelchik 1986, Diagrama B-1):

θ	0	20	30	45	60	75	90	110	130	150	180
K_a	0	0,31	0,45	0,60	0,78	0,90	1,00	1,13	1,20	1,28	1,40

Figura 17 Determinação dos coeficientes de descarga para determinação das perdas de carga localizadas

Executa-se este procedimento para os restantes elementos sendo que para cada um deles a aplicação da equação (9) permite obter o valor da perda de carga localizada.

$$\Delta P_K = C_0 \cdot \rho \cdot \frac{v^2}{2} [Pa] \quad (9)$$

A determinação da perda de carga total é resultado do somatório entre as perdas de carga em linha e perdas de carga localizadas.

$$\Delta P_T = \Delta P_L + \Delta P_K \quad (10)$$

Para efeitos de dimensionamento e utilização do Método do Ramal Crítico, considera-se como ramal crítico o piso 0 pois é aquele onde se encontram mais elementos que introduzem maior perda de carga. Apesar de nos restantes pisos não se considerar a perda de carga respetiva aos ramaes secundários, o ventilador extrai um caudal de 1200 m³/h, resultante da extração de 300 m³/h por 4 frações. Com isto considera-se que o ventilador está a dimensionado em duas vertentes importantes, máximo caudal e máxima perda de carga. Se o ventilador for projetado nestas características então consegue responder a todas as premissas que lhe sejam impostas. Uma vez que se trata de extração de ar a massa volúmica (ρ) é de 1,2 kg/m³. De seguida é enunciado o procedimento de cálculo efetuado para extração apenas no piso 0. Os cálculos são representados na Tabela 5. Para extração apenas no piso 0 temos de considerar os seguintes elementos: uma conduta do tipo 2, que executa a extração do piso 0; uma conduta do tipo 3; uma curva de 90° (4); condutas do ramal principal 5 (5.1, 5.2, 5.3, 5.4 e 5.5); tês de 6.1 a 6.3; curvas de 90° (7.1 e 7.2); uma junção (8) entre o ventilador e conduta 5.5. Não se considera o elemento 9 uma vez que a extração é efetuada no piso 0. Introduzidos estes valores na Tabela 5 permite obter os valores de perda de carga total.

Tabela 5 Dimensionamento ventilador de cozinha

Perda de Carga – Dimensionamento só cozinha										
Elemento	Linha (L) /Localizada (K)	Número	Caudal (m ³ /h)	Velocidade (m/s)	Área (m ²)	Diâmetro (mm)	Co	Comprimento (m)	Pa/m	Perda de Carga (Pa)
2	L	1	300	8,0	1,04E-02	115	0	1,5	8	12
3	L	1	300	8,0	1,04E-02	115	0	0,5	8	4
4	k	1	300	8,0	1,04E-02	115	0,22	0	0	8,45
5.1	L	1	300	8,0	1,04E-02	115	0	3	8	24
5.2	L	1	600	7,8	2,14E-02	165	0	3	4,5	13,5
5.3	L	1	900	7,9	3,14E-02	200	0	3	3,5	10,5
5.4	L	1	1200	8,0	4,16E-02	230	0	3	3,2	9,6
5.5	L	1	1200	8,0	4,16E-02	230	0	3	3,2	9,6
6.1	k	1	600	7,8	2,14E-02	165	0,58	0	0	22,08
6.2	k	1	900	7,9	3,14E-02	200	0,21	0	0	8,06
6.3	k	1	1200	8,0	4,16E-02	230	-0,08	0	0	-3,07
7.1	k	1	300	8,0	1,04E-02	115	0,22	0	0	8,45
7.2	k	1	1200	8,0	4,16E-02	230	0,22	0	0	8,45
8	k	1	1200	8,0	4,16E-02	230	0,06	0	0	2,3
9	k	0	300	8,0	1,04E-02	115	0,1	0	0	0
										138

Com o valor de perda de carga de 138 Pascal e um caudal de 1200 m³/h, a consulta de um catálogo de ventiladores de cobertura da marca EFAPLU permitirá obter o ventilador necessário. Uma vez que o ventilador é para instalação na cobertura, opta-se pelo ventilador apresentado na Figura 18, ventilador de cobertura de descarga vertical.



Figura 18 Ventilador de cobertura descarga vertical para extração na cozinha

A Figura 19 demonstra uma curva de um ventilador em que a perda de carga e respetivo caudal coincidem, como tal este ventilador consegue responder às exigências da instalação. As características técnicas do respetivo ventilador permitem retirar o valor da potência a instalar, neste caso trata-se de um ventilador DV 310L- 4-4 D. Na Figura 20 são descritas as suas características técnicas (Ver Anexo A).

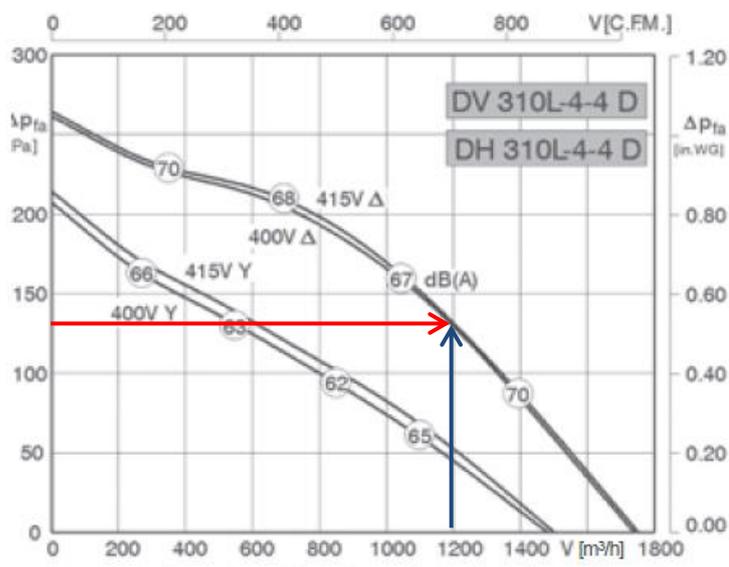


Figura 19 Curva do ventilador de cozinha utilizado

DADOS TÉCNICOS

	Tensão V/Hz	Potência Absorvida kW	Intensidade Nominal A	Velocidade rpm	Condensador µF	Temp. Máx. °C	Var. Int. Admissível %	Relação I Arranque I Nominal	Classe Prot. Motor	Diagrama Ligação	Peso Kg	Transformador 5 Posições	Controlador Eletrónico Contínuo	Interruptor Protecção Motor
DV/DH 310L-4-4 D	400/50 Δ/Y	0.15/0.09	0.32/0.16	1320/1030	-	50	-	2.3	IP44	01.045	10	-	-	MSD2

Figura 20 Características técnicas do ventilador utilizado

Dos valores a retirar importa referir a potência de 0,15 kW, 150 W. No entanto, e uma vez que este ventilador é utilizado na extração centralizada de 4 frações autónomas, o valor da potência é repartida pelas quatro frações autónomas. Resulta pois numa potência de 37,5 W por cada fração autónoma.

No que diz respeito ao ventilador de casa de banho, apesar de não se considerar controlo do ocupante sobre o bocal de extração, considera-se a mesma instalação presente na Figura 15 alterando apenas os diâmetros das condutas utilizadas. Aplicando o mesmo procedimento de cálculo na Tabela 5, para um caudal total de 300 m³/h, 75 m³/h por cada uma das 4 frações autónomas obtém-se uma perda de carga de 19 Pa. Considerando na mesma um ventilador de cobertura da mesma marca, EFAFLU, a análise do catálogo da marca representado pela Figura 21 obtém um ventilador de potência de 20 W (ver Anexo B).

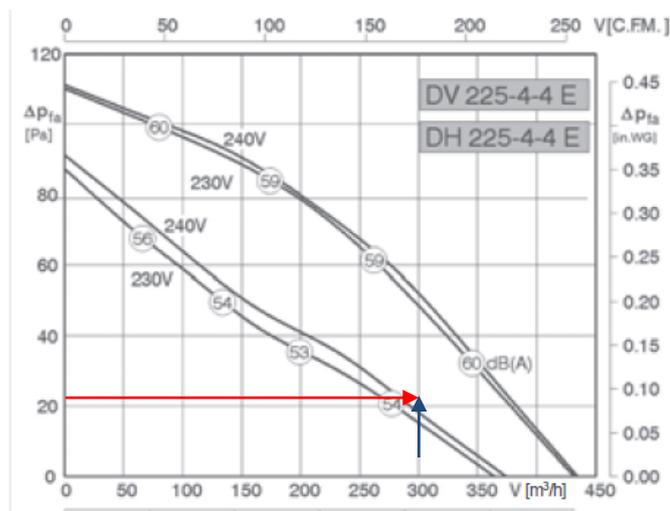


Figura 21 Seleção do ventilador de extração casa de banho centralizado

Como se refere anteriormente o cenário testado MC5 parte do mesmo princípio que os restantes cenários, isto é, a sua finalidade é de comparar com os restantes cenários utilizando um procedimento de cálculo idêntico. No entanto os valores utilizados são obtidos de maneira

diferente. O perfil de utilização de extração segue o mesmo horário que o cenário independente MI, no entanto são considerados diferentes caudais de extração que desta vez são obtidos por um processo iterativo. Uma vez que em situações anteriores o caudal de extração na cozinha era de $300 \text{ m}^3/\text{h}$ em cada fração, se apenas se considerar extração num dos 4 pisos, então o ventilador concentra nesse piso todo o seu poder de extração. Em vez disso se se considerar extração em vários pisos, ou seja se em mais do que uma fração autónoma os extractores possuem as suas válvulas abertas, então a potência do ventilador em vez de se concentrar apenas num piso reparte a sua potência em vários pisos. Por isso como está sujeito a uma maior carga é provável e espectável que consiga extrair menos caudal por fração. Considerando o procedimento de determinação das perdas de cálculo representado na Tabela 6, e para extração na cozinha, considera-se um caudal inicial superior a $300 \text{ m}^3/\text{h}$. Arbitra-se $400 \text{ m}^3/\text{h}$ obtêm-se uma perda de carga de 78 Pa.

Tabela 6 Perda de carga cenário MC5

Perda de carga piso 0 1ª Iteração										
Elemento	Linha (L) /Localizada (K)	Número	Caudal (m ³ /h)	Velocidade (m/s)	Área (m ²)	Diâmetro (mm)	Co	Comprimento (m)	Pa/m	Perda de Carga (Pa)
2	L	1	400	10,7	1,04E-02	115	0	1,5	12	18
3	L	1	400	10,7	1,04E-02	115	0	0,5	12	6
4	k	1	400	10,7	1,04E-02	115	0,22	0	0	15,1
5.1	L	1	400	10,7	1,04E-02	115	0	3	12	36
5.2	L	1	400	5,2	2,14E-02	165	0	3	2,1	6,3
5.3	L	1	400	3,5	3,14E-02	200	0	3	0,8	2,4
5.4	L	1	400	2,7	4,16E-02	230	0	3	0,5	1,35
5.5	L	1	400	2,7	4,16E-02	230	0	3	0,5	1,35
6.1	k	1	400	5,2	2,14E-02	165	-0,9	0	0	-14,58
6.2	k	1	400	3,5	3,14E-02	200	-0,9	0	0	-6,75
6.3	k	1	400	2,7	4,16E-02	230	-0,9	0	0	-3,86
7.1	k	1	400	10,7	1,04E-02	115	0,22	0	0	15,1
7.2	k	1	400	2,7	4,16E-02	230	0,22	0	0	0,94
8	k	1	400	2,7	4,16E-02	230	0,06	0	0	0,26
9	k	0	400	10,7	1,04E-02	115	0,1	0	0	0
										78

Com este valor de perda de carga, e através da consulta da curva característica associada ao ventilador escolhido, verifica-se pela análise da Figura 22 que o ponto de funcionamento fica abaixo da curva.

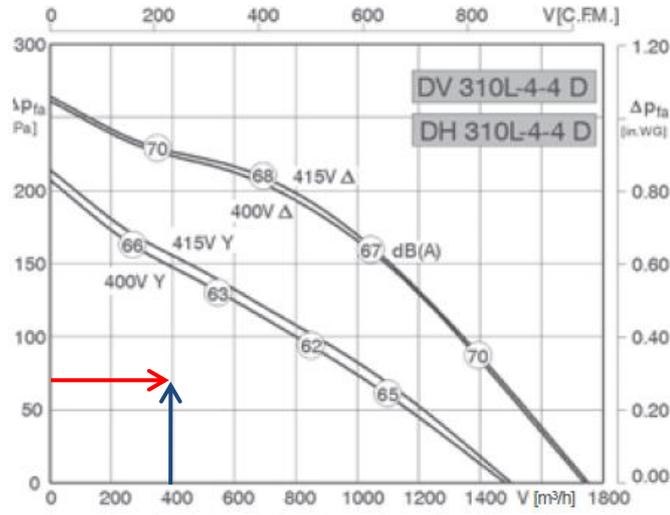


Figura 22 Ponto de funcionamento 1ª iteração

Uma vez que se pretende obter um ponto que coincida com a curva, realizando diversas iterações para diferentes valores de caudal, obtêm-se diferentes valores de perda de carga representados na Tabela 7. No final obtém-se uma perda de carga de 212 Pa quando se considera um caudal de extração de 698 m³/h.

Tabela 7 Iterações efetuadas ventilador cozinha

Iteração	Caudal [m ³ /h]	Perda de Carga [Pa]
1	400	78
2	450	112
3	700	242
4	650	200
5	698	212

O ponto ideal de funcionamento encontra-se representado com número “1” na Figura 23 e correspondente à 5ª iteração. Este ponto intersesta a curva característica da perda de carga da instalação representada na Figura 24 no ponto a vermelho.

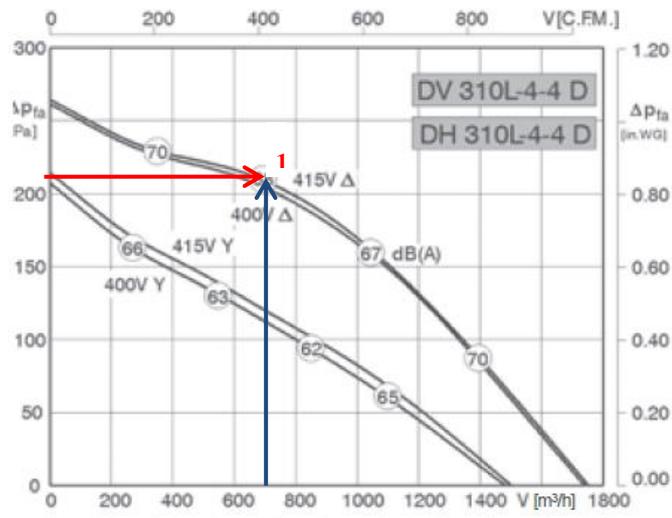


Figura 23 Ponto ideal de funcionamento

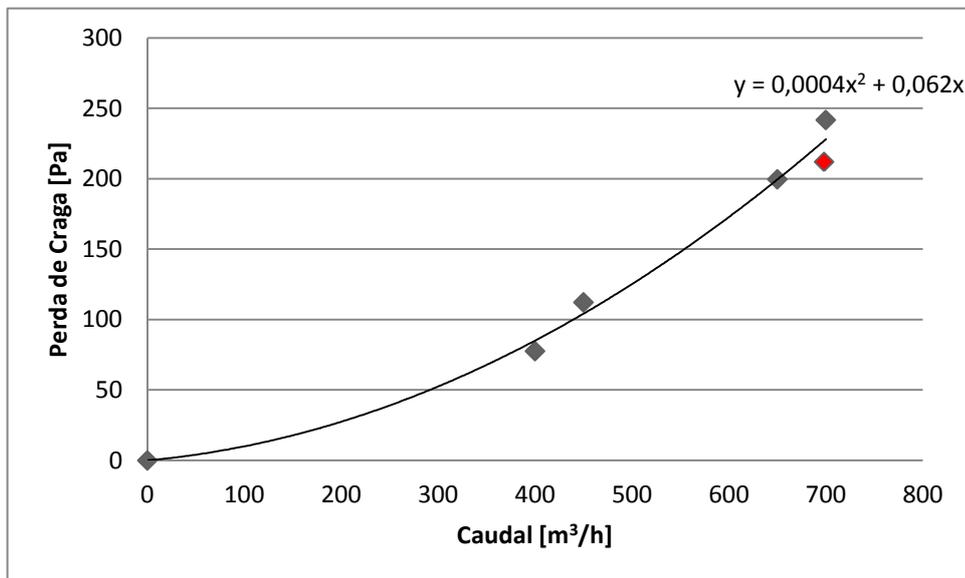


Figura 24 Cálculo Perda de Carga instalação

Posto isto, considera-se um caudal de extração de 698 m³/h para a cozinha quando apenas se considera extração numa fração mantendo-se o valor de 75 m³/h na casa de banho. Este procedimento de cálculo não é efetuado para a casa de banho que vê o seu caudal em MC5 permanecer nos 75 m³/h uma vez que como foi referido não existe qualquer tipo de controlo sobre o bocal de extração (Anexo B, Figura 48).

2.8. Consumo de eletricidade dos ventiladores

Depois de determinadas as necessidades de aquecimento há que se considerar os consumos de eletricidade dos ventiladores pois estando estes em atividade consomem energia elétrica que tem de ser obrigatoriamente contabilizada no cálculo final.

Ao contrário das necessidades de aquecimento em que apenas interessa contabilizar na estação de aquecimento (de 4 de outubro a 12 de maio), os ventiladores pelo contrário operam o ano inteiro.

$$E_v = \frac{P_v \cdot h}{1000 \cdot A_p} [kWh/m^2] \quad (11)$$

Onde:

P_v corresponde à potência do ventilador em causa, em W;

h – Número de horas de funcionamento;

1.000 – Fator de conversão de Watt para quilowatt;

A_p – Área efetiva da fração autónoma considerada [9].

Como potências efetivas tem-se para o sistema centralizado 37,5 W no caso da cozinha, provenientes da divisão da potência total de 150 W por 4 frações autónomas consideradas. Para a casa de banho 5 W, provenientes da divisão da potência total de 20 W pelas 4 frações autónomas. Para o caso do sistema independente, na cozinha considera-se um extrator com motor incorporado, disponível em lojas da especialidade e com potência de 85 W. A casa de banho utiliza o mesmo procedimento, extrator com motor acoplado e que debita uma potência de 15 W. No final consideram-se as necessidades de aquecimento com o consumo dos ventiladores. No entanto o valor das necessidades de aquecimento vem em energia útil e não energia final. Para essa conversão divide-se então as necessidades de aquecimento pelo rendimento do sistema de climatização considerado.

$$E_{final} = \frac{N_{útil}}{\eta} [kWh/m^2] \quad (12)$$

Para uma fração autónoma que disponha de um sistema relativamente comum de climatização por caldeira a combustível gasoso, sistema correntemente utilizado através da instalação de uma caldeira e por uma rede de radiadores dispostos na fração autónoma. O valor de referência presente no RCCTE de rendimento de um sistema deste tipo é de 87% e aquele que se utiliza, no entanto para diferentes tipos de sistemas do género obtêm-se rendimentos função do tipo de equipamento [9].

3. Apresentação e discussão de resultados

Depois de se definir a metodologia a ter em conta no desenvolvimento da tese de seguida são demonstrados os resultados obtidos.

Relembra-se que a fração autónoma que se considera mantém as mesmas propriedades consideradas anteriormente e que estão descritas na Tabela 8.

Tabela 8 Características fração autónoma considerada para os diversos cenários

Pd [m]	Ap [m ²]	V [m ³]
2,6	100	260

3.1. Comparação entre cenários de ventilação natural (VN)

Os cenários de ventilação natural apenas divergem uns dos outros na qualidade construtiva considerada para a fração autónoma que se considera, ou seja estanquicidade da mesma. Como já se referiu na metodologia a sua principal funcionalidade é servir de termo de comparação quando se consideram sistemas de extração mecânicos. Nestes cenários considera-se que os sistemas de extração estão desligados e a renovação de ar provém apenas de infiltrações de ar. Para cada uma das taxas de infiltração consideradas, determinam-se os valores horários das necessidades de aquecimento (Ni), Figura 25.

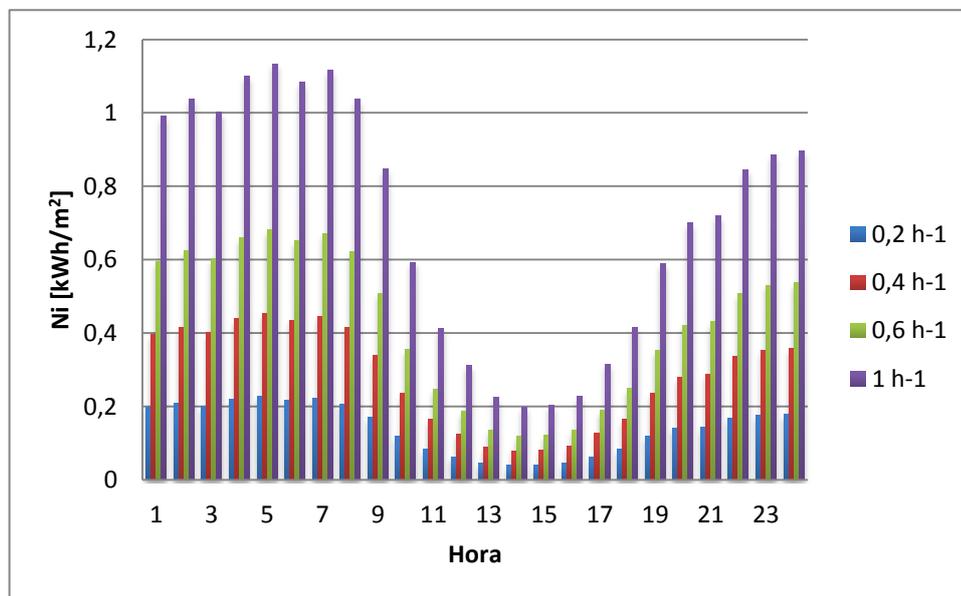


Figura 25 Necessidades de aquecimento horárias para taxa de infiltrações de 0,2 h⁻¹, 0,4 h⁻¹, 0,6 h⁻¹ e 1 h⁻¹

Numa primeira análise verifica-se que independentemente da taxa de infiltrações que se considera, o comportamento de Ni é idêntico em todos, ou seja, são mais elevadas nas primeiras horas do dia assim como nas horas finais. Além disso é possível verificar que o

valor máximo é atingido por volta das 5h da manhã independentemente da taxa de infiltrações que se considera. O valor mínimo é registado entre as 13h e as 15h para uma taxa de $0,2 \text{ h}^{-1}$ enquanto nos restantes cenários a entre as 14h e as 15h. Os valores da Figura 25 são então transferidos para a Tabela 9 para melhor análise dos resultados.

Tabela 9 Necessidades de aquecimento horárias para todas as taxas de infiltração

Cenário	Hora	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
N1 para $0,2\text{h}^{-1}$ [kWh/m ²]		0,20	0,21	0,20	0,22	0,23	0,22	0,22	0,21	0,17	0,12	0,08	0,06	
N2 para $0,4\text{h}^{-1}$ [kWh/m ²]		0,40	0,42	0,40	0,44	0,45	0,43	0,45	0,41	0,34	0,24	0,17	0,12	
N3 para $0,6\text{h}^{-1}$ [kWh/m ²]		0,60	0,62	0,60	0,66	0,68	0,65	0,67	0,62	0,51	0,36	0,25	0,19	
N4 para 1h^{-1} [kWh/m ²]		0,99	1,04	1,00	1,10	1,13	1,08	1,12	1,04	0,85	0,59	0,41	0,31	
Cenário	Hora	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Total [kWh/m ²]
N1 para $0,2\text{h}^{-1}$ [kWh/m ²]		0,04	0,04	0,04	0,05	0,06	0,08	0,12	0,14	0,14	0,17	0,18	0,18	3,4
N2 para $0,4\text{h}^{-1}$ [kWh/m ²]		0,09	0,08	0,08	0,09	0,13	0,17	0,24	0,28	0,29	0,34	0,35	0,36	6,8
N3 para $0,6\text{h}^{-1}$ [kWh/m ²]		0,13	0,12	0,12	0,14	0,19	0,25	0,35	0,42	0,43	0,51	0,53	0,54	10,1
N4 para 1h^{-1} [kWh/m ²]		0,22	0,20	0,20	0,23	0,32	0,41	0,59	0,70	0,72	0,84	0,88	0,90	16,9

A análise da Tabela 9 permite compreender que entre as 14h e 15h, Ni tende a ser mais reduzido, tal deve-se ao efeito do aumento da temperatura exterior com o decorrer do dia e aproximação deste valor com a temperatura interior de referência, neste caso 15°C . Com o aproximar da noite, a temperatura exterior volta a diminuir e o gradiente térmico tem tendência a aumentar, logo Ni aumenta.

Entre cada um dos cenários verifica-se que a estanquicidade está diretamente relacionada com Ni, ou seja, quanto maior é a taxa de infiltrações, ou quanto menor a estanquicidade, maior é o caudal de ar novo introduzido e por isso mais massa de ar é necessária ser aquecida.

A análise mensal de Ni, Figura 26 e Tabela 10, permite verificar que o comportamento de Ni é semelhante à análise horária, isto é, em meses de temperaturas mais baixas como sendo os meses referentes à estação de inverno, de dezembro a março, Ni é mais elevado. Com o aproximar da estação de verão, onde se registam temperaturas exteriores mais elevadas, o valor de Ni tem tendência a decrescer, resultado do crescente aumento da temperatura exterior

e consequente aproximação desta temperatura com a temperatura interior de referência que se considera.

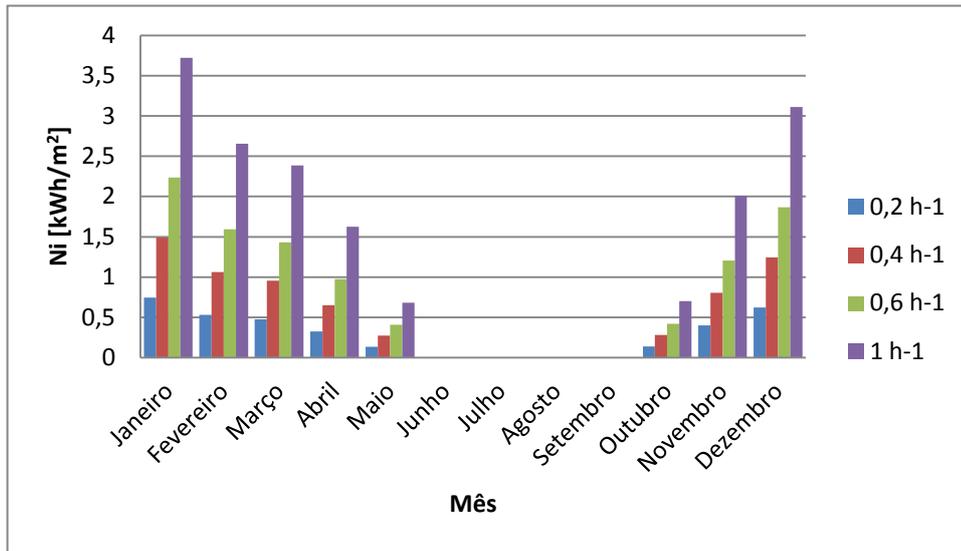


Figura 26 Necessidades de aquecimento mensais

Tabela 10 Necessidades de aquecimento por infiltrações mensais

Cenário	Mês	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	
N1 para 0,2h ⁻¹ [kWh/m ²]		0,74	0,53	0,48	0,32	0,14	-	
N2 para 0,4h ⁻¹ [kWh/m ²]		1,5	1,1	0,95	0,65	0,27	-	
N3 para 0,6h ⁻¹ [kWh/m ²]		2,2	1,6	1,4	0,97	0,41	-	
N4 para 1h ⁻¹ [kWh/m ²]		3,7	2,7	2,4	1,6	0,68	-	
Cenário	Mês	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Total [kWh/m ²]
N1 para 0,2h ⁻¹ [kWh/m ²]		-	-	-	0,14	0,40	0,62	3,4
N2 para 0,4h ⁻¹ [kWh/m ²]		-	-	-	0,28	0,80	1,2	6,8
N3 para 0,6h ⁻¹ [kWh/m ²]		-	-	-	0,42	1,2	1,9	10,1
N4 para 1h ⁻¹ [kWh/m ²]		-	-	-	0,70	2,0	3,1	16,9

Como é de esperar, independentemente do tipo de período que se considere para análise, os valores totais mantêm-se inalterados: 3,4 kWh/m² para N₁, 6,8 kWh/m² para N₂, 10,1 kWh/m² para N₃ e 16,9 kWh/m² para N₄.

Em suma, à medida que o nível de estanquicidade de uma fração autónoma diminui, maior é o caudal por infiltrações e por isso maiores são as necessidades de aquecimento.

Considerar taxas de infiltrações de $0,2 \text{ h}^{-1}$ e mesmo de $0,4 \text{ h}^{-1}$ em construção portuguesa é pouco provável uma vez que as condições climatéricas são pouco adversas em Portugal. Os valores de $0,6 \text{ h}^{-1}$ e 1 h^{-1} são mais considerados; $0,6 \text{ h}^{-1}$ pelo mínimo exigível na atual pela legislação e 1 h^{-1} por aquilo que se considera mais comum.

Independentemente de qual o período que se considere em análise verifica-se que o valor total da cada uma das taxas de infiltração é sempre o mesmo e encontram-se registados na Tabela 11. Estes valores servirão de base de comparação com os cenários de extração mecânica.

Tabela 11 Tabela resumo dos valores N_i para as várias taxas de infiltração

Cenário	N_i [kWh/m ²]
N1	3,4
N2	6,8
N3	10,1
N4	16,9

3.2. Comparação entre cenários de ventilação mecânica

A ventilação híbrida, considerada no desenvolvimento desta tese, pressupõe a extração mecânica em duas divisões como já foi referido, casa de banho e cozinha. A introdução de sistemas mecânicos de extração permite ventilar maiores caudais de ar novo, o que certamente resultará numa maior eficácia de ventilação. A extração pode ser conseguida de duas formas: extração centralizada e independente. Inicia-se a apresentação e discussão dos resultados pelos cenários centralizados.

Cenários centralizados (MC):

Na Tabela 12 são introduzidas todas as características dos cenários respetivos à extração centralizada. O cenário MC5 não vê as suas características representadas na Tabela 12 uma vez que a obtenção dos seus valores prevê outra metodologia

Ventilação em Blocos Habitacionais: Qualidade do ar e economia energética

Tabela 12 Características cenários centralizados de extração

Cenário		MC1		MC2		MC3		MC4	
Horas anuais VN		0	0%	2190	25%	3650	41,7%	5110	58,3%
Horas anuais VMec_WC		8760	100%	6570	75%	5110	58,3%	3650	41,7%
Horas anuais VMec_Coz		8760	100%	6570	75%	5110	58,3%	3650	41,7%
Caudal WC [m ³ /h]	Caudal Coz [m ³ /h]	75	300	75	300	75	300	75	300
Rph N/ %Rph N [h ⁻¹]		0,6	0	0,6	0,2	0,6	0,3	0,6	0,4
Rph VMec_WC / % Rph VMec_WC [h ⁻¹]		0,3	0,3	0,3	0,2	0,3	0,2	0,3	0,1
Rph VMec_Coz / % Rph VMec_Coz [h ⁻¹]		1,1	1,1	1,1	0,9	1,2	0,7	1,2	0,5
Rph Total / % Rph Total [h ⁻¹]		1,4	1,4	1,4	1,1	1,4	0,8	1,4	0,6
Consumo ventilador WC [kWh/m ²]		0,4		0,3		0,3		0,2	
Consumo ventilador Coz [kWh/m ²]		3,3		2,5		1,9		1,4	
Consumo Total [kWh/m ²]		3,7		2,8		2,2		1,6	

Relativamente aos consumos de eletricidade dos ventiladores que estão enunciados na Tabela 12, a obtenção dos seus valores é tratada posteriormente. Os ventiladores que se consideram para a extração centralizada originam taxas de renovação horárias de $1,1 \text{ h}^{-1}$, no caso do ventilador de cozinha e $0,3 \text{ h}^{-1}$ para o ventilador de casa de banho, perfazendo um total de $1,4 \text{ h}^{-1}$. O valor da taxa de renovação de ar é função do número de horas de extração que se considera em cada cenário. No caso do cenário MC1, e uma vez que se considera 100% de extração mecânica, a taxa de renovação total é de $1,4 \text{ h}^{-1}$, somatório da taxa de renovação da cozinha com a renovação na casa de banho. No entanto nos restantes cenários, e com a consequente redução de extração mecânica, a taxa de renovação total tem de ter em conta a percentagem de funcionamento dos ventiladores. Os valores que se consideram pressupõem uma taxa de infiltração da fração autónoma de $0,6 \text{ h}^{-1}$ sendo que posteriormente se demonstram os valores para as restantes taxas de infiltração. No entanto, e para uma dada hora, se a taxa de renovação de ar por sistemas mecânicos for superior ao valor da taxa de renovação de ar por infiltrações, neste caso $0,6 \text{ h}^{-1}$, então o efeito da ventilação natural pode ser ignorado uma vez que os sistemas mecânicos predominam sobre a ventilação natural.

Feitas as devidas considerações determinam-se as necessidades de aquecimento sendo que na Tabela 13 pode-se encontrar o valor horário para cada um dos cenários

Ventilação em Blocos Habitacionais: Qualidade do ar e economia energética

Tabela 13 Necessidades de aquecimento para os cenários centralizados considerando taxa de infiltração de 0,6 h⁻¹

Cenário	Hora	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Total [kWh/m ²]	
MC1 WC		0,29	0,30	0,29	0,32	0,33	0,31	0,32	0,30	0,24	0,17	0,12	0,09	0,06	0,06	0,06	0,07	0,09	0,12	0,17	0,20	0,21	0,24	0,26	0,26	4,9	
MC1 Coz		1,1	1,2	1,2	1,3	1,3	1,3	1,3	1,2	0,98	0,68	0,48	0,36	0,26	0,23	0,23	0,26	0,36	0,48	0,68	0,81	0,83	0,97	1,0	1,0	19,5	
MC2 WC		-	-	-	-	-	0,31	0,32	0,30	0,24	0,17	0,12	0,09	0,06	0,06	0,06	0,07	0,09	0,12	0,17	0,20	0,21	0,24	0,26	-	3,1	
MC2 Coz		-	-	-	-	-	1,3	1,3	1,2	0,98	0,68	0,48	0,36	0,26	0,23	0,23	0,26	0,36	0,48	0,68	0,81	0,83	0,97	1,0	-	12,4	
MC2 VN		0,60	0,62	0,60	0,66	0,68	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,54	3,7
MC3 WC		-	-	-	-	-	-	-	0,30	0,24	0,17	0,12	0,09	0,06	0,06	0,06	0,07	0,09	0,12	0,17	0,20	0,21	-	-	-	2,0	
MC3 Coz		-	-	-	-	-	-	-	1,2	0,98	0,68	0,48	0,36	0,26	0,23	0,23	0,26	0,36	0,48	0,68	0,81	0,83	-	-	-	7,8	
MC3 VN		0,60	0,62	0,60	0,66	0,68	0,65	0,67	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,51	0,53	0,54	6,1
MC4 WC		-	-	-	-	-	0,31	0,32	0,30	-	-	0,12	0,09	0,06	-	-	-	-	-	0,17	0,20	0,21	0,24	-	-	2,0	
MC4 Coz		-	-	-	-	-	1,3	1,3	1,2	-	-	0,48	0,36	0,26	-	-	-	-	-	0,68	0,81	0,83	0,97	-	-	8,1	
MC4 VN		0,60	0,62	0,60	0,66	0,68	-	-	-	0,51	0,36	-	-	-	0,12	0,12	0,14	0,19	0,25	-	-	-	-	0,53	0,54	5,9	

Da mesma maneira que na situação de ventilação exclusivamente natural, durante a madrugada e no período da noite (da 1h às 9h e das 19h às 24h), as necessidades de aquecimento são substancialmente maiores, resultado da maior diferença entre as temperaturas interior e exterior. No restante período, e com o consecutivo aumento da temperatura exterior e aproximação desta à temperatura interior de referência as necessidades de aquecimento são mais reduzidas.

O cenário centralizado MC1 apresenta os valores de Ni mais elevados quer para a cozinha, 19,5 kWh/m², quer para a casa de banho, 4,9 kWh/m². Isto é o resultado dos extractores operarem 24h por dia. Estes valores não são dependentes da taxa de renovação de ar por infiltrações.

Já o cenário MC2 vê a sua utilização dos extractores reduzir 25% do tempo, ou seja em vez das 24h de extração diárias passa a 18h. Isto resulta numa diminuição do valor total de Ni dos 4,9 kWh/m² para os 3,1 kWh/m² no caso do extrator da casa de banho e de 19,5 kWh/m² para 12,4 kWh/m² no caso de extração na cozinha. Uma vez que os extractores vão funcionar durante menos tempo, o seu impacto é menor.

No cenário MC3 em que se considera extração durante 14 horas diárias, com início às 8h e finalização pelas 22h, Ni vê os seus valores reduzirem novamente. O valor de Ni respeitante à casa de banho é agora de 2,0 kWh/m² já a cozinha passa a 7,8 kWh/m². A consideração de 58,3% de extração mecânica neste cenário, e como tal 41,7% do tempo os extractores estão desligados, o valor respeitante a Ni na casa de banho é de menos 35% face a MC2. Já na cozinha a redução do valor de Ni é de 36% quando comparada com o mesmo cenário MC2.

No entanto no cenário MC4 a tendência até então verificada inverte-se, ou seja, apesar de em MC4 se reduzir à percentagem de extração mecânica como até então se tem efetuado, agora com 41,7% num total de 10h diárias, o valor de Ni que se esperava ver reduzir aumenta mesmo que em pouca escala. Agora com 8,1 kWh/m² na cozinha, e 2,0 kWh/m² na casa de banho que não vê o seu valor alterado. Ainda assim é curioso verificar que se trata de um aumento de 3,8%.

A Tabela 13 é resultado da aglomeração de todos os cenários, no entanto e para perceber a evolução das necessidades de aquecimento cenário a cenário, de seguida demonstram-se os gráficos respetivos a cada situação. Isto permite compreender de forma separada o comportamento entre as diversas situações. Relembra-se que a taxa de infiltração é de 0,6 h⁻¹ nesta primeira abordagem. Inicia-se pelo cenário MC1, onde a Figura 27 apresenta os valores de Ni horárias.

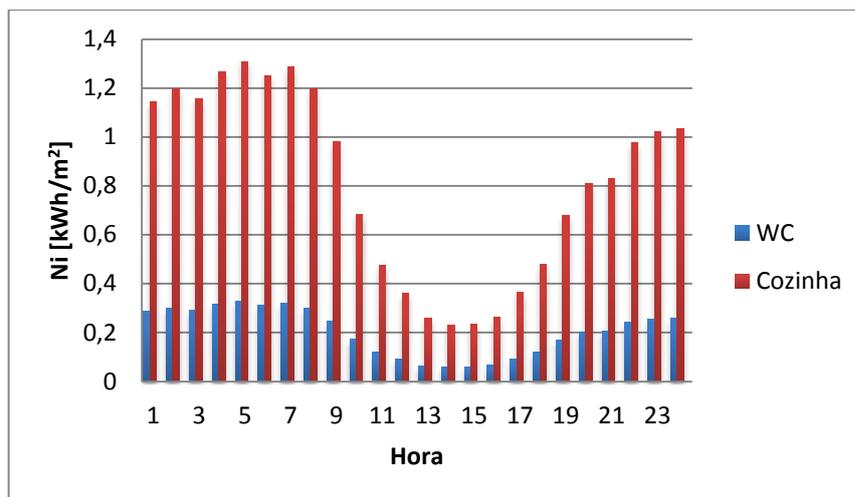


Figura 27 Necessidades de aquecimento horárias para MC1 e taxa de infiltração de $0,6 \text{ h}^{-1}$

Como se verifica em MC1 a extração mecânica predomina, a influência da componente natural é nula, ou seja, este cenário certamente apresenta os valores de Ni máximos. No entanto os cenários MC2 e MC3 representados respetivamente pelas Figuras 28 e 29 demonstram que a redução do período de extração mecânica resulta num aumento da parcela de ventilação natural. Ni vê o seu valor reduzir com a diminuição do funcionamento dos extractores.

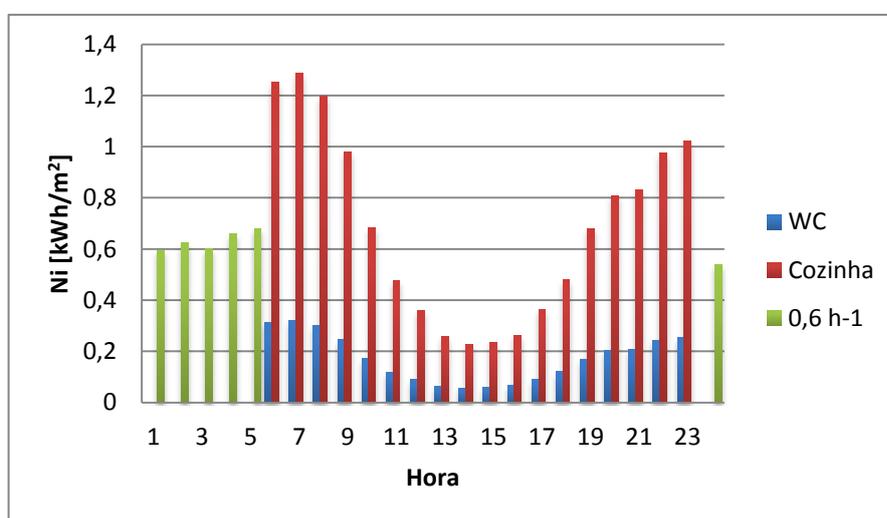


Figura 28 Necessidades de aquecimento horárias para MC2 e taxa de infiltração de $0,6 \text{ h}^{-1}$

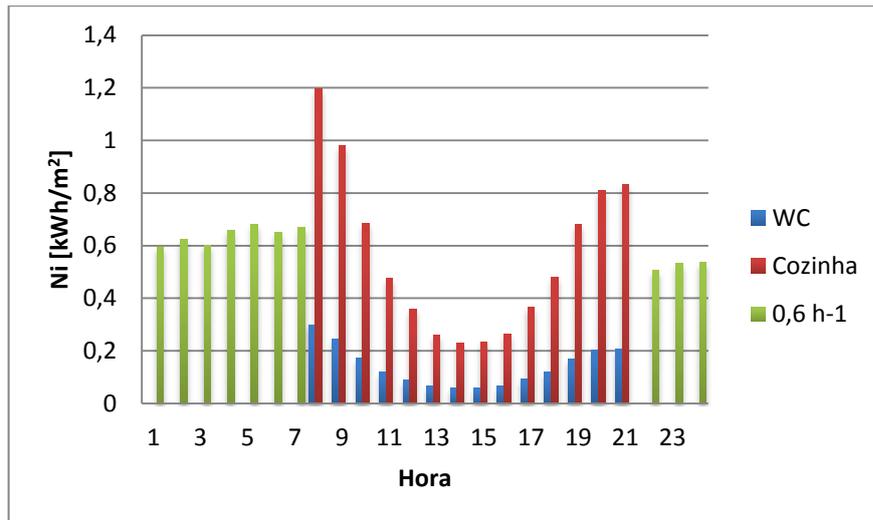


Figura 29 Necessidades de aquecimento horárias para MC3 e taxa de infiltração de $0,6 \text{ h}^{-1}$

O cenário MC4, presente na Figura 30, apesar de se manter a tendência de diminuição da contribuição de extração mecânica e consequente aumento de ventilação natural ainda assim as necessidades de aquecimento devido à parte mecânica aumentam.

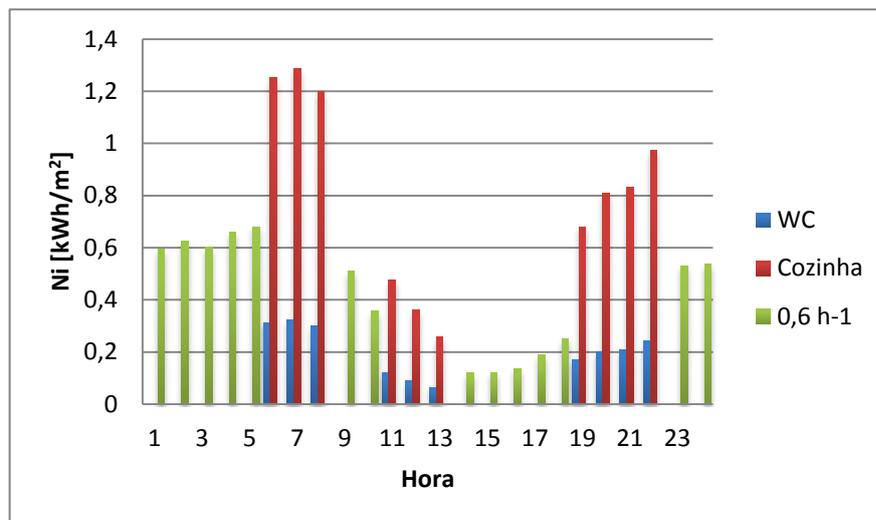


Figura 30 Necessidades de aquecimento horárias para MC4 e taxa de infiltração de $0,6 \text{ h}^{-1}$

Ao se analisar em pormenor o perfil horário entre os cenários MC3 e MC4, averigua-se que apesar de em MC4 os extractores operarem durante menos 16,7% do tempo face a MC3, a extração em MC4 opera em horas de maior gradiente térmico e por isso Ni apresenta valores maiores. Na sexta hora do cenário MC4, Tabela 13, o valor total de Ni é de $1,6 \text{ kWh/m}^2$ face aos $0,65 \text{ kWh/m}^2$ de MC3, ou seja um aumento de $0,95 \text{ kWh/m}^2$. O mesmo se passa na sétima hora, MC4 obtém os mesmos $1,6 \text{ kWh/m}^2$ face aos $0,67 \text{ kWh/m}^2$ de MC3, diferença de $0,93 \text{ kWh/m}^2$. Ou seja, apenas num período de duas horas MC4 apresenta mais $1,9 \text{ kWh/m}^2$ que

MC3. Esta situação verifica-se novamente na vigésima segunda hora em que valor de Ni para MC3 é de 0,51 kWh/m² face aos 1,2 kWh/m² de MC4, diferença de 0,70 kWh/m². Estes acrescentos do valor de Ni fazem com que MC4 apresente um valor total de Ni superior a MC3.

A análise no período de mensal, Tabela 14 e Figuras 31 a 34 permite verificar que em meses de temperaturas mais baixas, como meses de inverno, dezembro e janeiro, Ni assume valores mais elevados. Com a aproximação da época quente o valor tende a diminuir, no entanto os valores totais mantêm-se.

Tabela 14 Necessidades de aquecimento mensais para os cenários centralizados considerando taxa de infiltração de 0,6 h⁻¹

Cenário	Mês	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Total
MC1 WC		1,1	0,77	0,69	0,47	0,20	-	-	-	-	0,20	0,58	0,90	4,9
MC1 Coz		4,3	3,1	2,8	1,9	0,79	-	-	-	-	0,81	2,3	3,6	19,5
MC2 WC		0,7	0,50	0,42	0,26	0,10	-	-	-	-	0,11	0,37	0,62	3,1
MC2 Coz		2,9	2,0	1,7	1,1	0,40	-	-	-	-	0,43	1,5	2,5	12,4
MC2 VN		0,75	0,55	0,56	0,43	0,20	-	-	-	-	0,20	0,43	0,59	3,7
MC3 WC		0,47	0,33	0,25	0,14	0,05	-	-	-	-	0,05	0,24	0,43	2,0
MC3 Coz		1,9	1,3	1,0	0,56	0,18	-	-	-	-	0,20	0,94	1,7	7,9
MC3 VN		1,3	0,90	0,91	0,68	0,31	-	-	-	-	0,32	0,72	0,97	6,1
MC4 WC		0,46	0,32	0,28	0,18	0,07	-	-	-	-	0,08	0,25	0,37	2,0
MC4 Coz		1,9	1,3	1,1	0,74	0,30	-	-	-	-	0,33	0,99	1,5	8,1
MC4 VN		1,3	0,92	0,85	0,59	0,25	-	-	-	-	0,25	0,69	1,1	5,9

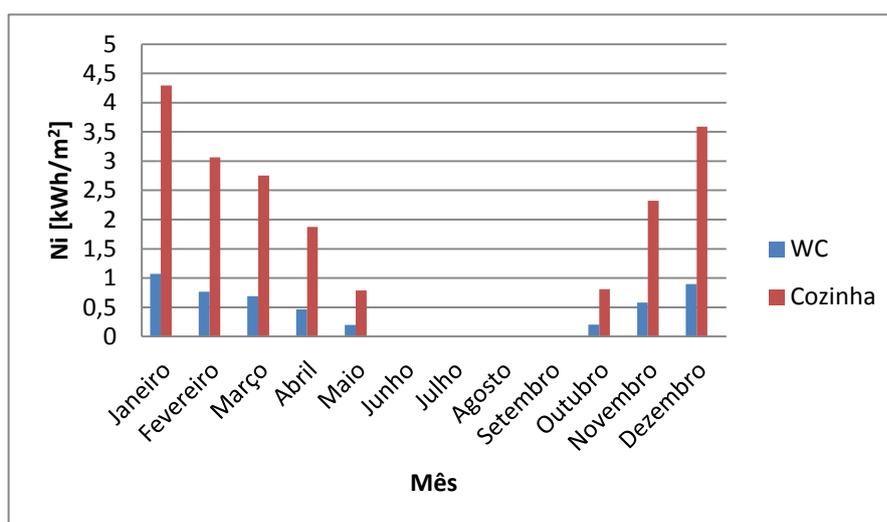


Figura 31 Necessidades de aquecimento mensais para MC1 e taxa de infiltração de 0,6 h⁻¹

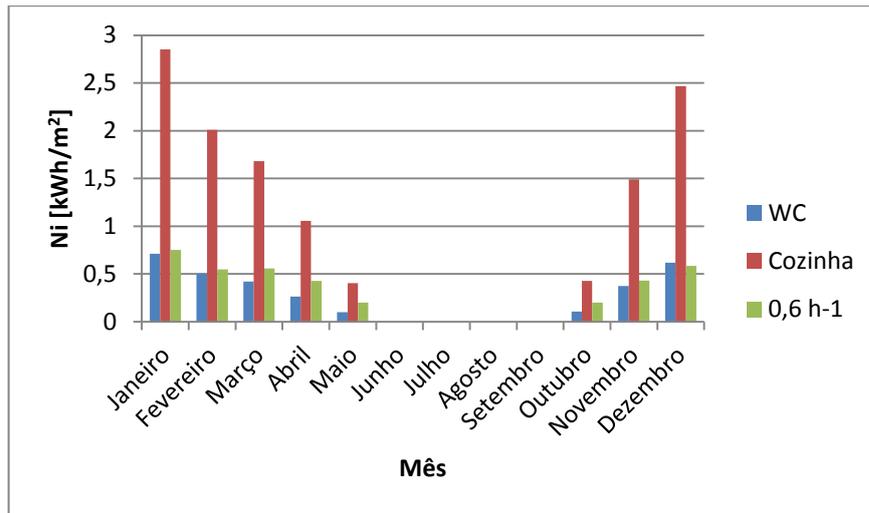


Figura 32 Necessidades de aquecimento mensais para MC2 e taxa de infiltração de 0,6 h⁻¹

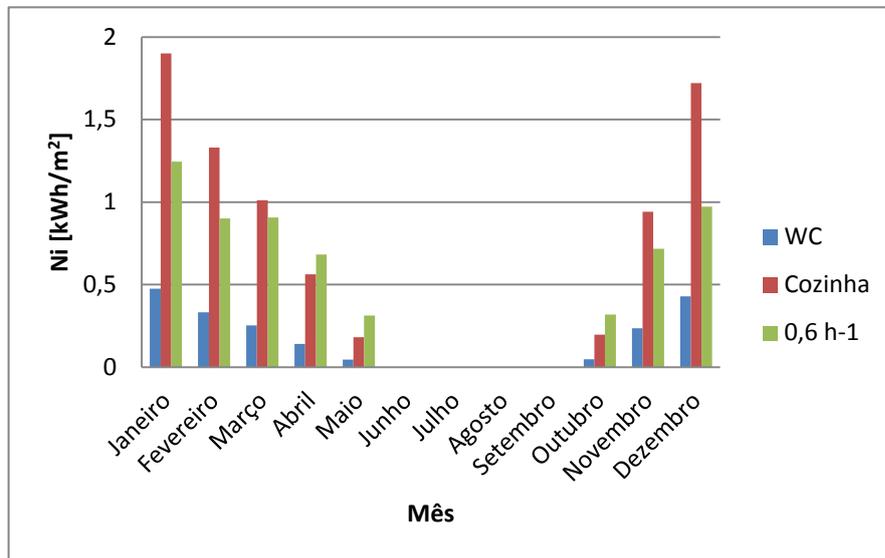


Figura 33 Necessidades de aquecimento mensais para MC3 e taxa de infiltração de 0,6 h⁻¹

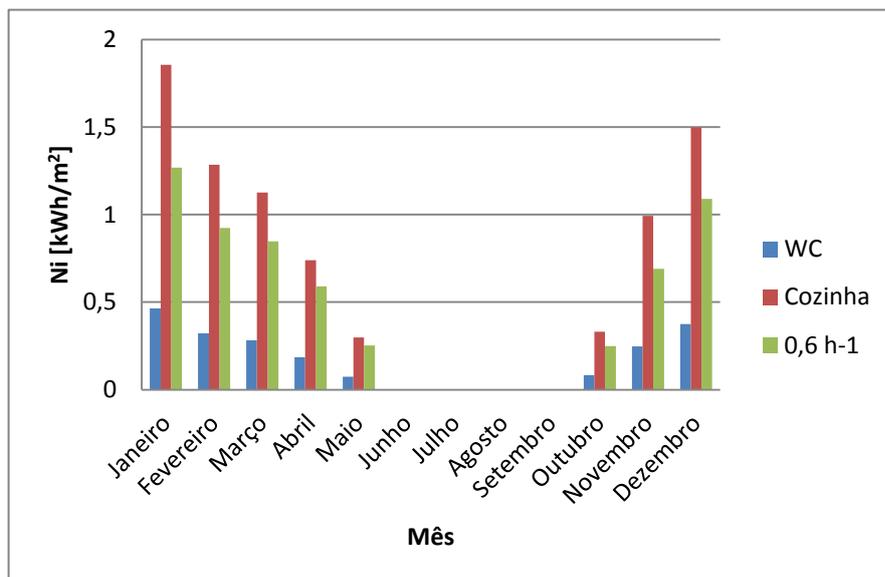


Figura 34 Necessidades de aquecimento mensais para MC4 e taxa de infiltração de 0,6 h⁻¹

Introduzindo todos os valores de todos os cenários num só gráfico, Figura 35, o mesmo comportamento é verificado. MC1 é o cenário donde resultam maiores valores de Ni resultado da grande percentagem de extração que se considera. MC2 aparece de seguida, a redução da extração em 25% permite reduzir os valores totais de Ni. MC3 e MC4 permanecem numa constante aproximação dos seus valores, MC3 apresenta Ni mais elevados nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro resultado da maior diferença entre temperatura exterior e interior de referência. MC4 no restante período de tempo, março, abril, maio, outubro e novembro assume essa posição.

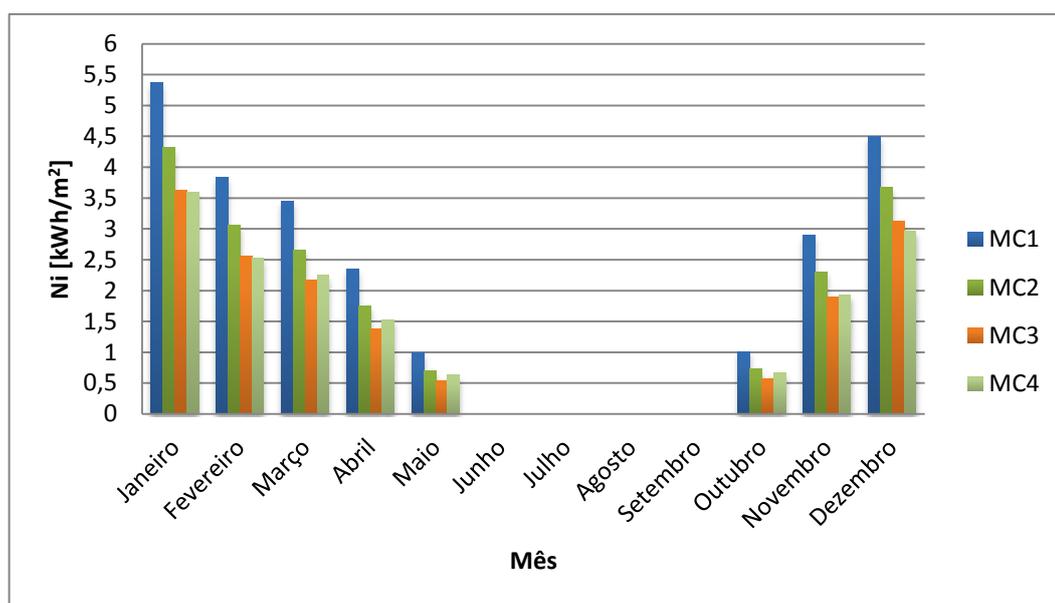


Figura 35 Comparação entre cenários de extração centralizada com $0,6 \text{ h}^{-1}$ de taxa de infiltrações

Cenário independente (MI):

Uma vez que se pretende compreender o impacto de sistemas centralizados face a sistemas independentes de extração mecânica, a análise que se segue é do cenário MI mantendo a mesma configuração da fração autónoma em causa.

As características técnicas estão presentes na Tabela 15 donde se pode retirar que o funcionamento total do extrator de casa de banho prevê extração num total de 1606 horas anuais, já na cozinha a extração é providenciada durante 1460 horas anuais. Relativamente aos caudais de extração mantém-se inalterado neste cenário.

Ventilação em Blocos Habitacionais: Qualidade do ar e economia energética

Tabela 15 Características técnicas cenário independente MI quando se considera uma taxa de infiltrações de $0,6 \text{ h}^{-1}$

Cenário		MI	
Horas anuais VN		6914	78,9%
Horas anuais VMec_WC		1606	18,3%
Horas anuais VMec_Coz		1460	16,7%
Caudal WC [m^3/h]	Caudal Coz [m^3/h]	75	300
Rph N/ %Rph N [h^{-1}]		0,6	0,5
Rph VMec_WC / % Rph VMec_WC [h^{-1}]		0,3	0,1
Rph VMec_Coz / % Rph VMec_Coz [h^{-1}]		1,2	0,2
Rph Total / % Rph Total [h^{-1}]		1,4	0,3
Consumo ventilador WC [kWh/m^2]		0,2	
Consumo ventilador Coz [kWh/m^2]		1,2	
Consumo Total [kWh/m^2]		1,5	

Com um peso de 78,9% do tempo a maior percentagem provém de ventilação natural face aos 18,3% proporcionados pelo extrator da casa de banho e 16,7% do extrator da cozinha. Da mesma maneira como se enuncia nos cenários centralizados, a explicação dos consumos de eletricidade dos ventiladores neste cenário fica para análise posterior no entanto de referir que os valores variam face ao que se considera nos sistemas centralizados uma vez que as potências dos ventiladores são diferentes.

No que diz respeito às necessidades de aquecimento enunciadas na Tabela 16, o comportamento ao longo de um dado período de tempo é a mesma face a outros cenários.

Tabela 16 Necessidades de aquecimento horárias para o cenário independente MI considerando taxa de infiltração de $0,6 \text{ h}^{-1}$

Cenário	Hora	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
MI WC		-	-	-	-	-	0,31	0,32	-	-	-	-	0,01	
MI Coz		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,36	
MI VN		0,60	0,62	0,60	0,66	0,68	0,34	0,35	0,62	0,51	0,36	0,25	-	
Cenário	Hora	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Total [kWh/m^2]
MI WC		0,01	-	-	-	-	-	0,17	0,20	-	-	0,03	0,03	1,1
MI Coz		0,26	-	-	-	-	-	0,68	0,81	-	-	-	-	2,1
MI VN		-	0,12	0,12	0,14	0,19	0,25	-	-	0,43	0,51	0,51	0,51	8,4

As necessidades de aquecimento devidas a infiltrações de ar, num total de $8,4 \text{ kWh}/\text{m}^2$ impõem maior peso face ao conjunto dos dois sistemas mecânicos; $1,1 \text{ kWh}/\text{m}^2$ para a casa de

banho com 2,1 kWh/m² no caso da cozinha, resultado do maior impacto da percentagem de ventilação natural. Se se considerar o peso apenas dos extractores mecânicos, o valor Ni final dos mesmos não é um valor muito elevado mas com o acréscimo do valor de Ni devido a infiltrações de ar este cenário fica com uma proximidade bastante considerável face aos restantes cenários. Também é necessário ter em conta a percentagem de tempo em que os ventiladores estão operacionais.

Os sistemas mecânicos operam em horários diferentes de extração e em menor fração que a ventilação natural por isso as necessidades de aquecimento são consideravelmente menores neste cenário. A análise mensal, presente na Tabela 17, demonstra o mesmo comportamento descrito na análise da Tabela 14.

Tabela 17 Necessidades de aquecimento mensais para o cenário independente MI considerando uma taxa de infiltração de 0,6 h⁻¹

Cenário	Mês	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Total kWh/m ²
MI WC		0,24	0,16	0,15	0,11	0,04	-	-	-	-	0,05	0,13	0,19	1,1
MI Coz		0,54	0,33	0,26	0,16	0,05	-	-	-	-	0,05	0,27	0,45	2,1
MI VN		1,8	1,3	1,2	0,82	0,35	-	-	-	-	0,36	0,99	1,5	8,4

A porção de ventilação mecânica face à natural é apenas uma pequena parcela como se verifica no gráfico seguinte respeitante às necessidades de aquecimento mensais, Figura 36.

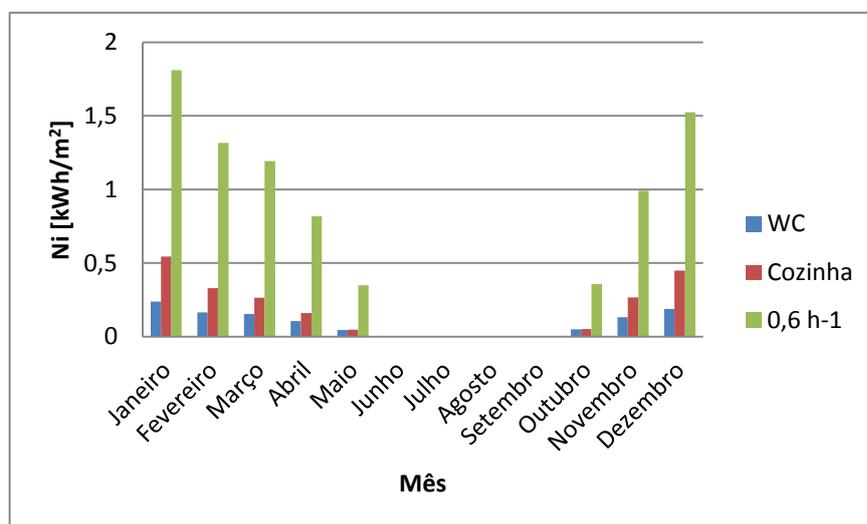


Figura 36 Necessidades de aquecimento mensais para o cenário independente MI considerando uma taxa de infiltração de 0,6 h⁻¹

A ventilação é maioritariamente natural e os sistemas mecânicos apenas introduzem uma compensação em pequenos períodos de tempo. Quando se analisam os valores hora a hora, Figura 37, no caso das horas 6, 7, 23 e 24, onde apenas se considera extração na casa de banho, verifica-se que o impacto deste sistema é menor do que se apenas se considerar ventilação por infiltrações, especialmente na hora 23 e 24. Nestes períodos pode-se considerar

que a ventilação natural é predominante. No entanto, e com a ativação da extração da cozinha, a situação inverte-se e a extração mecânica passa a ser o método de extração com mais peso.

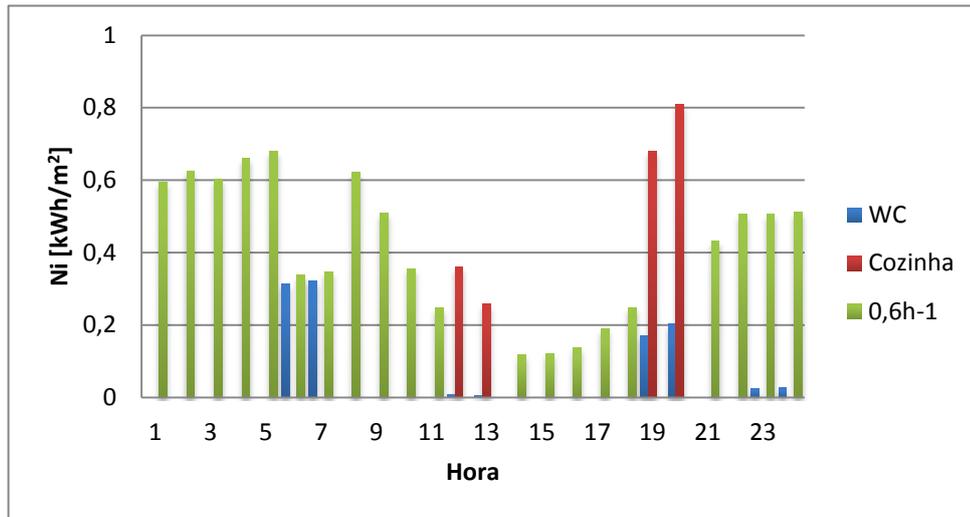


Figura 37 Necessidades de aquecimento horárias para o cenário independente MI considerando uma taxa de infiltração de $0,6 \text{ h}^{-1}$

3.3. Cenário de extração centralizado MC5

O cenário MC5 considera extração centralizada, no entanto a extração na cozinha assume novas características presentes na Tabela 18. Este cenário parte do perfil de extração semelhante ao cenário MI. O caudal de extração da cozinha até então de $300 \text{ m}^3/\text{h}$ agora é de $698 \text{ m}^3/\text{h}$, este valor obtém-se no processo iterativo referido no subcapítulo 2.7.

Tabela 18 Características técnicas cenário centralizado MC5 considerando uma taxa de infiltrações de $0,6 \text{ h}^{-1}$

Cenário		MC5	
Horas anuais VN		6914	78,9%
Horas anuais VMec_WC		1606	18,3%
Horas anuais VMec_Coz		1460	16,7%
Caudal WC [m^3/h]	Caudal Coz [m^3/h]	75	698
Rph N / %Rph N [h^{-1}]		0,6	0,5
Rph VMec_WC / % Rph VMec_WC [h^{-1}]		0,3	0,1
Rph VMec_Coz / % Rph VMec_Coz [h^{-1}]		2,7	0,4
Rph Total / % Rph Total [h^{-1}]		3,0	0,5
Consumo ventilador WC [kWh/m^2]		0,1	
Consumo ventilador Coz [kWh/m^2]		0,5	
Consumo Total [kWh/m^2]		0,6	

Ventilação em Blocos Habitacionais: Qualidade do ar e economia energética

Nas Tabelas 19 e 20 os valores de Ni horários e mensais estão respetivamente representados.

Tabela 19 Necessidades de aquecimento horárias para o cenário centralizado MC5 e taxa de infiltração de $0,6 \text{ h}^{-1}$

Cenário	Hora	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
MC5 WC		-	-	-	-	-	0,31	0,32	-	-	-	-	0,01	
MC5 Coz		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,84	
MC5 VN		0,60	0,62	0,60	0,66	0,68	0,34	0,35	0,62	0,51	0,36	0,25	-	
Cenário	Hora	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Total [kWh/m ²]
MC5 WC		0,01	-	-	-	-	-	0,17	0,20	-	-	0,03	0,03	1,1
MC5 Coz		0,60	-	-	-	-	-	1,6	1,9	-	-	-	-	4,9
MC5 VN		-	0,12	0,12	0,14	0,19	0,25	-	-	0,43	0,51	0,51	0,51	8,4

Os valores totais de Ni para a casa de banho e de renovação de ar por via natural presentes nas Tabelas 19 e 20 são exatamente os mesmos obtidos nas Tabela 16 e 17 no caso do cenário independente MI, neste caso $1,1 \text{ kWh/m}^2$ para casa de banho e $8,4 \text{ kWh/m}^2$ para ventilação natural. A diferença surge no valor respeitante à extração na cozinha, que agora é de $4,9 \text{ kWh/m}^2$ face a $2,1 \text{ kWh/m}^2$ obtido em MI, aumento de 133%. Isto resulta do aumento mais do que para o dobro do valor do caudal de extração da cozinha (133% resultado da passagem de $300 \text{ m}^3/\text{h}$ para $698 \text{ m}^3/\text{h}$). Mais não era espectável senão que isto fosse acontecer, o mesmo sistema, para a mesma fração, duplica-se caudal logo o valor de Ni aumenta.

Tabela 20 Necessidades de aquecimento mensais para o cenário centralizado MC5 e taxa de infiltração de $0,6 \text{ h}^{-1}$

Cenário	Mês	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Total kWh/m ²
MC5 WC		0,24	0,16	0,15	0,11	0,04	-	-	-	-	0,05	0,13	0,19	1,1
MC5 Coz		1,3	0,76	0,61	0,37	0,11	-	-	-	-	0,12	0,62	1,04	4,9
MC5 VN		1,8	1,3	1,2	0,82	0,35	-	-	-	-	0,36	0,99	1,52	8,4

No entanto, e mesmo com o aumento do caudal de extração da cozinha, ainda assim há uma predominância de Ni em renovação por infiltrações, assumindo o papel principal e de maior peso da renovação de ar. Graficamente verifica-se esta tendência mensalmente na Figura 38.

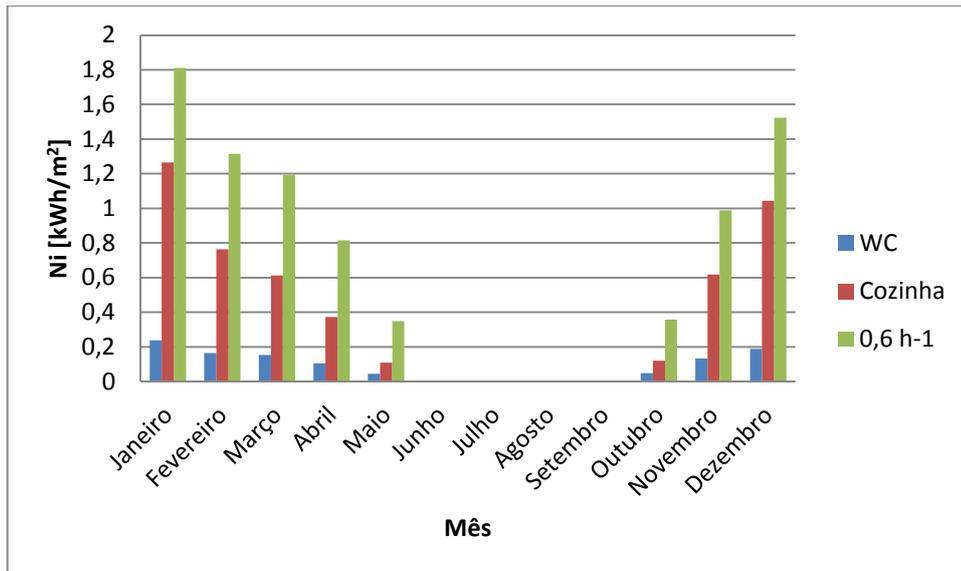


Figura 38 Necessidades de aquecimento mensais para o cenário centralizado MC5 e taxa de infiltração de $0,6 \text{ h}^{-1}$

Quando se liga a extração mecânica na casa de banho, o impacto deste sistema face à taxa de infiltrações é muito reduzido, uma vez que taxa de infiltrações é de $0,6 \text{ h}^{-1}$ face aos $0,3 \text{ h}^{-1}$ da casa de banho. Já a cozinha quando está a funcionar num período de uma hora consegue extrair um caudal superior ao das taxas de infiltração. A Figura 39 permite compreender que a ativação do sistema de extração na cozinha faz com que este seja predominante.

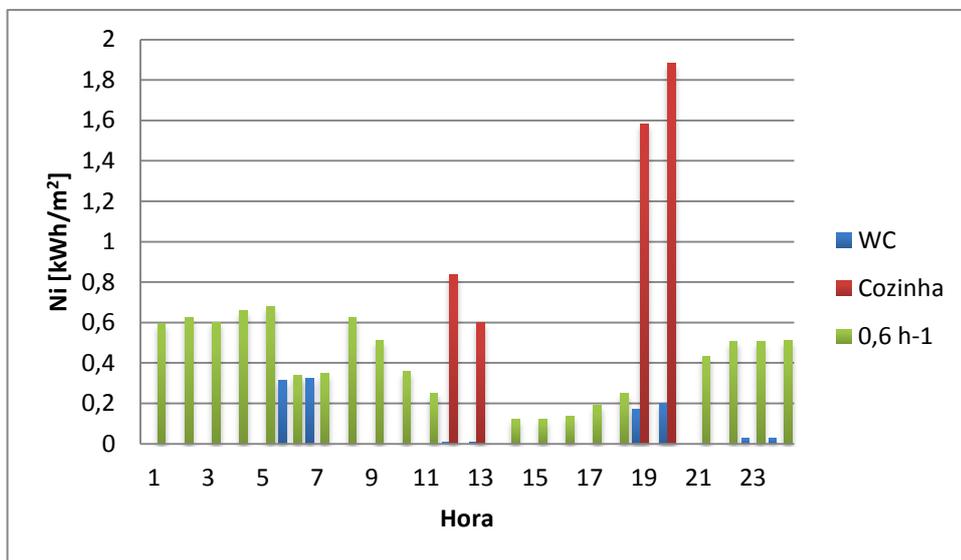


Figura 39 Necessidades de aquecimento horárias para cenário centralizado MC5 e taxa de infiltração de $0,6 \text{ h}^{-1}$

Uma vez que o cenário MI já vinha a responder da mesma maneira, MC5 varia apenas o caudal de extração da cozinha que por si só sempre foi um sistema com elevado impacto, a mais que duplicação do seu caudal veio demonstrar isso mesmo.

Ventilação em Blocos Habitacionais: Qualidade do ar e economia energética

Depois de se determinarem todos os valores de Ni para os cenários que se consideram, elabora-se uma tabela, Tabela 21, onde se compilam todos os dados. Além desta possuir os valores para todas as taxas de infiltração.

Tabela 21 Quadro resumo das necessidades de aquecimento para os vários centralizados e independente e as várias taxas de infiltração

Cenário	Ni para taxa de infiltração de 0,2 h ⁻¹ [kWh/m ²]	Ni para taxa de infiltração de 0,4 h ⁻¹ [kWh/m ²]	Ni para taxa de infiltração de 0,6 h ⁻¹ [kWh/m ²]	Ni para taxa de infiltração de 1,0 h ⁻¹ [kWh/m ²]
MC1	24,4	24,4	24,4	24,4
MC2	16,7	17,9	19,2	21,6
MC3	11,8	13,8	15,9	19,9
MC4	12,1	14,1	16,1	20,0
MC5	8,5	11,3	14,3	20,4
MI	5,7	8,5	11,5	17,6

Entre os vários cenários de extração, e pela análise da Tabela 21, verifica-se que:

- Para o cenário MC1, independentemente da taxa de infiltração, o valor de Ni permanece inalterável 24,4 kWh/m², resultado da não consideração de qualquer período de ventilação natural;
- No cenário MC2, a redução de 25% no funcionamento dos extractores resulta num decréscimo de Ni para 16,7 kWh/m² para 0,2 h⁻¹ de taxa de infiltração (32% menos); 17,9 kWh/m² para 0,4 h⁻¹ (redução de 27%); 19,2 kWh/m² para 0,6 h⁻¹ (21% a menos) e 21,6 kWh/m² no caso de 1,0 h⁻¹, 11% quando comparado com MC1.
- No cenário MC3 o tempo de funcionamento dos extractores é de 58,3%, redução de 41,7% quando comparado com MC1 o que resulta em reduções de Ni de 52% (agora de 11,8 kWh/m²) para 0,2 h⁻¹, 43% para 0,4 h⁻¹ (agora de 13,8 kWh/m²), 35% para 0,6 h⁻¹ (agora de 15,9 kWh/m²) e 18% para 1,0 h⁻¹ cujo valor de Ni é de 19,9 kWh/m²
- No entanto no cenário MC4, e com o funcionamento dos extractores 41,7% do tempo e para uma qualquer taxa de infiltração, Ni aumenta comportando-se de maneira diferente do que se previa. Em 0,2 h⁻¹ Ni é de 12,1 kWh/m²; 14,1 kWh/m² para 0,4 h⁻¹; 16,1 kWh/m² em N₃ e 20 kWh/m² quando se considera estanquicidade de 1,0 h⁻¹. Apesar de em MC3 extrair durante mais tempo face a MC4, em MC4 a extração é providenciada em horas de maior gradiente térmico, e por isso Ni é mais elevado.
- Na transição de MC4 para MC5, verifica-se que em caso de infiltração elevada, 1 h⁻¹ em vez de Ni decrescer, como se comprova nos outros 3 casos de estudo, aumenta, de 20 kWh/m² para 20,4 kWh/m². Apesar de ser um aumento muito reduzido o que acontece é que MC4 funciona durante mais tempo do que o cenário MC5, no entanto o caudal de

extração é menor resultado da parcela respeitante à ventilação natural. A taxa de infiltrações considerada para MC5 é de mais que 80%, e por isso representa um peso considerável.

- Na análise sistemas centralizados versus sistema independente o sistema independente consegue obter os melhores resultado sendo o que obtém os valores de Ni mais reduzidos entre as seis situações: 5,7 kWh/m² para taxa de infiltração de 0,2 h⁻¹; 8,5 kWh/m² em 0,4 h⁻¹; 11,5 kWh/m² no caso de estanquicidade de 0,6 h⁻¹ para a fração autónoma em causa e 17,6 kWh/m² em 1,0 h⁻¹.

3.4. Impacto da ventilação mecânica

A introdução de sistemas mecânicos de extração introduz impacto a nível das necessidades de aquecimento quando anteriormente apenas se considerava ventilação por meios naturais. Este impacto é o que realmente se pretende compreender. Desta forma, determina-se a diferença entre os valores das necessidades de aquecimento totais dos vários cenários de extração obtidos nos subcapítulos 3.2 e 3.3 com o respetivo valor de ventilação natural considerada no subcapítulo 3.1. Posto isto, na Tabela 22 demonstra-se o impacto da introdução dos vários sistemas de extração face ao valor de ventilação natural para todas as taxas de infiltração. Mais em diante na Tabela 23 pode-se encontrar a variação do valor das necessidades de aquecimento entre os vários cenários de extração.

Tabela 22 Impacto da introdução dos vários cenários de extração face ao valor de ventilação natural para as várias taxas de infiltração em kWh/m²

Cenário	0,2h ⁻¹	0,4h ⁻¹	0,6h ⁻¹	1,0h ⁻¹
MC1	21,0	17,6	14,2	7,5
MC2	13,3	11,2	9,0	4,7
MC3	8,4	7,1	5,7	3,0
MC4	8,7	7,3	5,9	3,1
MC5	5,1	4,6	4,2	3,5
MI	2,3	1,8	1,4	0,7

Tabela 23 Variação do valor das necessidades de aquecimento entre os vários cenários de extração em kWh/m²

Cenário	0,2h ⁻¹	0,4h ⁻¹	0,6h ⁻¹	1,0h ⁻¹
Diferença MC2-MC1	-7,7	-6,4	-5,2	-2,8
Diferença MC3-MC2	-4,9	-4,1	-3,3	-1,7
Diferença MC4-MC3	0,3	0,2	0,2	0,1
Diferença MC5-MC4	-3,6	-2,7	-1,7	0,4
Diferença MI-MC5	-2,8	-2,8	-2,8	-2,8

- Numa primeira análise verifica-se que a diminuição da utilização de sistemas mecânicos possibilita uma compensação da ventilação natural o que origina o decréscimo de Ni.
- Como se pode verificar pela análise da Tabela 22, o cenário MC1 apresenta o maior impacto entre todos os cenários de extração resultado da consideração de um alargado horário de extração. Este cenário representa um claro desperdício energético quando comparado com outros cenários de extração centralizada. Para a taxa de infiltração de $0,2 \text{ h}^{-1}$, ou seja considerada uma fração autónoma com elevada estanquicidade o impacto deste sistema é de 21 kWh/m^2 . Para as restantes taxas de infiltração o impacto é menor quando comparados com o valor de $0,2 \text{ h}^{-1}$: $17,6 \text{ kWh/m}^2$ para $0,4 \text{ h}^{-1}$, $14,2 \text{ kWh/m}^2$ para $0,6 \text{ h}^{-1}$ e $7,5 \text{ kWh/m}^2$ para $1,0 \text{ h}^{-1}$. Ainda esta é a situação de maior impacto entre todos os cenários definidos, isto resulta da extração ser realizada 24 horas por dia.
- No cenário MC2 a redução de 25% do funcionamento dos extratores proporciona um decréscimo de Ni. Para $0,2 \text{ h}^{-1}$ de taxa de infiltração o valor de Ni assume agora os $13,3 \text{ kWh/m}^2$ contra os $21,0 \text{ kWh/m}^2$ iniciais. Pela Tabela 23 pode-se compreender que esta transição origina um decréscimo na ordem dos $7,7 \text{ kWh/m}^2$ (37% menos). Aumentando a taxa de infiltração para $0,4 \text{ h}^{-1}$ a diferença registada é menor; $6,4 \text{ kWh/m}^2$ resultado do decréscimo de $17,6 \text{ kWh/m}^2$ para $11,2 \text{ kWh/m}^2$ (36% mais reduzida). Para os restantes valores tendência de redução dos valores de Ni mantém-se $5,2 \text{ kWh/m}^2$ para $0,6 \text{ h}^{-1}$ e $2,8 \text{ kWh/m}^2$ para $1,0 \text{ h}^{-1}$ (Tabela 23).
- Do cenário MC1 a MC3, a utilização dos sistemas de extração é cada vez menor, de 24h passa a 18h e agora 14h, 42% menos de extração face a MC1. Isto significa que o impacto dos sistemas mecânicos é tendencialmente menor: para $0,2 \text{ h}^{-1}$ é registado um Ni de $8,4 \text{ kWh/m}^2$, menos 60% do gasto energético face a MC1 e 36% menos face a MC2; para $0,4 \text{ h}^{-1}$ é registado um Ni de $7,1 \text{ kWh/m}^2$, menos 60% quando comparado com MC1 que vê o valor na ordem dos $17,6 \text{ kWh/m}^2$ e 37% menos face a MC2 que vê o valor na ordem dos $11,2 \text{ kWh/m}^2$. Para $0,6 \text{ h}^{-1}$ a tendência mantém-se, Ni em MC3 de $5,7 \text{ kWh/m}^2$ menos $3,3 \text{ kWh/m}^2$ que MC2 (37%) e 60% do gasto energético face a MC1. Em $1,0 \text{ h}^{-1}$ dos $7,5 \text{ kWh/m}^2$ obtidos em MC1 agora em MC3 é de $3,0 \text{ kWh/m}^2$. Do cenário MC1 para MC2 verifica-se um decréscimo na ordem dos 37% dos valores independentemente da taxa de infiltrações consideradas com uma redução de 25% do tempo de funcionamento dos extratores. A transição de MC2 para MC3 prevê uma diminuição de aproximadamente 37% de Ni quando a percentagem de extração mecânica representa 58,3% do tempo em MC3.

- A transição do cenário MC3 para MC4, a tendência inverte-se e verifica-se um aumento de Ni. Apesar de MC4 ventilar menos tempo que MC3, cerca de 4 horas diárias a menos, fá-lo a horas de maior gradiente térmico, neste caso no sexta, sétima e vigésima segunda horas representando um acréscimo de $2,6 \text{ kWh/m}^2$ de MC4 face a MC3, ou seja um aumento na ordem dos 3,5% do valor total de Ni.
- O cenário MC5 para $0,2 \text{ h}^{-1}$ Ni é de $5,1 \text{ kWh/m}^2$, para $0,4 \text{ h}^{-1}$ é registado um Ni de $4,6 \text{ kWh/m}^2$, para $0,6 \text{ h}^{-1}$ é registado um Ni de $4,2 \text{ kWh/m}^2$ e para $1,0 \text{ h}^{-1}$ é registado um Ni de $3,5 \text{ kWh/m}^2$. Face a MI, demonstrado no ponto a seguir, os valores mais do que duplicam função do aumento do caudal de extração do extrator de cozinha.
- O cenário de extração independente MI, quando se efetua uma comparação entre todos os cenários, é o que apresenta menor impacto em todas as taxas de infiltração: para $0,2 \text{ h}^{-1}$ é registado um Ni de $2,3 \text{ kWh/m}^2$, para $0,4 \text{ h}^{-1}$ $1,8 \text{ kWh/m}^2$, para $0,6 \text{ h}^{-1}$ é registado um Ni de $1,4 \text{ kWh/m}^2$ e para $1,0 \text{ h}^{-1}$ Ni é de $0,7 \text{ kWh/m}^2$. O facto de ser o cenário com impacto mais reduzido resulta do número reduzido de horas de funcionamento deste sistema; 18,3% do extrator de casa de banho e 16,7% do extrator de cozinha. Da mesma maneira este cenário vê o seu impacto diminuir função do aumento das taxas de infiltração que se consideram (Tabela 22).

Estes valores que se apresentam consideram as necessidades de aquecimento, no entanto ainda há que se considerar o consumo de eletricidade por parte dos ventiladores utilizados.

3.5. Consumo de eletricidade dos ventiladores nos cenários de ventilação mecânica

Os extratores responsáveis pela extração de ar na cozinha e casa de banho são consumidores de eletricidade. Como tal torna-se necessário determinar o consumo elétrico destes. Do cenário MC1 ao MC5, considera-se extratores de potência centralizada:

- Potência extrator cozinha: 150 W, que repartidos pelas 4 frações autónomas que se considera na simulação no subcapítulo 2.7. o que faz um total de 37,5 W por fração;
- Potência extrator casa de banho: 20 W, que repartidos pelas 4 frações autónomas que se considera na simulação no subcapítulo 2.7. o que faz um total de 5 W por fração.

No sistema independente MI, por uma fração autónoma (ver Anexo C):

- Potência extrator cozinha de 85 W;
- Potência extrator casa de banho de 15W.

No entanto, o consumo de eletricidade dos ventiladores de extração é função do número de horas de funcionamento dos mesmos. Apesar da potência do ventilador centralizado ser inferior à do ventilador independente, em algumas situações estes operam durante mais tempo e por isso resulta em consumos superiores. Na Tabela 24 são enunciados os respetivos consumos de eletricidade para os vários cenários de extração.

Tabela 24 Consumo de eletricidade dos ventiladores para os vários cenários considerados

Cenário	Consumo de eletricidade extrator de casa de banho [kWh/m ²]	Consumo de eletricidade extrator de cozinha [kWh/m ²]	Consumo de eletricidade Total [kWh/m ²]
MC1	0,4	3,3	3,7
MC2	0,3	2,5	2,8
MC3	0,3	1,9	2,2
MC4	0,2	1,4	1,6
MC5	0,1	0,5	0,6
MI	0,2	1,2	1,5

- Como se verifica, o sistema centralizado MC1 possui o consumo de eletricidade mais elevado de todos os cenários; 3,7 kWh/m². Uma vez mais demonstra que se trata de um cenário de extração desperdiçador de energia.
- O cenário MC2 devido a redução do número de funcionamento dos ventiladores, 18 horas por dia 365 dias por ano, permite obter uma redução no consumo de eletricidade total dos ventiladores para 2,8 kWh/m², 25% menos quando comparado com MC1. Como a potência dos ventiladores é a mesma que MC1, e uma vez que o consumo é função do número de horas de extração, se os ventiladores funcionarem durante menos tempo então o consumo de eletricidade é menor.
- A mesma tendência é verificada em MC3 e MC4, nova redução do número de horas de funcionamento dos ventiladores resulta em menores consumos de eletricidade dos mesmos, neste caso 2,2 kWh/m² e 1,6 kWh/m² respetivamente. Apesar do consumo ser mais reduzido estes cenários ainda não apresentam consumos que os tornem vantajosos face às situações seguintes.
- O cenário MC5 é o que permite obter o menor consumo de eletricidade quer entre cenários centralizados e na generalidade dos valores determinados; 0,6 kWh/m². Este valor é resultado de duas componentes. Primeiro o cenário MC5 opera segundo o horário de funcionamento de MI obtendo a vantagem de trabalhar um número reduzido de horas. A segunda vantagem deste sistema é aproveitar a melhor característica dos

cenários centralizados: a potência do ventilador mais reduzido dos dois tipos de sistemas. Em suma este cenário reúne o melhor das duas soluções: reduzido horário de funcionamento para reduzida potência dos ventiladores.

- O cenário MI apesar de ser o que funciona menos tempo face aos sistemas centralizados, peca pelo facto da potência do ventilador ser mais elevada que o concorrente sistema centralizado; 1,5 kWh/m² é o consumo de eletricidade que se obtém neste cenário.

Em suma a extração centralizada quando se considera o cenário MC5 é o que consegue obter consumos de eletricidade por parte dos ventiladores mais reduzidos.

3.6. Comparação entre vários cenários de extração

Considerando uma taxa de infiltrações de 0,6 h⁻¹, de seguida são comparados os vários cenários de extração juntamente com o respetivo equivalente em ventilação natural. Na Figura 40 são demonstrados os valores comparativos quer das necessidades de aquecimento quer da energia final já com consumo de eletricidade dos ventiladores.

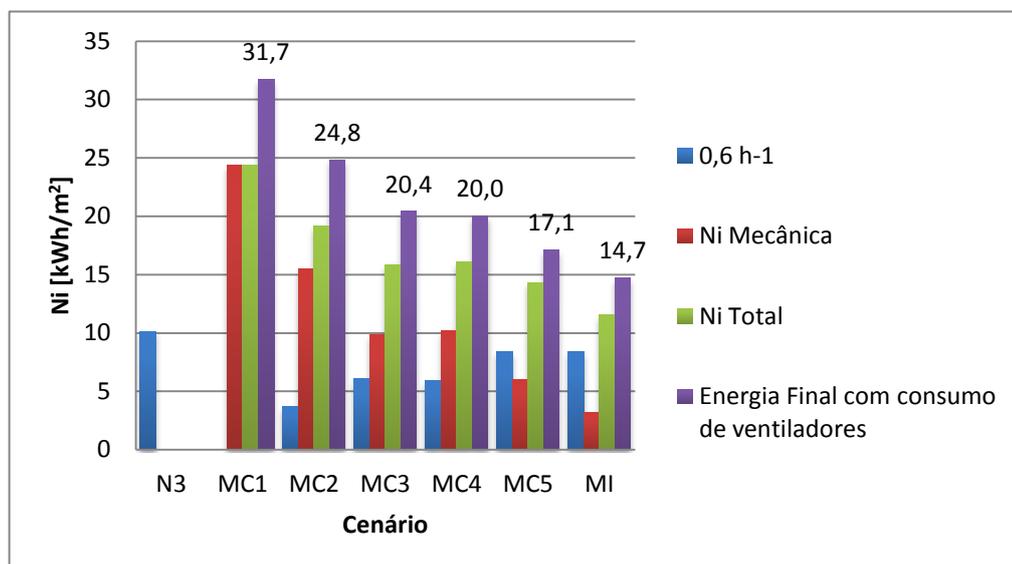


Figura 40 Comparação entre os vários cenários de extração com valor de referência natural para taxa de infiltração de 0,6 h⁻¹

- Entre cenários de extração pode-se verificar que à medida que se diminui a taxa de ventilação mecânica o valor de ventilação natural tem tendência a aumentar. Isto deve-se ao simples facto de nas horas em que a extração por meios mecânicos é zero então as infiltrações passam a ser responsáveis pela renovação do ar.

- O cenário MC1 demonstra ser o que mais energia utiliza, neste caso são necessários 31,7 kWh/m². MC2 também não está longe da realidade de MC1 apresentando um desperdício de energia pois necessita de 24,8 kWh/m² durante o seu funcionamento.
- MC3 e MC4 apresentam valores de energia final aproximados, neste caso 20,4 kWh/m² e 20 kWh/m² respetivamente.
- Para o cenário MC5 o valor de energia final que se obtém é de 17,1 kWh/m². Apesar da adaptação do perfil de funcionamento do cenário independente não consegue obter consumo mais reduzido ainda assim é o cenário mais económico dos sistemas centralizados.
- O cenário MI, de valor de energia final de 14,7 kWh/m², é o que obtém o valor mais reduzido. Quando comparado com MC5, MI permite uma redução de 2,4 kWh/m², isto demonstra que se MI consegue executar a mesma tarefa que MC5 com menos de metade do caudal, 300 m³/h então não se justifica estar a duplicar o caudal.

Na Figura 41 está representada a energia final em função das renovações por hora.

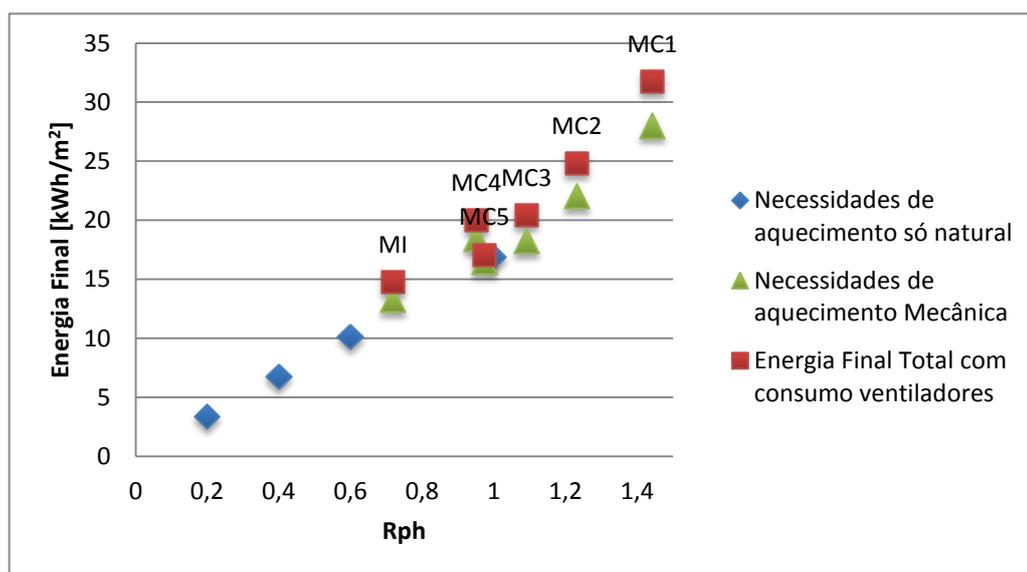


Figura 41 Energia final em função de rph para taxa de infiltração de 0,6 h⁻¹

Apesar de se encontrarem representadas as taxas de renovação horárias, a sua explicação e ilações são retiradas no capítulo que se segue. No entanto é interessante verificar a discrepância entre cada um dos cenários: MC1 claramente é o cenário que mais despense de energia com MC2 e MC3 logo de seguida. MI claramente é o cenário que menos energia final necessita.

3.7. Comparação entre taxas de renovação

Um dos fatores a ter em conta no desenvolvimento desta tese é a taxa de renovação de ar total para que seja garantida uma boa QAI. Este valor resulta do somatório da fração natural com a fração mecânica que se consegue obter para os vários cenários de extração. Para que se torne fácil a compreensão dos dados obtidos consideram-se três intervalos de valores:

1º Intervalo: Renovações totais inferiores a $0,6 \text{ h}^{-1}$. Se se obtiver um valor de taxa de renovação total inferior a $0,6 \text{ h}^{-1}$ trata-se de uma situação de renovação ideal e de aproveitamento de energia.

2º Intervalo: Renovações totais entre $0,6 \text{ h}^{-1}$ inclusive a 1 h^{-1} . Valor de renovação considerável. Permite obter renovações de ar aceitáveis sem que haja uma excessiva introdução de ar novo e grandes necessidades de aquecimento. Não é adequado mas aceitável a nível económico.

3º Intervalo: Renovações totais maiores ou iguais a 1 h^{-1} . Valor bastante elevado face ao mínimo exigível. Valores que representam desperdício de energia.

Depois de se determinarem todos os valores para todos os cenários e extração e para todas as taxas de infiltração consideradas a Tabela 25 permite analisar todos os valores em conjunto.

Tabela 25 Taxa de renovação de ar dos vários cenários de extração para cada uma das taxas de infiltração consideradas

Cenário	$0,2\text{h}^{-1}$	$0,4\text{h}^{-1}$	$0,6\text{h}^{-1}$	$1,0\text{h}^{-1}$
MC1	1,4	1,4	1,4	1,4
MC2	1,1	1,2	1,2	1,3
MC3	0,9	1,0	1,1	1,3
MC4	0,7	0,8	1,0	1,2
MC5	0,6	0,8	1,0	1,3
MI	0,4	0,6	0,7	1,1

Pela sua análise verifica-se que:

- A nível geral, e desconsiderando o cenário MC1, o aumento da taxa de infiltração resulta num aumento da taxa de renovação de ar. Maior infiltração de ar resulta num maior caudal de ar novo a ser introduzido na fração e por isso o extrator extrairá mais caudal.
- O cenário MC1 apresenta um valor fixo de $1,4 \text{ h}^{-1}$ para as diversas taxas de infiltração resultado de se considerar extração durante 24h por dia. Uma vez que este valor é superior a $1,0 \text{ h}^{-1}$, definido anteriormente como 3º intervalo, este cenário pode ser

caracterizado como desadequado uma vez que os valores obtidos estão acima do aceitável, desperdiçando energia.

- O cenário MC2 apesar de ver a utilização dos extractores reduzir em 25%, ainda assim continua a demonstrar ser uma hipótese de extração a não considerar, os valores obtidos comportam-se de forma semelhante a MC1, sempre superiores a $1,0 \text{ h}^{-1}$.
- O cenário MC3 introduz alguma melhoria, para $0,2 \text{ h}^{-1}$, ou seja frações autónomas de boa estanquicidade, consegue obter uma taxa de renovação de ar de $0,9 \text{ h}^{-1}$. Este valor apesar de próximo do não aceitável $1,0 \text{ h}^{-1}$ pertence ao intervalo definido como aceitável. Para os restantes valores de $0,4 \text{ h}^{-1}$, $0,6 \text{ h}^{-1}$ e $1,0 \text{ h}^{-1}$ é transposta a barreira do aceitável para o desperdício de energia, uma vez que os valores obtidos são superior a $1,0 \text{ h}^{-1}$.
- O cenário MC4, com 41,7% de extração mecânica, consegue obter $0,7 \text{ h}^{-1}$ e $0,8 \text{ h}^{-1}$ para uma qualidade construtiva de $0,2 \text{ h}^{-1}$ e $0,4 \text{ h}^{-1}$ respetivamente, valores aceitáveis. Para os restantes cenários de $0,6 \text{ h}^{-1}$ e $1,0 \text{ h}^{-1}$ deixa de ser aceitável uma vez que a barreira dos $1,0 \text{ h}^{-1}$ é transposta ($1,0 \text{ h}^{-1}$ e $1,2 \text{ h}^{-1}$ respetivamente).
- O cenário MC5 para uma estanquicidade de $0,2 \text{ h}^{-1}$ e $0,4 \text{ h}^{-1}$ consegue garantir uma renovação aceitável de $0,6 \text{ h}^{-1}$ e $0,8 \text{ h}^{-1}$ respetivamente. Apenas em frações autónomas de qualidade construtiva de $0,6 \text{ h}^{-1}$ e $1,0 \text{ h}^{-1}$ resultam em taxas de renovação de ar de $1,0 \text{ h}^{-1}$ e $1,3 \text{ h}^{-1}$ respetivamente, representando claro desperdício de energia.
- O cenário independente MI, e para uma estanquicidade elevada de $0,2 \text{ h}^{-1}$, é o único que consegue uma taxa de renovação de ar adequada e de valor inclusive mais reduzido de todos os cenários, neste caso $0,4 \text{ h}^{-1}$. Da mesma maneira que os restantes cenários, se a taxa de infiltração for de $1,0 \text{ h}^{-1}$ o valor da taxa de renovação de ar é superior a $1,0 \text{ h}^{-1}$, $1,1 \text{ h}^{-1}$, representando desperdício de energia. Nas outras taxas intermédias de $0,4 \text{ h}^{-1}$ e $0,6 \text{ h}^{-1}$ apesar de tão económico como em $0,2 \text{ h}^{-1}$ ainda assim o valor obtido está dentro dos valores economicamente aceitáveis, $0,6 \text{ h}^{-1}$ e $0,7 \text{ h}^{-1}$ respetivamente. Este é então o cenário que obtém valores de renovação de ar economicamente mais reduzidos.
- A diferença de caudal entre MI e MC5 proporciona outro tipo de resposta do cenário sendo que desta vez para uma taxa de infiltração de $0,6 \text{ h}^{-1}$ o que outrora era aceitável em MI, $0,7 \text{ h}^{-1}$, em MC5 deixa de o ser transpondo a barreira das $1,0 \text{ h}^{-1}$ renovações definidas no 3º intervalo, neste caso $1,0 \text{ h}^{-1}$.
- Para uma situação em que se considere uma família de 4 pessoas a viver numa fração autónoma com as características até então consideradas, e para uma taxa de renovação de ar de $0,4 \text{ h}^{-1}$ obtida para o cenário MI para estanquicidade de $0,2 \text{ h}^{-1}$ obtém-se 7

l/s/pessoa. Segundo a ASHRAE Standard 62 .1 [15] este valor é perfeitamente aceitável para que seja garantida uma aceitável renovação de ar. Isto demonstra que todos os outros valores presentes na tabela 25 (valores a azul e a vermelho) apesar de conseguirem garantir na mesma a qualidade do ar interior acabam por resultar em renovações de ar exagerada a nível económico.

Comparando centralizados e independentes de uma perspetiva geral MI é o que consegue obter valores melhores, mais económicos e inclusive consegue valor adequado de $0,4 \text{ h}^{-1}$. Isto deve-se ao reduzido horário de funcionamento deste cenário de extração.

3.8. Quadro resumo cenários

De seguida são demonstrados todos os valores para todas as taxas de infiltração consideradas. Para todas as taxas de infiltração os valores de taxas de renovação de ar, necessidades de aquecimento e valores de energia final já considerando o consumo de eletricidade dos ventiladores são descritos. No seguimento daquilo que tem sido norma, inicia-se pelos valores para taxa de infiltração de $0,6 \text{ h}^{-1}$ sendo que de seguida são descritos os valores para $0,2 \text{ h}^{-1}$; $0,4 \text{ h}^{-1}$ e $1,0 \text{ h}^{-1}$. Em cada uma das Tabelas pode-se verificar que a respetiva linha correspondente ao cenário equivalente natural está representada pela coloração a cinzento

Tabela 26 Tabela comparativa dos vários valores obtidos para os cenários de extração e quando comparados com taxa de infiltração de $0,6 \text{ h}^{-1}$

Cenário	Taxa de Renovação Horária [h^{-1}]	Ni Natural [kWh/m^2]	Ni Mecânica [kWh/m^2]	Ni Total [kWh/m^2]	Ni em Energia Final [kWh/m^2]	Energia Final c/ ventiladores [kWh/m^2]
N1	0,2	3,4	0	3,4	3,4	3,4
N2	0,4	6,8	0	6,8	6,8	6,8
N3	0,6	10,1	0	10,1	10,1	10,1
N4	1	16,9	0	16,9	16,9	16,9
MC1	1,4	0	24,4	24,4	28	31,7
MC2	1,2	3,7	15,5	19,2	22	24,8
MC3	1,1	6,1	9,8	15,9	18,2	20,4
MC4	1	5,9	10,2	16,1	18,5	20
MC5	1	8,4	6	14,3	16,5	17,1
MI	0,7	8,4	3,2	11,5	13,3	14,7

Na Tabela 27 são enunciados os valores para infiltração a $0,2 \text{ h}^{-1}$ e respetiva comparação entre os vários cenários de extração mecânica com o equivalente natural, na Figura 42.

Ventilação em Blocos Habitacionais: Qualidade do ar e economia energética

Tabela 27 Tabela comparativa dos vários valores obtidos para os cenários de extração e quando comparados com taxa de infiltração de $0,2 \text{ h}^{-1}$

Cenário	Taxa de Renovação Horária [h^{-1}]	Ni Natural [kWh/m^2]	Ni Mecânica [kWh/m^2]	Ni Total [kWh/m^2]	Ni em Energia Final c/ ventiladores [kWh/m^2]	Energia Final c/ ventiladores [kWh/m^2]
N1	0,2	3,4	0	3,4	3,4	3,4
N2	0,4	6,8	0	6,8	6,8	6,8
N3	0,6	10,1	0	10,1	10,1	10,1
N4	1	16,9	0	16,9	16,9	16,9
MC1	1,4	0	24,4	24,4	28	31,7
MC2	1,1	1,2	15,5	16,7	19,2	22
MC3	0,9	2	9,8	11,8	13,6	15,7
MC4	0,7	2	10,2	12,1	13,9	15,5
MC5	0,6	2,5	6	8,5	9,8	10,4
MI	0,4	2,5	3,2	5,7	6,6	8

- O cenário MC1 mantém o seu valor de energia final inalterável; $31,7 \text{ kWh/m}^2$, o mesmo que foi obtido para $0,6 \text{ h}^{-1}$ de taxa de infiltração resultado da utilização dos ventiladores durante 24 horas. Além disso a taxa de renovação de ar conseguida por este cenário é exagerada, $1,4 \text{ h}^{-1}$, demonstrando uma vez mais a ser um cenário de extração que desperdiça energia.
- O cenário MC2 permite uma redução na ordem dos 21% na taxa de renovação de ar conseguida face a MC1, que agora é de $1,1 \text{ h}^{-1}$ e uma redução de 31% no valor de energia final passando a despende de 22 kWh/m^2 . Estas reduções são resultado da redução em 25% ao funcionamento dos ventiladores.
- Os cenários MC3 e MC4 apresentam valores aproximados: $15,7 \text{ kWh/m}^2$ e $15,5 \text{ kWh/m}^2$ e renovações de $0,9 \text{ h}^{-1}$ e $0,7 \text{ h}^{-1}$ respetivamente. Estas reduções resultam na diminuição de 41,7% e 58,3% do tempo de funcionamento face a MC1 (14h e 10h de funcionamento respetivamente). Isto demonstra que a escolha do horário de extração é muito importante pois por vezes a simples ativação do sistema uma hora mais cedo ou mais tarde pode ser o fator chave. As renovações obtidas podiam sem dúvida ser mais reduzidas mas no entanto encontram-se na gama definida anteriormente no subcapítulo 3.7 como renovação aceitável.
- O cenário MI apresenta um consumo de $8,0 \text{ kWh/m}^2$ representando por isso o sistema mais económico. Além disso consegue renovar em $0,4 \text{ h}^{-1}$ o que representa valor adequado.
- MC5 para valor de energia final obtém $10,4 \text{ kWh/m}^2$ e $0,6 \text{ h}^{-1}$ para renovação de ar.

- Esta situação permite concluir o sistema independente de extração MI é o que consegue obter melhores resultados, menor impacto.
- Os restantes cenários, com valores superiores aos dois anteriormente referidos (MC5 e MI), para realizarem a mesma tarefa, necessitam de mais energia, resultando em desperdício.

Nas Figuras 42 e 43 pode ser comprovado tudo o que foi descrito anteriormente.

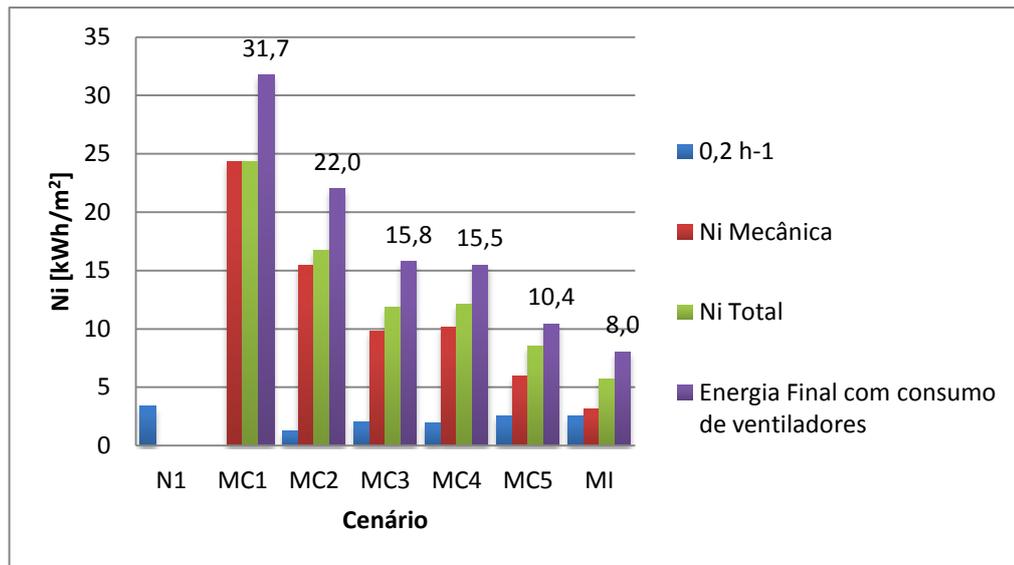


Figura 42 Comparação entre os vários cenários de extração com valor de referência natural para taxa de infiltração de $0,2 \text{ h}^{-1}$

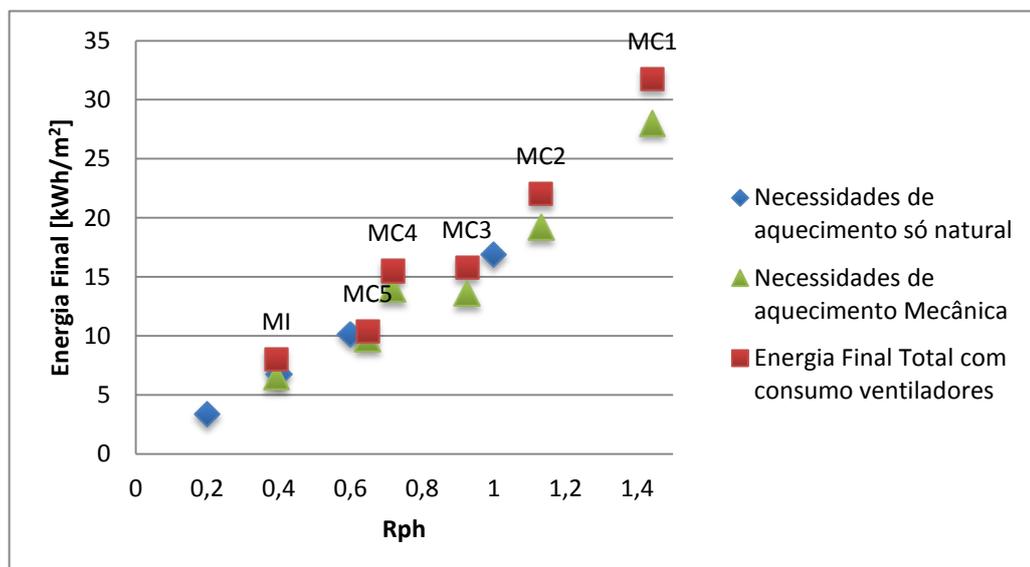


Figura 43 Energia final em função de rph para taxa de infiltração de $0,2 \text{ h}^{-1}$

Ventilação em Blocos Habitacionais: Qualidade do ar e economia energética

O exemplo que se segue de infiltrações a $0,4 \text{ h}^{-1}$ presentes na Tabela 28 e Figuras 44 e 45 permitem verificar a mesma tendência no caso de $0,6 \text{ h}^{-1}$. A única variação é que com a alteração da estanquicidade que se considera desta vez os respetivos valores são atualizados de forma proporcional para cada um dos cenários.

Tabela 28 Tabela comparativa dos vários valores obtidos para os cenários de extração e quando comparados com taxa de infiltração de $0,4 \text{ h}^{-1}$

Cenário	Taxa de Renovação Horária [h^{-1}]	Ni Natural [kWh/m^2]	Ni Mecânica [kWh/m^2]	Ni Total [kWh/m^2]	Ni em Energia Final [kWh/m^2]	Energia Final c/ ventiladores [kWh/m^2]
N1	0,2	3,4	0	3,4	3,4	3,4
N2	0,4	6,8	0	6,8	6,8	6,8
N3	0,6	10,1	0	10,1	10,1	10,1
N4	1	16,9	0	16,9	16,9	16,9
MC1	1,4	0	24,4	24,4	28	31,7
MC2	1,2	2,5	15,5	17,9	20,6	23,4
MC3	1	4	9,8	13,8	15,9	18,1
MC4	0,8	3,9	10,2	14,1	16,2	17,7
MC5	0,8	5,3	6	11,3	13	13,6
MI	0,6	5,3	3,2	8,5	9,8	11,3

- O cenário MC1 continua a assumir a “liderança” do cenário com maior consumo de energia final já considerando consumo de eletricidade dos ventiladores mantendo o valor de $31,7 \text{ kWh/m}^2$ e uma taxa de renovação do ar elevada e desadequada de $1,4 \text{ h}^{-1}$.
- O cenário MC2 vê o valor de energia final reduzir para os $23,4 \text{ kWh/m}^2$ mantendo a relação de proporcionalidade, pois este valor é superior ao obtido para infiltração de $0,2 \text{ h}^{-1}$ (22 kWh/m^2) e inferior ao obtido para $0,6 \text{ h}^{-1}$ ($24,8 \text{ kWh/m}^2$). Continua por isso o manter o estatuto de cenário desperdiçador de energia. Taxa de renovação de ar de $1,2 \text{ h}^{-1}$ transcendendo o patamar de $1,0 \text{ h}^{-1}$, renovação desadequada.
- MC3 e MC4 continuam a par, com $18,1 \text{ kWh/m}^2$ e $17,7 \text{ kWh/m}^2$ de valores de energia final respetivamente. No entanto no que diz respeito à taxa de renovação MC3 atinge a fronteira do que foi anteriormente definido como patamar de desperdício de energia, $1,0 \text{ h}^{-1}$ já MC4 consegue manter-se num valor aceitável de $0,8 \text{ h}^{-1}$.
- MC5 com valor de energia final e renovação de ar de $13,6 \text{ kWh/m}^2$ e $0,8 \text{ h}^{-1}$ respetivamente apesar de serem os valores mais reduzidos de todos os cenários MC ainda assim não conseguem obter consumos que MI que continua na “liderança” de cenário com valores mais reduzidos $11,3 \text{ kWh/m}^2$ para energia final e taxa de renovação de ar de $0,6 \text{ h}^{-1}$.

As Figuras 44 e 45 demonstram o que anteriormente foi exposto.

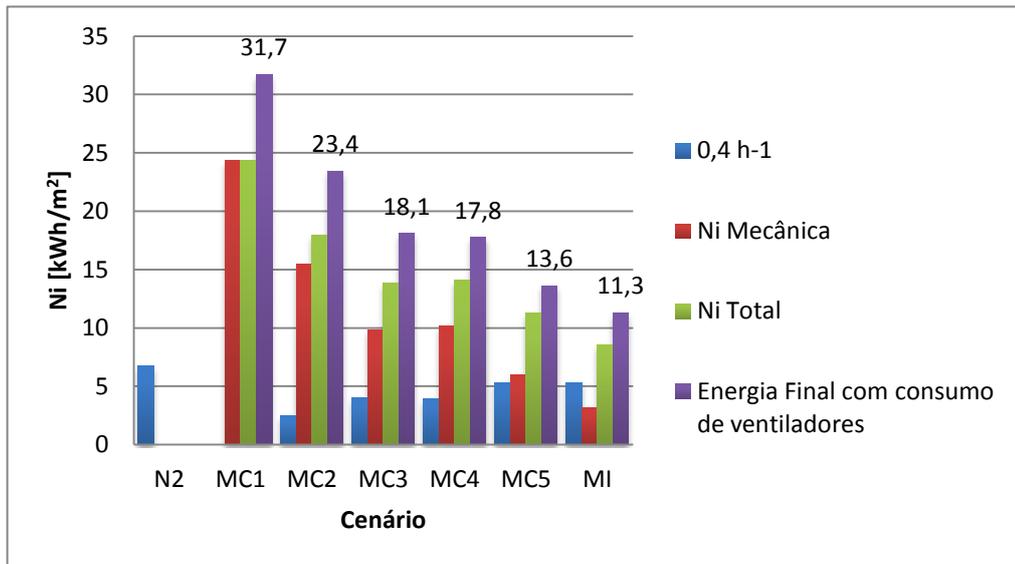


Figura 44 Comparação entre os vários cenários de extração com valor de referência natural para taxa de infiltração de $0,4 \text{ h}^{-1}$

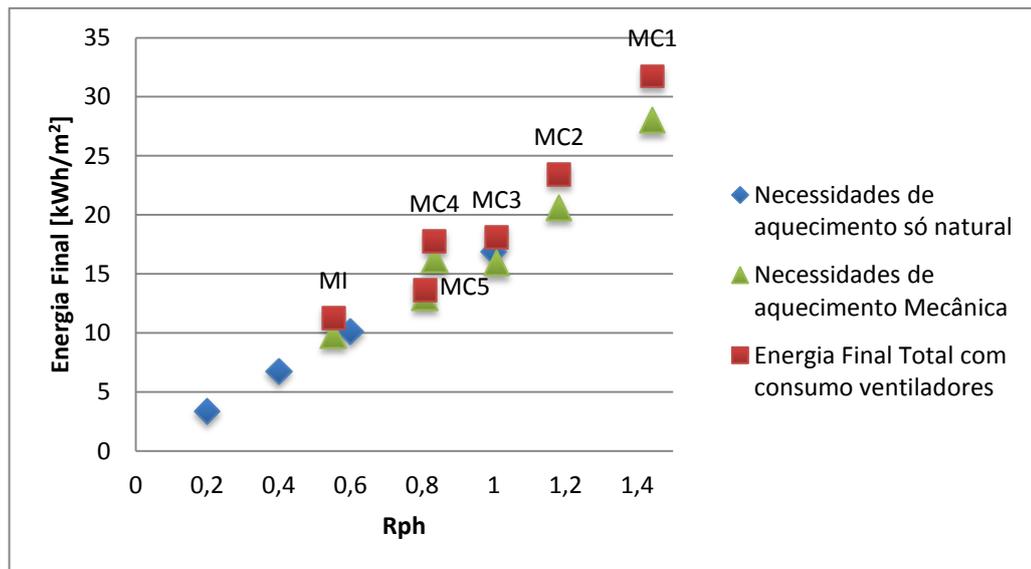


Figura 45 Energia final em função de rph para taxa de infiltração de $0,4 \text{ h}^{-1}$

No último caso de estudo, ventilação natural a $1,0 \text{ h}^{-1}$. A análise da Tabela 29 permite verificar que para qualquer um dos cenários considerados a taxa de renovação de ar obtida se encontra acima do que considera como económico, ou seja superior a $1,0 \text{ h}^{-1}$.

Ventilação em Blocos Habitacionais: Qualidade do ar e economia energética

Tabela 29 Tabela comparativa dos vários valores obtidos para os cenários de extração e quando comparados com taxa de infiltração de $1,0 \text{ h}^{-1}$

Cenário	Taxa de Renovação Horária [h^{-1}]	Ni Natural [kWh/m^2]	Ni Mecânica [kWh/m^2]	Ni Total [kWh/m^2]	Ni em Energia Final [kWh/m^2]	Energia Final c/ ventiladores [kWh/m^2]
N1	0,2	3,4	0	3,4	3,4	3,4
N2	0,4	6,8	0	6,8	6,8	6,8
N3	0,6	10,1	0	10,1	10,1	10,1
N4	1	16,9	0	16,9	16,9	16,9
MC1	1,4	0	24,4	24,4	28	31,7
MC2	1,3	6,2	15,5	21,6	24,9	27,6
MC3	1,3	10,1	9,8	19,9	22,9	25
MC4	1,2	9,9	10,2	20	23	24,5
MC5	1,3	14,4	6	20,4	23,4	24
MI	1,1	14,4	3,2	17,6	20,2	21,7

- Este cenário permite verificar que independentemente do cenário de extração todos os valores para as taxas de renovação de ar estão além do que se define como vantajoso e económico. Ainda assim MI é o que consegue obter melhores resultados: energia final de $21,7 \text{ kWh}/\text{m}^2$ e $1,1 \text{ h}^{-1}$ para taxa de renovação de ar que é um valor além daquilo que se considera como aceitável.
- Os valores de energia final são os maiores entre todos os valores até então discutidos uma vez que numa situação de uma fração autónoma real trata-se de uma construção com baixa estanquicidade e por isso este cenário vê os seus valores de Ni afetados.

As Figuras 46 e 47 permitem esta constatação.

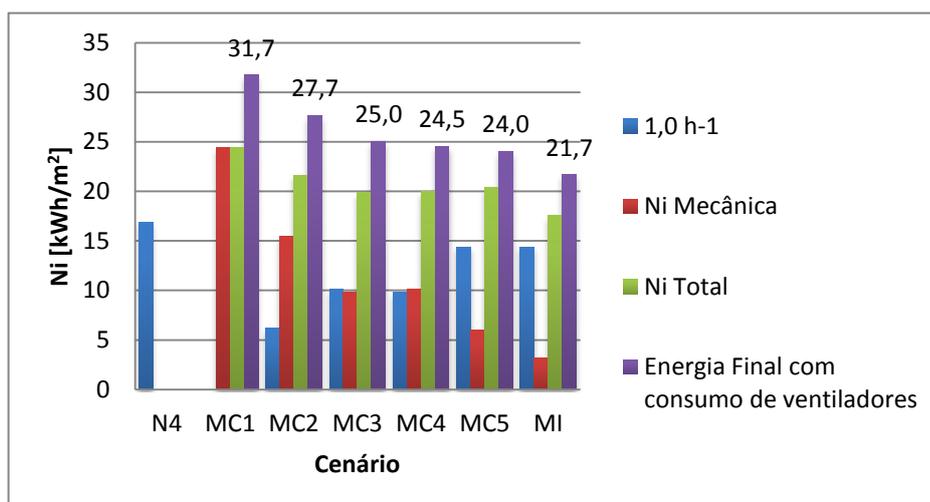


Figura 46 Comparação entre os vários cenários de extração com valor de referência natural para taxa de infiltração de $1,0 \text{ h}^{-1}$

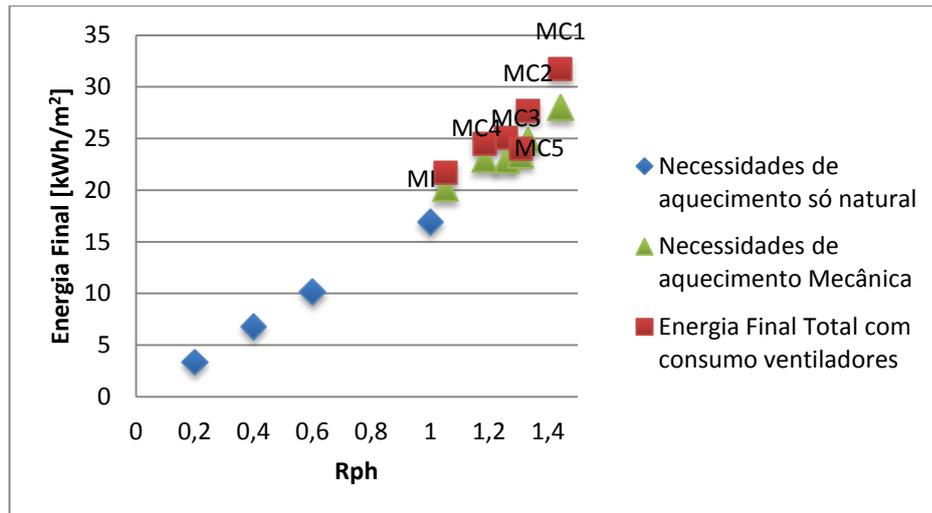


Figura 47 Energia final em função de rph para taxa de infiltração de 1,0 h⁻¹

3.9. Custos energéticos associados às necessidades de aquecimento e ventiladores

Depois de se determinar o valor das necessidades de aquecimento e respetivos valores de consumo de eletricidade dos ventiladores pode-se determinar o custo associado quer do acionamento dos ventiladores quer do custo associado a vetores de energia final usados para aquecimento ambiente. Os valores presentes na Tabela 30 consideram uma área útil de pavimento de 100 m² e pé direito de 2,6 m, como se utiliza em outros cálculos e representam o consumo de eletricidade dos ventiladores utilizados.

Tabela 30 Custos associados ao consumo dos ventiladores

Cenário	MC1	MC2	MC3	MC4	MC5	MI
Sistema de extração	C	C	C	C	C	I
Horas de extração (Coz/WC)	8760	6570	5110	3650	1460/1606	1460/1606
Potência Cozinha [W]	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	85
Consumo Cozinha [kWh/m ²]	3,3	2,5	1,9	1,4	0,5	1,2
Potência WC [W]	5	5	5	5	5	15
Consumo WC [kWh/m ²]	0,4	0,3	0,3	0,2	0,1	0,2
Consumo total [kWh/m ²]	3,7	2,8	2,2	1,6	0,6	1,5
Custo elétrico ventiladores [100 m ²]	50,82	38,11	29,64	21,17	8,57	20,23
€/kWh	0,1365					

Verifica-se que:

- MC1 funciona no período máximo que se pode considerar, ou seja 24 horas por dia 365 dias por ano e por isso o seu custo energético é o mais elevado e de 50,82€.
- De MC2 até MC4, com a redução horária no funcionamento do sistema centralizado, o custo diminui de 38,11 €/ano em MC2 para 29,64 €/ano em MC3 e 21,17 €/ano ainda assim são valores elevados.
- MC5 é o cenário que apresenta o menor gasto possível de apenas 8,57 €/ano, resultado da reduzida potência do ventilador e reduzido horário de extração.
- MI devido à elevada potência do ventilador resulta num gasto de 20,23 €/ano, apesar de ser o cenário que os extractores funcionam durante menos tempo a potência das máquinas é substancialmente superior (2,3 vezes).

Para os custos associados às necessidades de aquecimento para a taxa de infiltração de $0,2 \text{ h}^{-1}$ os valores estão representados na Tabela 31.

Tabela 31 Custos necessidades de aquecimento para os vários cenários de extração com taxa de infiltração de $0,2 \text{ h}^{-1}$

Cenário	MC1	MC2	MC3	MC4	MC5	MI
Rph	0,2					
Ni [kWh/m ²]	24,1	15,3	9,7	10,1	5,9	2,7
Ni [kWh] para A=100m ²	2410	1530	970	1010	590	270
Custo € para 0,0595 €/kWh	143,40	91,04	57,72	60,10	35,11	16,07

Somando os valores da Tabela 31 com os valores dos consumos dos ventiladores presentes na Tabela 30 obtém-se os custos finais nesta situação presentes na Tabela 32.

Tabela 32 Custo Final dos vários cenários de extração com taxa de infiltração de $0,2 \text{ h}^{-1}$

	MC1	MC2	MC3	MC4	MC5	MI
Ni €/ano	143,40	91,04	57,72	60,10	35,11	16,07
Ventiladores €/ano	50,82	38,11	29,64	21,17	8,57	20,23
Custo total €/ano	194,22	129,15	87,36	81,27	43,68	36,30

Verifica-se que MI é o mais económico resultando num valor de 36,30 €/ano.

De seguida, e para $0,4 \text{ h}^{-1}$ os valores estão representados nas Tabelas 33 e 34.

Ventilação em Blocos Habitacionais: Qualidade do ar e economia energética

Tabela 33 Custos necessidades de aquecimento para os vários cenários de extração com taxa de infiltração de 0,4 h⁻¹

Cenário	MC1	MC2	MC3	MC4	MC5	MI
Rph	0,4					
Ni [kWh/m ²]	20,2	12,9	8,1	8,4	5,2	2,0
Ni [kWh] para A=100m ²	2020	1290	810	840	520	200
Custo € para 0,0595 €/kWh	120,19	76,76	48,20	49,98	30,94	11,90

Tabela 34 Custo Final dos vários cenários de extração com taxa de infiltração de 0,4 h⁻¹

	MC1	MC2	MC3	MC4	MC5	MI
Ni €/ano	120,19	76,76	48,20	49,98	30,94	11,90
Ventiladores €/ano	50,82	38,11	29,64	21,17	8,57	20,23
Custo total €/ano	171,01	114,87	77,84	71,15	39,51	32,13

O cenário MI continua a ser o cenário cujo custo associado é mais reduzido; 32,13 €/ano.

Para 0,6 h⁻¹ os valores estão representados na Tabela 35 e 36.

Tabela 35 Custos necessidades de aquecimento para os vários cenários de extração com taxa de infiltração de 0,6 h⁻¹

Cenário	MC1	MC2	MC3	MC4	MC5	MI
Rph	0,6					
Ni [kWh/m ²]	16,4	10,4	6,6	6,8	4,8	1,6
Ni [kWh] para A=100m ²	1640	1040	660	680	480	160
Custo € para 0,0595 €/kWh	97,58	61,88	39,27	40,46	28,56	9,52

Tabela 36 Custo Final dos vários cenários de extração com taxa de infiltração de 0,6 h⁻¹

	MC1	MC2	MC3	MC4	MC5	MI
Ni €/ano	97,58	61,88	39,27	40,46	28,56	9,52
Ventiladores €/ano	50,82	38,11	29,64	21,17	8,57	20,23
Custo total €/ano	148,40	99,99	68,91	61,63	37,13	29,75

Da mesma maneira como na situação anterior, MI continua a obter custos mais reduzidos, 29,75 €/ano.

Para 1,0 h⁻¹ os valores estão representados na Tabela 37 e 38.

Ventilação em Blocos Habitacionais: Qualidade do ar e economia energética

Tabela 37 Custos necessidades de aquecimento para os vários cenários de extração com taxa de infiltração de 1,0 h⁻¹

Cenário	MC1	MC2	MC3	MC4	MC5	MI
Rph	1,0					
Ni [kWh/m ²]	8,6	5,5	3,5	3,6	4	0,8
Ni [kWh] para A=100m ²	860	550	350	360	400	80
Custo € para 0,0595 €/kWh	51,17	32,73	20,83	21,42	23,80	4,76

Tabela 38 Custo Final dos vários cenários de extração com taxa de infiltração de 1,0 h⁻¹

	MC1	MC2	MC3	MC4	MC5	MI
Ni €/ano	51,17	32,73	20,83	21,42	23,80	4,76
Ventiladores €/ano	50,82	38,11	29,64	21,17	8,57	20,23
Custo total €/ano	101,99	70,84	50,47	42,59	32,37	24,99

Nova taxa de infiltração, a mesma resposta. MI é o cenário mais vantajoso em termos económicos com um custo total de 24,99 €/ano.

Numa análise geral dos valores obtidos:

- Os cenários MC1, MC2, MC3 e MC4 são desperdiçadores de energia e necessitam de ajustes.
- MC5 apesar de mais económico que os restantes ainda assim não é o cenário mais económico.
- MI apesar da sua potência de extração ser mais elevada quando comparada com os cenários centralizados, ainda assim consegue obter os melhores custos.

4. Conclusões e perspectivas de trabalho futuro

Depois de efetuados todos os procedimentos e analisados os resultados podem ser tecidas as seguintes conclusões.

A qualidade construtiva de uma dada fração autónoma demonstrou ser um fator crucial a ter em conta no caso da ventilação. Quanto maior é a estanquicidade de uma fração autónoma menor é caudal de ar novo por infiltrações e por isso menos massa de ar é necessária ser aquecida resultando em valores de necessidades de aquecimento mais baixas. Com vista a reduzir a fatura energética a procura de soluções construtivas capazes de maximizar o potencial da ventilação natural, e para tal deixar os sistemas mecânicos para eventuais soluções de recurso, quando a natural não conseguir suprir de forma suficiente é uma das abordagens prioritárias a adotar.

No que diz respeito ao impacto da introdução dos dois tipos de sistemas de extração em análise, centralizado e independente, de forma geral o sistema centralizado demonstrou que a correta definição do período de extração pode reduzir significativamente o valor final das necessidades de aquecimento.

Analisando os diversos sistemas de extração centralizados, MC1 demonstrou ser um cenário desperdiçador de energia e com taxas de renovação de ar exageradas. Este cenário apresenta valores de energia final que não dependem da estanquicidade da fração autónoma, resultado de extração continua 24 horas por dia. Com os piores resultados de todos os cenários em estudo, conclui-se que este cenário ocupa a “liderança” de cenário não aconselhável.

A introdução de MC2 permitiu ainda assim economizar face a MC1. No que diz respeito aos valores de energia final estes são agora mais reduzidos e função da taxa de infiltração da fração autónoma, o impacto deste cenário é menor. No entanto ainda assim não é a situação mais vantajosa de todos os cenários estudados uma vez que obtém sempre taxas de renovação de ar elevadas e não aceitáveis superiores a $1,0 \text{ h}^{-1}$ e por isso é considerado cenário desperdiçador de energia.

O cenário MC3 apresenta melhorias a nível económico face aos antecessores. É o primeiro cenário que consegue obter uma taxa de renovação de ar aceitável de $0,9 \text{ h}^{-1}$ quando se considera uma fração autónoma com estanquicidade de $0,2 \text{ h}^{-1}$. Ainda assim este cenário está longe do que se pretendeu obter como cenário económico.

A introdução do cenário MC4 veio demonstrar que a correta escolha o período de ventilação é muitas vezes sinónimo de poupança ou maior gasto. O simples adiamento da extração em uma

hora resulta num aumento do valor total de Ni de MC4 quando comparado com MC3. A vantagem deste sistema é que ao contrário de MC3 em que apenas se conseguia obter taxas de renovação de ar aceitáveis para infiltração de $0,2 \text{ h}^{-1}$, agora este cenário obtém taxas de renovação aceitáveis e por isso valores mais económicos quer quando se considera taxa de infiltração de $0,2 \text{ h}^{-1}$ quer para $0,4 \text{ h}^{-1}$, obtendo taxas de renovação de ar de $0,7 \text{ h}^{-1}$ e $0,8 \text{ h}^{-1}$ respetivamente, Tabela 25.

O cenário MC5, que utiliza o perfil de funcionamento idêntico ao cenário independente MI, consegue obter os valores mais aceitáveis quer de energia final quer de renovação de ar mas ainda assim é destronado pelo cenário MI. Das taxas de renovação de ar obtidas, para taxas de infiltração de ar de $0,2 \text{ h}^{-1}$ e $0,4 \text{ h}^{-1}$ as taxas de renovação de ar são aceitáveis como definido pelo 2º patamar no subcapítulo 3.7, e de $0,6 \text{ h}^{-1}$ e $0,8 \text{ h}^{-1}$ respetivamente. Para as taxas de infiltração de $0,6 \text{ h}^{-1}$ e $1,0 \text{ h}^{-1}$ a renovação de ar transpõe o limite que se considera para renovação aceitável de $1,0 \text{ h}^{-1}$ e $1,3 \text{ h}^{-1}$, Tabela 25.

No consumo de eletricidade dos ventiladores considerados para MC5 é o que consegue obter o valor mais reduzido, $0,6 \text{ kWh/m}^2$, Tabela 24.

O cenário independente é aquele que consegue obter melhores resultados entre todos os cenários. Para os valores de energia final (Tabelas 26 a 29) consegue obter os valores mais baixos entre todos os cenários: para taxa de infiltração de $0,2 \text{ h}^{-1}$ obtém 8 kWh/m^2 , para taxa de infiltração de $0,4 \text{ h}^{-1}$ o valor de energia final é de $11,3 \text{ kWh/m}^2$; para $0,6 \text{ h}^{-1}$ mantém-se a tendência e energia final com $14,7 \text{ kWh/m}^2$ e por último para taxa de infiltração de $1,0 \text{ h}^{-1}$ energia final de $21,7 \text{ kWh/m}^2$. Este cenário também obtém taxas de renovação de ar mais reduzidas entre os seis cenários estudados (Tabela 25): $0,4 \text{ h}^{-1}$ quando se considera uma fração autónoma com estanquicidade de $0,2 \text{ h}^{-1}$, este valor é o adequado e mais económico entre todos os cenários e situações; taxa de renovação de ar de $0,6 \text{ h}^{-1}$ quando se considera taxa de infiltrações de $0,4 \text{ h}^{-1}$ e taxa de renovação de ar de $0,7 \text{ h}^{-1}$ para taxa de infiltração de $0,6 \text{ h}^{-1}$. O único valor de taxa de renovação de ar que transcende o limite estabelecido é para o caso de infiltração de $1,0 \text{ h}^{-1}$ em que se obtém uma taxa de renovação de ar total de $1,1 \text{ h}^{-1}$. No entanto ainda assim é o valor mais reduzido entre todos os cenários em estudo. Adicionalmente consegue garantir esta performance e garantir melhor qualidade do ar interior para uma menor estanquicidade. Em suma conclui-se que o cenário independente de extração é o que menor impacto causa de todos os cenários em todas as situações.

A nível económico, no que diz respeito aos custos associados ao consumo dos ventiladores, MC5 é o mais económico com um $8,57 \text{ €/ano}$, Tabela 30, resultado de uma potência dos

ventiladores centralizados mais reduzida que no caso de extração independente e reduzido perfil de funcionamento dos extractores.

Os custos totais em energia final quando já se considera os valores associados às necessidades de aquecimento, (Tabelas 32, 34, 36 e 38), são mais reduzidos no caso do cenário MI para todas as situações: para taxa de infiltração de $0,2 \text{ h}^{-1}$ é de 36,30 €/ano; 32,13 €/ano para taxa de infiltração de $0,4 \text{ h}^{-1}$; 29,75 €/ano em infiltração de $0,6 \text{ h}^{-1}$ e 24,99 €/ano para taxa de infiltração de $1,0 \text{ h}^{-1}$. Este cenário apresenta custos associados às necessidades de aquecimento mais reduzidos que os restantes, no entanto e apesar do custo de eletricidade dos ventiladores não ser o mais reduzido, ainda assim é o que obtém custos totais mais baixos.

No final conclui-se que o sistema independente é o cenário que consegue obter menor impacto entre todos os cenários e menores custos, logo é o cenário mais económico.

No entanto, e depois de finalizado este trabalho é possível compreender que ainda é possível aprofundar muito mais esta questão. Os sistemas centralizados compensam pelo facto da sua potência poder ser repartida por várias frações autónomas, no entanto a correta escolha do horário de extração pode tornar esta situação bastante vantajosa. Os cenários MC1, MC2, MC3 e MC4 comprovaram isso mesmo, apesar da potência do sistema centralizado ser menor que o sistema independente, o grande período de extração torna estes cenários desadequados e desperdiçadores de energia. O caso do cenário MC5 é exemplo disso mesmo, conseguiu obter custos de eletricidade dos ventiladores mais reduzidos face ao sistema independente. No entanto e se fosse considerado outro valor de caudal que não o de $698 \text{ m}^3/\text{h}$ possivelmente este cenário ainda obtinha custos mais reduzidos. Outra situação do cenário centralizado é a extração que se considera para a cozinha, a título de exemplo e numa análise mais detalhada ao cenário MC3 o extrator da cozinha neste cenário está operacional das 8h da manhã até as 22h da noite, 14 horas seguidas de extração e com caudal de $300 \text{ m}^3/\text{h}$. Os sistemas centralizados de extração são caracterizados por possuírem uma válvula de controlo, neste cenário, assim como em MC1, MC2 e MC4, durante este período esta válvula é considerada aberta a 100%. Ora certamente é de esperar que o consumo aumente por este motivo, além de que é muito pouco provável que uma fração autónoma considere extração desta ordem de grandeza durante período tão alargado de tempo. Uma possível solução para poder tornar o consumo final deste e de outros cenários centralizados mais reduzido, tornando-os mais atrativos, poderia passar pela adequação do caudal extraído nos períodos onde não é necessária extração nesta ordem de grandeza. Nos períodos em que estes sistemas não são operados a válvula de controlo não se encontra fechada a 100%. Uma vez que como o

operador não tem controlo sobre o funcionamento do ventilador posicionado na cobertura, se a válvula fechasse a 100% a rede de condutas que interligam o ventilador ao extrator na fração autónoma ficaria sob depressão. Como tal considera-se uma pequena abertura da válvula que não possibilita o total fecho do sistema de extração e ainda assim se consegue extrair um certo caudal mesmo quando não estão a ser preparadas refeições nesta divisão. A determinação da percentagem de abertura desta válvula permitiria depois ser adequada às restantes horas, a título de exemplo, se a fricha tomar o valor de 10% nos períodos fora de almoço e jantar em vez de se considerar extração a 100%, se se considerar extração a 10% (das 8h às 11h, das 14h às 19h e das 22h às 23h) certamente os custos finais seriam muito mais reduzidos devido à redução do valor associado às necessidades de aquecimento. Este estudo apenas considera uma fração autónoma com uma cozinha e uma casa de banho, na entanto há situações de frações autónomas que possuem mais do que uma casa de banho, seria interessante verificar o que acontece com a consideração de mais do que uma casa de banho. Além disso considerar outras áreas e pés direitos para outras frações autónomas também seria interessante de estudar. Uma vez que se trata de extração em edifícios multifamiliares adaptar este procedimento a extração num edifício multifamiliar com diversas frações autónomas, com diversas características e tipologias.

Resumidamente o cenário de extração independente, MI, é o que consegue garantir uma melhor performance e consegue garantir uma qualidade de ar interior adequada garantindo economia energética. Os cenários de extração centralizados apesar de apresentarem custos mais reduzidos a nível de instalação a longo prazo resultam em consumos de eletricidade elevados face a extração independente uma vez que operam durante mais horas.

Do ponto de vista económica seria interessante efetuar uma análise de investimento para determinar os custos de uma instalação centralizada e uma instalação idêntica mas utilizando sistemas independentes de extração para um mesmo edifício multifamiliar.

5. Referências e Bibliografia

- [1] – Direção Geral de Energia e Geologia (2010). *Política energética Caracterização Energética Nacional Portugal*. Acedido em 1 julho de 2012, em <http://www.dgeg.pt/>
- [2] – International Energy Agency (2010). *World Energy Outlook 2010*. Acedido em 1 de julho de 2012, em <http://hopi.iea.org:10000/search/search/C.view=default/results?q=world+primary+energy+demand>
- [3] – ADENE – Agência para a Energia (2001). *FORUM “Energias Renováveis em Portugal”- Relatório Síntese*. Acedido em 15 julho de 2012, em http://www.aguaquentesolar.com/publicacoes/16/FORUM_Relatorio-Sintese.pdf
- [4] – Ade Porto – Agência de Energia do Porto (2008). *Matriz Energética do Porto*. Acedido em 1 de julho de 2012, em http://www.anmp.pt/files/dpeas/2010/planactoautarcas/p02/ME_Porto.pdf
- [5] – Dimitroulopoulou, C. (2011). Ventilation in European dwellings: A review. *Elsevier*, 47, 109-125
- [6] – Instituto de Meteorologia de Portugal (2008). Acedido em 1 de julho de 2012, em <http://www.meteo.pt/>
- [7] – Soler & Palau – Soluções inovadoras (2006). *Ventilação – A ventilação centralizada*. Acedido em 1 de março de 2012, em http://www.solerpalau.pt/formacion_01_03.html
- [8] – American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers (ASHRAE) (2007). *ASHRAE Handbook HVAC Applications: Kitchen Ventilation*
- [9] – Decreto Lei 80/06 de 4 de Abril. Diário da República nº67/06 - I Série A. Ministério das Obras Públicas Transportes e Comunicações (MOPTC). Portugal
- [10] – U. S. Department of Energy (2011). *Weather Data*. Acedido em 12 de julho de 2012, em http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/weatherdata_about.cfm
- [11] – The World Meteorological Organization – WMO (2009). Acedido em 1 de julho de 2012, em http://www.wmo.int/pages/index_en.html
- [12] – U. S. Department of Energy (2011). *Weather Data*. Acedido em 12 de julho de 2012, em http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/cfm/weather_data3.cfm/region=6_europe_wmo_region_6/country=PRT/cname=Portugal

[13] – Mendes, J. C., Guerreiro M. R., Santos, C. A. P., Paiva, J. A. V. (1989). *Temperaturas Exteriores de Projecto e Número de Graus-Dias*. Lisboa: Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica, Laboratório Nacional de Engenharia Civil

[14] – American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers (ASHRAE) (2009). *ASHRAE Handbook Fundamentals HVAC Design 2009*

[15] – American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers (ASHRAE) (2009). *ASHRAE Standard 62.1 2004*

ANEXO A: Ventilador extração centralizada cozinha

ventiladores de cobertura *DV / DH*

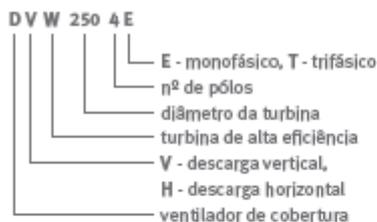


- Velocidade de variação 0-100% através de transformador automático ou controlador electrónico.
- Descarga horizontal ou Vertical.
- Protecção térmica do motor.

DESCRIÇÃO

A turbina dos DV/DH/DVS tem pás recuadas, fabricadas em plástico até ao tamanho 450 e em alumínio do tamanho DHW 450 até 710 e são instaladas nos rotores dos motores de rotor externo. No modelo DV as turbinas de dimensões 800 e 900 são em alumínio. Estas turbinas são equilibradas com um grau de equilibragem de acordo com a equilibragem G 2.5 DIN/ISO 1940, a dois níveis. Os motores dos ventiladores de cobertura até ao modelo 710 são de rotor externo, 100% controláveis em velocidade por variação de tensão com classe de protecção IP44 com protecção contra a humidade e protecção térmica em série com os enrolamentos a partir do modelo 800, são equipados com motores de velocidade constante ou com variação de velocidade simples recorrendo a mudanças na combinação no número de pólos no motor. Do modelo DV 800 o motor é standard IEC, tipo B5, IP54 (fora do fluxo de ar).

NOMENCLATURA



GAMA

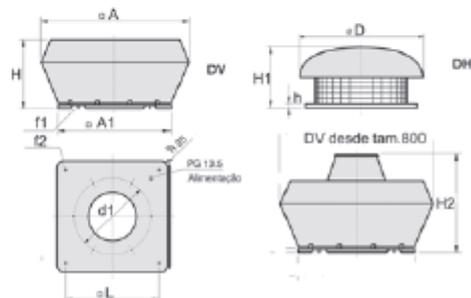
- Gama de 31 ventiladores de descarga horizontal e 37 de descarga vertical
- Ligações entre Ø190 ao Ø800
- Caudal até 16500 m³/h

APLICAÇÃO

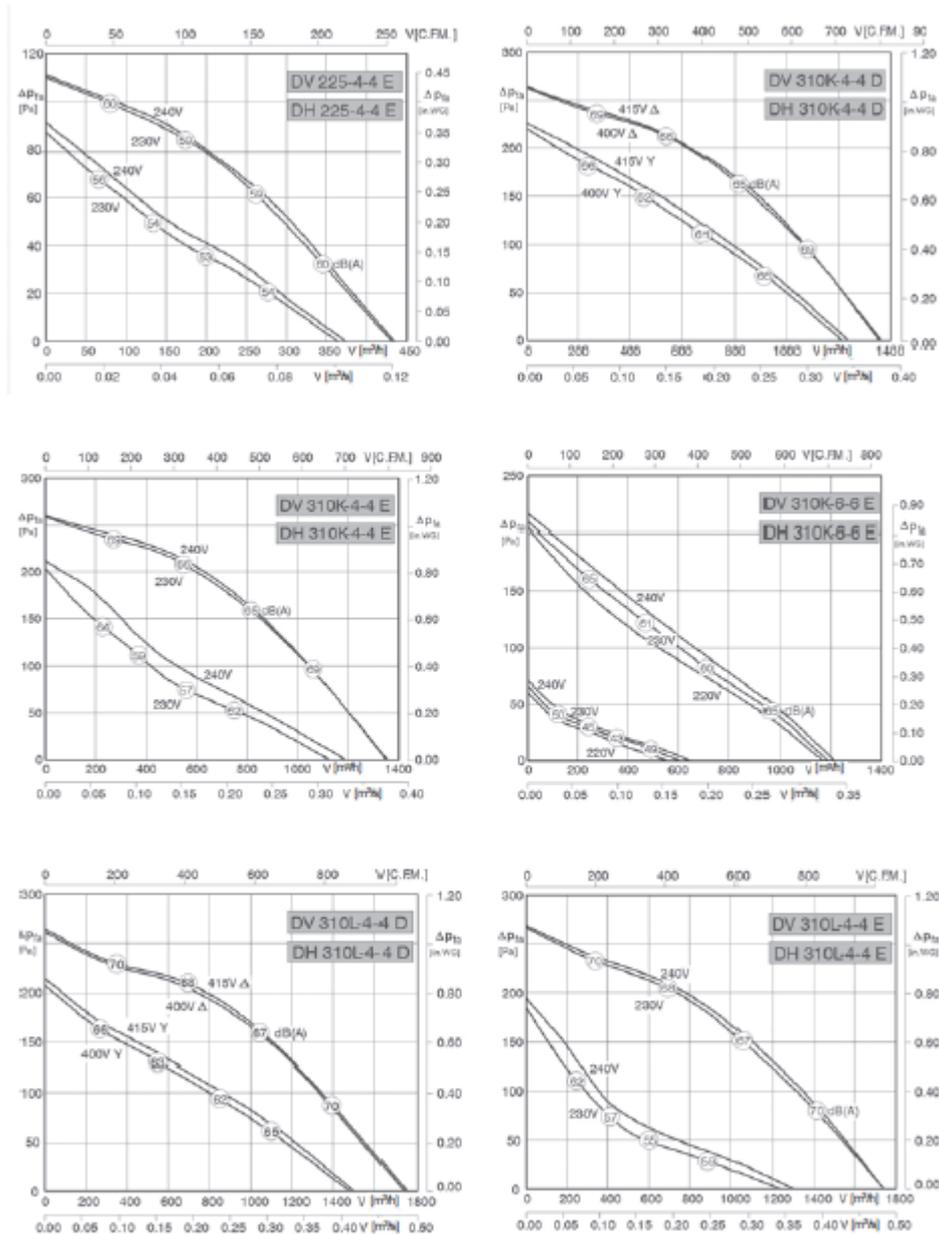
Os ventiladores de cobertura podem ser utilizados em meios com ar limpo, sujos ou gordurosos onde existam gases e fumos pouco agressivos, com densidade de ar até 1,3 kg/m³, temperaturas de -30° até + 40° C e humidade até ao máximo de 95%.

As unidades de cobertura são utilizadas, para ventilação no sector doméstico, no pequeno terciário (cozinhas, refeitórios, armazéns, garagens) e grande terciário (centros comerciais, fábricas, supermercados) quintas e estábulos. Os ventiladores são indicados para montagem em telhado plano ou inclinado até 15°.

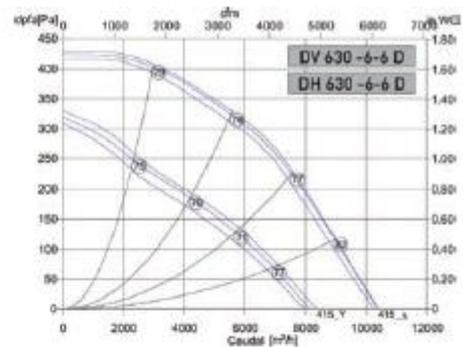
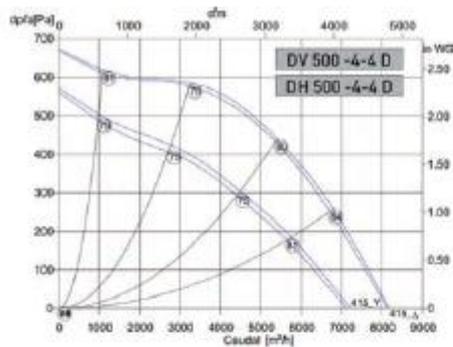
DIMENSÕES



ANEXO A (Continuação): Ventilador extração centralizada cozinha



ANEXO A (Continuação): Ventilador extração centralizada cozinha



CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Existem diferentes tipos de unidades de cobertura:

- Tipo DH de descarga horizontal – Ar pouco poluído.
- Tipo DV de descarga vertical – Ar muito contaminado.

Envolvente:

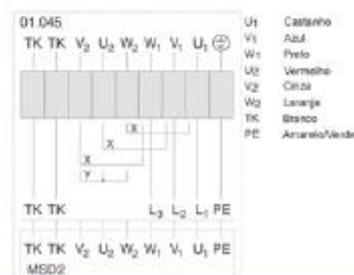
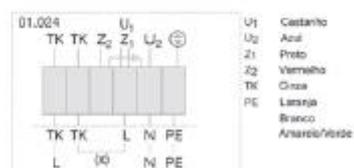
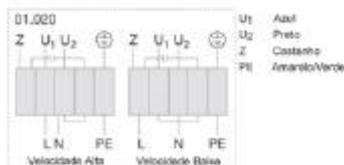
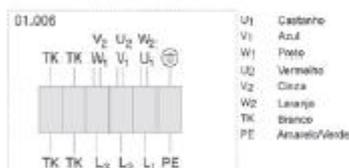
- DH até ao tamanho 500 fabricado em alumínio resistente a ambientes marítimos.
- DV fabricado em alumínio resistente a ambientes marítimos.
- DV5 com cobertura de absorção sonora integrada (sob consulta).
- DHW/DW com uma nova turbina de elevada eficiência.

Versão com motor anti-deflagrante (sob consulta).

CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS

Os motores estão equipados com uma caixa terminal incorporada de classe de protecção IP54 de fácil acesso após remoção da cobertura anti-chuva.

Protecção térmica incluída.



ANEXO A (Continuação): Ventilador extração centralizada cozinha

VENTILAÇÃO

DADOS TÉCNICOS

	Tensão V/Hz	Potência Absorvida kW	Intensi- dade Nominal A	Velocidade rpm	Con- den- sor µF	Temp. Máx. °C	Var. Int. Admis- sível %	Relação Arranque Nominal	Classe Prot. Motor	Diagrama Ligação	Peso Kg	Transformador 5 Posições	Controlador Electrónico Contínuo	Interruptor Protecção Motor
DV/DH 190-2-2 E	230/50	0,07/0,04	0,3/0,2	2420/1520	2	80	-	1,4	IP44	01.020	3,8	-	-	-
DV/DH 225-2-2 E	230/50	0,11/0,08	0,51/0,36	2580/1620	3	50	-	1,7	IP44	01.020	5,0	-	-	-
DV/DH 225-4-4 E	230/50	0,04/0,02	0,16/0,10	1320/1000	1,5	80	-	1,4	IP44	01.020	4,5	-	-	-
DV/DH 310K-4-4 E	230/50	0,12/0,08	0,5/0,4	1360/940	4	40	-	2,0	IP44	01.020	9,5	-	-	-
DV/DH 310K-6-6 E	230/50	0,08/0,04	0,35/0,16	1050/480	1,5	80	-	1,3	IP44	01.020	9,5	-	-	-
DV/DH 316L-4-4 E	230/50	0,15/0,07	0,66/0,46	1300/740	4	50	-	1,8	IP44	01.020	10	-	-	-
DV/DH 316L-6-6 E	230/50	0,1/0,55	0,5/0,26	1020/500	2	80	-	1,4	IP44	01.020	10	-	-	-
DV/DH 366-4 E	230/50	0,28	1,25	1255	5	80	-	1,8	IP54	01.024	19	RE/RTE 1.5	ED 2.5	MSE1
DV/DH 366-6 E	230/50	0,11	0,5	830	2	80	-	1,3	IP54	01.024	18	RE/RTE 1.5	ED 0,8	MSE1
DV/DH 400-4 E	230/50	0,52	2,43	1385	12	45	16	2,85	IP54	01.024	22	RE/RTE 3.2	-	MSE1
DV/DH 400-6 E	230/50	0,19	0,86	920	4	80	12	2,5	IP54	01.024	21	RE/RTE 1.5	-	MSE1
DV/DH 460-4 E	230/50	0,80	3,74	1240	16	50	2	2,0	IP54	01.024	28	RE/RTE 5	-	MSE1
DV/DH 460-6 E	230/50	0,27	1,2	860	5	50	-	1,8	IP54	01.024	26	RE/RTE 1.5	ED 2.5	MSE1
DV/DH 316-4-4 D	400/50 Δ/Y	0,12/0,08	0,3/0,13	1370/1150	-	55	-	2,1	IP44	01.045	9,5	-	-	MSD2
DV/DH 316L-4-4 D	400/50 Δ/Y	0,15/0,09	0,32/0,16	1320/1030	-	50	-	2,3	IP44	01.045	10	-	-	MSD2
DV/DH 366-4-4 D	400/50 Δ/Y	0,12/0,08	0,3/0,13	1370/1150	-	55	-	2,1	IP44	01.045	9,5	-	-	MSD2
DV/DH 400-4-4 D	400/50	0,43/0,27	0,74/0,45	1275/895	-	40	-	2,6	IP44	01.045	21	-	-	MSD 2
DV/DH 460-4-4 D	400/50	0,74/0,39	1,46/0,75	1240/855	-	40	-	2,4	IP44	01.045	27	-	-	MSD 2
DV/DH 460L-4-4 D	400/50	0,9/0,5	1,78/0,86	1185/865	-	40	-	2,6	IP54	-	43	-	-	-
DV/DH 600-4-4 D	400/50	1,35/0,87	2,6/1,6	1360/1130	-	50	-	3,9	IP54	-	49	-	-	-
DV/DH 630-6-6 D	400/50	1,1/0,86	2,1/1,15	960/670	-	50	-	3,3	IP54	-	65	-	-	-
DV 716-6-6 D	400/50 Δ/Y	2,1/1,4	4,1/2,6	910/715	-	60	-	4,6	IP54	1,006	-	-	-	-
DV 900-6-12 D	400/50 Y/Y/Y	0,54	2,7/8	440/950	-	-	-	-	IP54	-	219	-	-	-
DV 900-6-6 D	400/50 Y/Y/Y	1,64	5,3/10	720/950	-	-	-	-	IP54	-	233	-	-	-
DV 900-6-12 D	400/50 Y/Y/Y	0,7/2,2	3,2/6,8	500/750	-	-	-	-	IP54	-	219	-	-	-
DV 900-6-12 D	400/50 Y/Y/Y	1,5/7,5	3,9/16,5	470/960	-	-	-	-	IP54	-	275	-	-	-

ACESSÓRIOS

- ✗ MSE – Interruptor de protecção do motor monofásico para uma ou duas velocidades.
- ✗ MSD – Interruptor de protecção do motor trifásico para uma ou duas velocidades.
- ✗ RE – Transformador de 5 velocidades monofásico.
- ✗ RTE – Transformador de 5 velocidades monofásico com ligação de contacto térmico.
- ✗ RTD – Transformador de 5 velocidades trifásico com ligação de contacto térmico.
- ✗ ED – Variador de velocidade monofásico.

TEXTOS DE PRESCRIÇÃO

Ventilador de cobertura de descarga vertical DV ou horizontal DH, com pás recuadas. Será constituído por estrutura em chapa de alumínio e a base em aço galvanizado lacado. Motor de rotor externo.

Tipo DV/DH da marca EFAFLU

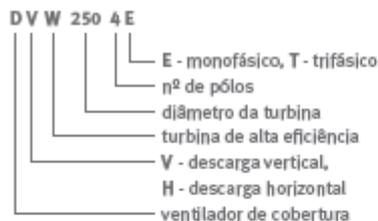
ANEXO B: Ventilador extração centralizada casa de banho

ventiladores de cobertura **DV / DH**



- Velocidade de variação 0-100% através de transformador automático ou controlador electrónico.
- Descarga horizontal ou Vertical.
- Protecção térmica do motor.

NOMENCLATURA



GAMA

- Gama de 31 ventiladores de descarga horizontal e 37 de descarga vertical
- Ligações entre o Ø190 ao Ø800
- Caudal até 16500 m³/h

APLICAÇÃO

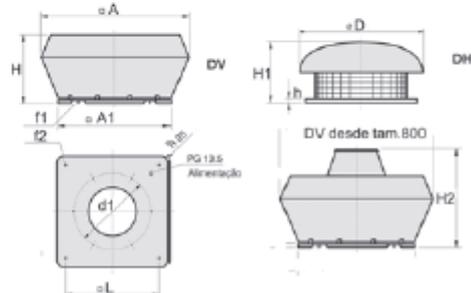
Os ventiladores de cobertura podem ser utilizados em meios com ar limpo, sujos ou gordurosos onde existam gases e fumos pouco agressivos, com densidade de ar até 1,3 kg/m³, temperaturas de -30° até + 40° C e humidade até ao máximo de 95%.

As unidades de cobertura são utilizadas, para ventilação no sector doméstico, no pequeno terciário (cozinhas, refeitórios, armazéns, garagens) e grande terciário (centros comerciais, fábricas, supermercados) quintas e estábulos. Os ventiladores são indicados para montagem em telhado plano ou inclinado até 15°.

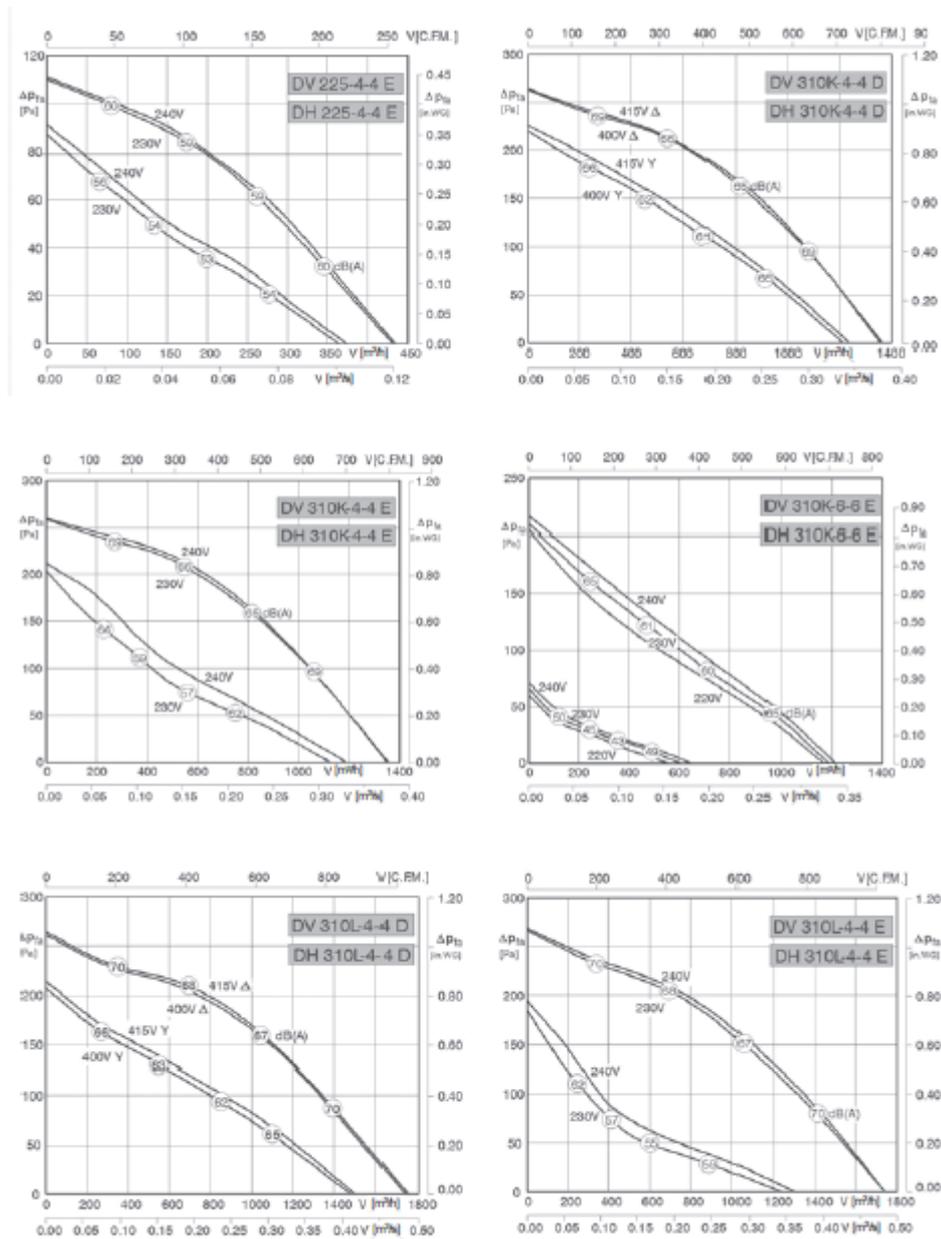
DESCRIÇÃO

A turbina dos DV/DH/DVS tem pás recuadas, fabricadas em plástico até ao tamanho 450 e em alumínio do tamanho DHW 450 até 710 e são instaladas nos rotores dos motores de rotor externo. No modelo DV as turbinas de dimensões 800 e 900 são em alumínio. Estas turbinas são equilibradas com um grau de equilibragem de acordo com a equilibragem G 2.5 DIN/ISO 1940, a dois níveis. Os motores dos ventiladores de cobertura até ao modelo 710 são de rotor externo, 100% controláveis em velocidade por variação de tensão com classe de protecção IP44 com protecção contra a humidade e protecção térmica em série com os enrolamentos a partir do modelo 800, são equipados com motores de velocidade constante ou com variação de velocidade simples recorrendo a mudanças na combinação no número de pólos no motor. Do modelo DV 800 o motor é standard IEC, tipo B5, IP54 (fora do fluxo de ar).

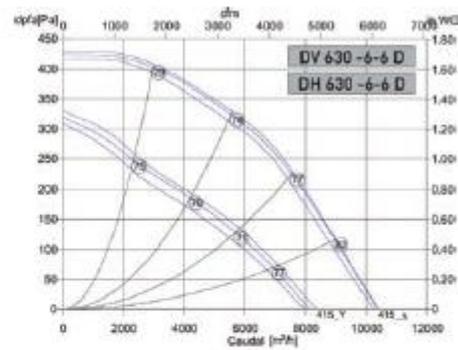
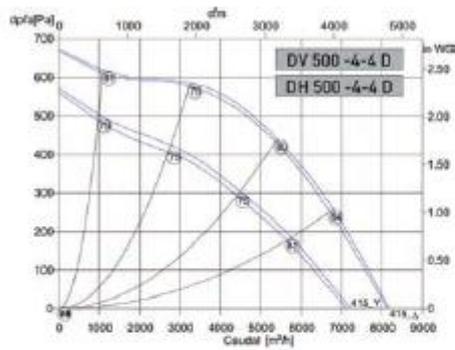
DIMENSÕES



ANEXO B (Continuação): Ventilador extração centralizada casa de banho



ANEXO B (Continuação): Ventilador extração centralizada casa de banho



CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Existem diferentes tipos de unidades de cobertura:

- Tipo DH de descarga horizontal – Ar pouco poluído.
- Tipo DV de descarga vertical – Ar muito contaminado.

Envolvente:

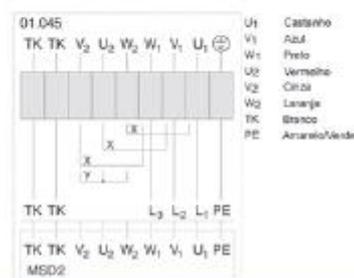
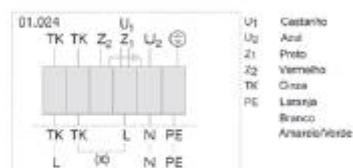
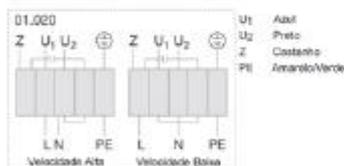
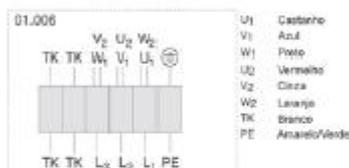
- DH até ao tamanho 500 fabricado em alumínio resistente a ambientes marítimos.
- DV fabricado em alumínio resistente a ambientes marítimos.
- DVS com cobertura de absorção sonora integrada (sob consulta).
- DHW/DW com uma nova turbina de elevada eficiência.

Versão com motor anti-deflagrante (sob consulta).

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS

Os motores estão equipados com uma caixa terminal incorporada de classe de protecção IP54 de fácil acesso após remoção da cobertura anti-chuva.

Protecção térmica incluída.



ANEXO B (Continuação): Ventilador extração centralizada casa de banho

VENTILAÇÃO

DADOS TÉCNICOS

	Tensão	Potência Absorvida	Intensidade Nominal	Velocidade	Condensador	Temp. Máx.	Var. Int. Admissível	Relação Armasp / Nominal	Classe Prot. Motor	Diagrama Ligação	Peso	Transformador 5 Posições	Controlador Electrónico Contínuo	Interruptor Protecção Motor
	Whz	kW	A	rpm	µF	°C	%				Kg			
DV/DH 190-2-2 E	230/50	0,07/0,04	0,3/0,2	2420/1520	2	80	-	1,4	IP44	01,020	3,8	-	-	-
DV/DH 225-2-2 E	230/50	0,11/0,06	0,51/0,36	2580/1620	3	90	-	1,7	IP44	01,020	5,0	-	-	-
DV/DH 225-4-4 E	230/50	0,04/0,02	0,16/0,10	1320/1000	1,5	80	-	1,4	IP44	01,020	4,5	-	-	-
DV/DH 310K-4-4 E	230/50	0,12/0,06	0,6/0,4	1360/940	4	40	-	2,0	IP44	01,020	9,5	-	-	-
DV/DH 310K-6-6 E	230/50	0,08/0,04	0,35/0,16	1050/480	1,5	80	-	1,3	IP44	01,020	9,5	-	-	-
DV/DH 310L-4-4 E	230/50	0,15/0,07	0,66/0,46	1300/740	4	50	-	1,8	IP44	01,020	10	-	-	-
DV/DH 310L-6-6 E	230/50	0,1/0,55	0,5/0,26	1020/500	2	80	-	1,4	IP44	01,020	10	-	-	-
DV/DH 365-4 E	230/50	0,28	1,25	1255	5	80	-	1,8	IP54	01,024	19	RE/RTTE 1,5	ED 2,5	MSE1
DV/DH 365-6 E	230/50	0,11	0,5	830	2	80	-	1,3	IP54	01,024	18	RE/RTTE 1,5	ED 0,8	MSE1
DV/DH 400-4 E	230/50	0,52	2,43	1985	12	45	16	2,85	IP54	01,024	22	RE/RTTE 3,2	-	MSE1
DV/DH 400-6 E	230/50	0,19	0,86	920	4	80	12	2,5	IP54	01,024	21	RE/RTTE 1,5	-	MSE1
DV/DH 450-4 E	230/50	0,80	3,74	1240	16	50	2	2,0	IP54	01,024	29	RE/RTTE 5	-	MSE1
DV/DH 450-6 E	230/50	0,27	1,2	860	5	50	-	1,8	IP54	01,024	26	RE/RTTE 1,5	ED 2,5	MSE1
DV/DH 310-4-4 D	400/50 Δ/Y	0,12/0,08	0,3/0,13	1370/1150	-	55	-	2,1	IP44	01,045	9,5	-	-	MSD2
DV/DH 310L-4-4 D	400/50 Δ/Y	0,15/0,09	0,32/0,16	1320/1030	-	50	-	2,3	IP44	01,045	10	-	-	MSD2
DV/DH 365-4-4 D	400/50 Δ/Y	0,12/0,08	0,3/0,13	1370/1150	-	55	-	2,1	IP44	01,045	9,5	-	-	MSD2
DV/DH 400-4-4 D	400/50	0,43/0,27	0,74/0,45	1275/895	-	40	-	2,5	IP44	01,045	21	-	-	MSD 2
DV/DH 450-4-4 D	400/50	0,74/0,39	1,46/0,75	1240/855	-	40	-	2,4	IP44	01,045	27	-	-	MSD 2
DV/DH 450L-4-4 D	400/50	0,9/0,5	1,78/0,89	1185/885	-	40	-	2,6	IP54	-	43	-	-	-
DV/DH 500-4-4 D	400/50	1,35/0,97	2,6/1,5	1360/1130	-	50	-	3,9	IP54	-	49	-	-	-
DV/DH 630-5-6 D	400/50	1,1/0,66	2,1/1,15	860/570	-	50	-	3,3	IP54	-	65	-	-	-
DV 710-6-6 D	400/50 Δ/Y	2,1/1,4	4,1/2,5	910/715	-	80	-	4,5	IP54	1,006	-	-	-	-
DV 800-6-12 D	400/50 Y/Y/Y	0,54	2,78	440/950	-	-	-	-	IP54	-	219	-	-	-
DV 800-6-6 D	400/50 Y/Y/Y	1,84	5,3/10	720/950	-	-	-	-	IP54	-	233	-	-	-
DV 800-6-12 D	400/50 Y/Y/Y	0,7/2,2	3,2/6,8	500/790	-	-	-	-	IP54	-	219	-	-	-
DV 900-6-12 D	400/50 Y/Y/Y	1,5/7,5	3,9/16,5	470/950	-	-	-	-	IP54	-	275	-	-	-

ACESSÓRIOS

- X MSE** – Interruptor de protecção do motor monofásico para uma ou duas velocidades.
- X MSD** – Interruptor de protecção do motor trifásico para uma ou duas velocidades.
- X RE** – Transformador de 5 velocidades monofásico.
- X RTE** – Transformador de 5 velocidades monofásico com ligação de contacto térmico.
- X RTD** – Transformador de 5 velocidades trifásico com ligação de contacto térmico.
- X ED** – Variador de velocidade monofásico.

TEXTOS DE PRESCRIÇÃO

Ventilador de cobertura de descarga vertical DV ou horizontal DH, com pás recuadas. Será constituído por estrutura em chapa de alumínio e a base em aço galvanizado lacado. Motor de rotor externo.

Tipo DV/DH da marca EFAFLU



Figura 48 Bocal de extração no sistema de extração centralizada

ANEXO C: Ventiladores extração Independente

Cozinha



- Exustor Air 101 APELSON
- Potência: 125 Watt com duas lâmpadas de 20 W cada
- Caudal de extração: 320 m³/h

Figura 49 Extrator de cozinha



Casa de banho

- Extrator EJ 8 JUNEX
- Potência: 15 Watt
- Caudal de extração: 70 m³/h

Figura 50 Extrator de casa de banho

