

IVAN HONORIO THIBES DA SILVA

ANÁLISE DE CONFORTO TÉRMICO EM ESCRITÓRIO DE ADVOCACIA

São Paulo
2016

IVAN HONORIO THIBES DA SILVA

ANÁLISE DE CONFORTO TÉRMICO EM ESCRITÓRIO DE ADVOCACIA

Monografia apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para a obtenção do título de Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho

São Paulo

2016

Catalogação-na-publicação

Silva, Ivan

ANÁLISE DE CONFORTO TÉRMICO EM ESCRITÓRIO DE ADVOCACIA / I.

Silva -- São Paulo, 2016.

50 p.

Monografia (Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho) -
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. PECE – Programa de
Educação Continuada em Engenharia.

1.CONFORTO TÉRMICO (ANÁLISE) 2.ESCRITÓRIOS (AMBIENTAÇÃO)
3.CONDIÇÕES DO TRABALHO 4.BIOSSEGURANÇA I.Universidade de São
Paulo. Escola Politécnica. PECE – Programa de Educação Continuada em
Engenharia II.t.

À minha esposa, mãe, família e amigos que me apoiaram na realização deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

Ao Diretor Administrativo e à Administradora Predial, ao Chefe de Operação, aos Técnicos de manutenção de ar condicionado, aos colaboradores do escritório de advocacia por me permitirem realizar o estudo, fornecer as informações necessárias e pelo apoio durante a realização do trabalho de campo.

Aos professores do curso de Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho, por todo o conhecimento que nos passaram no período de 2 anos.

RESUMO

Atualmente, as pessoas passam cada vez mais tempo em ambientes de trabalho fechados, sob condições artificiais de temperatura e umidade. Há evidências que o conforto térmico interfere diretamente na saúde e concentração do trabalhador, justificando uma análise criteriosa desses parâmetros no ambiente de trabalho. No Brasil, este tema é regido por normas regulamentadoras (NRs) e leis específicas como as NR 17, de 1978 atualizada em 2007, Portaria 3523, de 28 de agosto de 1998, implementada pelo Ministério da Saúde no Estado de São Paulo e Resolução 09, de 16 de janeiro de 2003, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária, utilizadas como base para manter o conforto térmico nos ambientes de trabalho. O objetivo do presente estudo foi avaliar o funcionamento do sistema de ar condicionado instalado no edifício de um escritório de advocacia e eventuais problemas de conforto térmico aos trabalhadores. As medições de temperatura e velocidade do ar foram realizadas no 5º pavimento, na presença de aproximadamente 80 colaboradores rotativos utilizando-se um termo anemômetro, em 5 horários e 10 pontos diferentes. Considerando como jornada principal, 8h30 às 17h30, uma medição foi realizada antes do início desta jornada (8hs), outra no pico mais alto de trabalhadores no local durante a manhã (11hs), no horário do almoço (13hs), quando o escritório permanece praticamente vazio, outra no horário em que há o maior número de pessoas (15hs), e a última medição após a jornada principal (18hs), abrangendo os principais pontos do pavimento. Analisou-se também os registros de reclamações entre janeiro e agosto de 2015. O presente trabalho atendeu ao seu objetivo, tendo em vista que foi possível analisar o sistema de ar condicionado instalado no escritório e realizar os levantamentos de temperatura e velocidade do ar. O escritório atende parcialmente aos parâmetros estabelecidos pelas legislações e normas estudadas. Com relação às reclamações dos funcionários, a maioria apresenta desconforto térmico por frio excessivo. Por fim, foram apresentadas as propostas de melhorias para tomada das medidas necessárias pelo escritório.

Palavras-chave: Ar condicionado. Conforto térmico. Conforto ambiental. Saúde do trabalhador. Escritório de advocacia.

ABSTRACT

Nowadays, people spend more and more time in indoor workplaces , under artificial conditions of temperature and humidity. There is evidence that thermal comfort interfere directly in workers' health and concentration, justifying a careful analysis of these parameters at the workplace. In Brazil, this issue is governed by specific regulatory rules (Normas Regulamentadoras - NRs) and laws as the NR 17, as of 1978, with updated version in 2007, Decree 3523, as of August 28, 1998, by the Ministry of Health in the State of São Paulo and Resolution 09 (ANVISA), as of January 16, 2003, implemented by the National Health Surveillance Agency, used as basis to maintain thermal comfort at the workplace. The aim of this study was to evaluate the operation of the air conditioning system installed in the building of a law firm and thermal comfort potential problems to the workers. The temperature and air velocity measurements were made on the 5th floor, in the presence of approximately 80 rotating workers with a thermal anemometer at 5 different times and 10 different points. Considering the main journey as 8:30 am to 5:30 pm, a measurement made before the start of this journey (8 am), another on the highest peak of workers on site during the morning time (11 am), then at lunch time (1 pm), when the office remains almost empty, then another measurement at 3 pm, when there is the greatest number of workers and the last measurement after the main working hours (6 pm), covering the main points of the floor. The records of complaints made by workers between January and August, 2015 were also analyzed. This study reached its objective, given the fact that it was possible to analyze the air conditioning system installed at the office and obtain the temperature and air velocity measures. The office partially attends to the parameters established by the laws and regulations studied. Regarding the complaints from the employees, most of them are relating to discomfort by excessive cold. Proposals were presented for the necessary improvements that should be taken by the office.

Keyword: Air conditioning. Thermal comfort. Environmental comfort. Worker's health. Law firm.

LISTAS DE FIGURAS

Figura 1 - <i>Wainwright Building</i>	15
Figura 2 - Edifício Johnson Wax.....	16
Figura 3 - Prédio Martinelli - 1940	16
Figura 4 - Sistema de expansão direta tipo <i>Split</i>	21
Figura 5 - Exemplo de sistema de ar condicionado com expansão indireta - <i>Chiller</i>	22
Figura 6 - Exemplo de ar condicionado de expansão indireta - <i>Chiller</i>	22
Figura 7 - <i>Fan coil</i>	23
Figura 8 - Sistema de termo-acumulação	24
Figura 9. - Roda entalpica	25
Figura 10 - 5º pavimento-tipo - sala com janela	27
Figura 11 - Salas com janelas à esquerda e salas sem janela à direita.....	27
Figura 12 - Baia ao centro	28
Figura 13 - Hall com 4 elevadores.....	28
Figura 14 - <i>Chiller 1</i>	29
Figura 15 - <i>Chiller 2</i>	30
Figura 16 - <i>Fan Coil</i>	30
Figura 17 - <i>Chillers 1 e 2 CPD e auditório</i>	31
Figura 18 - Termo Anemômetro	31

LISTAS DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Comparativo entre as temperaturas obtidas nas salas com janela e áreas localizadas no interior do pavimento.....	36
Gráfico 2 - Circulação de pessoas no 5º pavimento.....	37
Gráfico 3 - Análise da velocidade do ar.....	38

LISTAS DE TABELAS

Tabela 1 - Medição às 8h.....	33
Tabela 2 - Medição às 11h.....	34
Tabela 3 - Medição às 13h	34
Tabela 4 - Medição às 15h	35
Tabela 5 - Medição às 18h	35

LISTAS DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária

CPD - Centro de Processamento de Dados

DORT - Doenças Osteoarticulares Relacionadas ao Trabalho

EUA - Estados Unidos da América

HFC - Hidrofluorcarboneto

LER - Lesões por Esforços Repetitivos

MDA - Termo Anemômetro Digital

NBR - Norma Brasileira

NR - Norma Regulamentadora

TAB - Testes Ajustes e Balanceamento

VAC - Volume de Ar Constante

VAV - Volume de Ar Variável

VMR - Valor Máximo Recomendável

VRF - *Variable Refrigerant Flow*

VRV - Volume Refrigerante Variável

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
1.1. OBJETIVO.....	13
1.2. JUSTIFICATIVA	13
2. REVISÃO DA LITERATURA	15
2.1. EDIFÍCIOS	15
2.2. CONFORTO TÉRMICO	17
2.3. PARÂMETROS CONSIDERADOS PELA LEGISLAÇÃO E NORMAS NACIONAIS.....	17
2.4. SISTEMAS DE AR CONDICIONADO	20
2.4.1. Sistema de expansão direta	20
2.4.2. Sistema de expansão indireta	21
2.4.3. Sistema de outras tecnologias ou alternativas	23
3. MATERIAIS E MÉTODOS	25
3.1. INFORMAÇÕES GERAIS	25
3.2. LEGISLAÇÃO E NORMAS.....	29
3.3. SISTEMA DE AR CONDICIONADO UTILIZADO PELO ESCRITÓRIO	29
3.4. MEDIÇÕES	31
3.5. CONTROLE DE RECLAMAÇÕES DOS FUNCIONÁRIOS	32
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	33
4.1. RESULTADOS	33
4.1.1. Análise das reclamações dos funcionários	33
4.1.2. Análise de temperatura e velocidade do ar no 5º pavimento	33
4.1.2.1. Variações de temperatura	35
4.1.2.2. Variações de velocidade do ar	37
4.2. DISCUSSÕES.....	38
4.3. LIMITAÇÕES.....	39
4.4. PROPOSTAS	39
5. CONCLUSÕES	41
REFERÊNCIAS.....	42
ANEXO I.....	45
ANEXO II.....	46
ANEXO III.....	48
ANEXO IV	49
ANEXO V	50

1. INTRODUÇÃO

Em 1902, Willis Carrier, inventou um processo mecânico para condicionar ar, tornando possível realizar controle climático em ambientes fechados, através do resfriamento e circulação do ar por dutos artificialmente resfriados por uma máquina, com o fim de controlar a umidade e a temperatura, grandes problemas enfrentados por uma gráfica, Sacket & Wilhelms no Brooklyn, em Nova Iorque, EUA. Este sistema popularizou-se nos EUA em 1920 e foi instalado em diversos prédios públicos. Sua produção em massa iniciou-se a partir de 1950. Atualmente estes sistemas são divididos em sistema de expansão direta, de expansão indireta e normalmente são instalados em ambientes diversos, principalmente edifícios comerciais (UNITED TECHNOLOGIES CORPORATION, 2016).

Os primeiros edifícios comerciais surgiram nos países europeus e o primeiro grande edifício composto de térreo, sobreloja, 7 pavimentos-tipo, cobertura e 4 elevadores foi construído em St. Louis, Missouri, EUA, entre 1890 e 1891, (FIALHO, 2007). No Brasil, o primeiro edifício de grande porte, conhecido como Prédio Martinelli, teve sua construção iniciada em 1922. (ESTADÃO, 2013).

Por volta de 1906, Max Weber e Frederick Taylor iniciaram os primeiros estudos sobre conforto térmico dos edifícios e a partir de 1920 percebeu-se a importância da otimização dos espaços internos dos edifícios, como, por exemplo, a separação de salas (FIALHO, 2007).

Atualmente, a condição de conforto térmico em um ambiente interno é baseada na norma internacional ISO 7730 / 1994, elaborada de acordo com estudos realizados por Fanger (1970), na Dinamarca, em câmaras climatizadas, onde foram avaliadas as respostas psicofisiológicas de um grupo de pessoas quando submetidas a variações ambientais, considerando como parâmetro, o modelo físico de balanço de calor entre o homem e o meio ambiente, através do qual todo o calor gerado pelo organismo humano pela execução de atividades deve ser dissipado em igual proporção ao ambiente, a fim de que não haja acúmulo ou perda excessiva de calor no interior do organismo (XAVIER, 2000).

Esses estudos continuam a ser realizados sob diversos aspectos, pois as pessoas passam cada vez mais tempo em ambientes fechados de edifícios com janelas lacradas, sob condições artificiais de circulação do ar, temperatura e umidade, regulados por sistemas de ar condicionado, cuja falta de manutenção ou planejamento adequado pode torná-los instáveis, transformando em um ambiente muito frio, muito quente ou um foco de doenças. De acordo com Silva (2001), há uma tendência de que o conforto térmico cause interferência na saúde e concentração do trabalhador.

No Brasil, este tema é regido por normas e leis específicas, utilizadas como base para manter o conforto térmico nos ambientes de trabalho, por exemplo, NR 17, de 1978 atualizada em 2007, Portaria 3523, de 28.8.1998, do Ministério da Saúde no Estado de São Paulo e Resolução 09, de 16 de janeiro de 2003, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA.

1.1. OBJETIVO

Avaliar o funcionamento do sistema de ar condicionado instalado no edifício do escritório e identificação de eventuais problemas de conforto térmico aos trabalhadores do local.

1.2. JUSTIFICATIVA

Durante o período de trabalho realizado no 5º pavimento do escritório de advocacia, foram presenciados problemas de conforto térmico com determinada frequência. Em paralelo, foram percebidas diversas reclamações dos funcionários sobre desconforto relacionado a variações de temperatura e sensações térmicas de frio ou calor excessivo no 5º e em outros pavimentos.

Considerando que, segundo estudos publicados em alguns países, conforto térmico é de grande importância para o trabalhador e que a exposição a baixas ou altas temperaturas ambientais e sua relação com o grau de esforço físico, no caso de escritório, visualmente baixo, pode exercer graves consequências sobre a saúde,

fez-se necessário o estudo do funcionamento do sistema de ar condicionado instalado no prédio para identificação de eventuais problemas que possam justificar as queixas apresentadas.

Tornou-se importante verificar ainda se o funcionamento do sistema de ar condicionado atende aos parâmetros e limites estabelecidos pelas principais leis e normas nacionais, visando equilibrar a temperatura, circulação de ar, umidade e outros aspectos no ambiente de trabalho para proteger o trabalhador e, consequentemente, reduzir custos às empresas (eventualmente gerados pelas consequências do desconforto).

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. EDIFÍCIOS

A primeira grande torre de escritórios, *Wainwright Building* (Figura 1), foi projetada pelos arquitetos Louis Sullivan e Dankmar Adler, empresa *Adler and Sullivan Architects* e construída em St. Louis, Missouri, EUA, entre 1890 e 1891. Um edifício composto de térreo, sobreloja, 7 pavimentos-tipo, cobertura e 4 elevadores, de acordo com os estudos realizados por Fialho (2007).

Figura 1 - Wainwright Building



Fonte: ArchDaily Brasil

Em 1906, aproximadamente, foram realizados os primeiros estudos sobre conforto nos edifícios, tais como os de Max Weber e Frederick Taylor, entre outros. Entre 1910 e 1920, assumiu-se a grande importância na otimização dos espaços internos de edifícios em favor do aumento de eficiência, com a separação de salas. O primeiro exemplo foi o edifício Johnson Wax (Figura 2), em Buffalo, EUA, de Frank Lloyd Wright, construído na década de 30 (FIALHO, 2007).

Figura 2 - Edifício Johnson Wax



Fonte: Wikiarquitectura

No Brasil, a construção da primeira torre ocorreu de 1924 a 1929, o Prédio Martinelli (Figura 3), projetado pelo arquiteto húngaro William Fillinger, da Academia de Belas Artes de Viena, a pedido do imigrante italiano Giuseppe Martinelli (Comendador Martinelli). O prédio está localizado na capital de São Paulo, entre as ruas São Bento, Líbero Badaró e avenida São João. Inicialmente deveria ter 12 andares, porém, mesmo com diversos percalços, chegou a 30 andares, sendo que nos últimos 5 andares, foi construída a mansão do Comendador.

Figura 3 - Prédio Martinelli - 1940



Fonte: Condomínio do Edifício Prédio Martinelli - uma obra de 1929

2.2. CONFORTO TÉRMICO

Segundo Barreira (1994): “*Das condições ambientais, sabe-se que o conforto térmico, visual e acústico favorece a adoção de gestos de ação, observação e comunicação garantindo o cumprimento da atividade com menor desgaste físico e mental, e maior eficiência e segurança para os trabalhadores*”. O conforto térmico (que envolve temperatura, umidade relativa e velocidade do ar) e a iluminação são os itens ambientais que apresentam maior interface com os DORT/LER, merecendo, portanto, atenção prioritária (USP, 2015).

O conforto térmico nos ambientes de trabalho depende da Temperatura, Velocidade e Umidade Relativa do Ar, e, também, do metabolismo das atividades executadas, sendo que a movimentação do ar é muito importante para o conforto térmico, pois aumenta as trocas de calor e possibilita a retirada de ar quente e umidade bem como a insuflação de ar frio nos ambientes. A medição da temperatura e velocidade do ar é realizada com termômetro e anemômetro, respectivamente. A umidade relativa do ar é a relação, em porcentagem, da quantidade real de vapor de água que o ar contém e a quantidade que o ar poderia conter, se estivesse saturado à mesma temperatura. A medição é realizada através de psicrômetro (USP, 2014).

Apesar da significante atenção voltada a conforto térmico por profissionais de edifícios, a falta de satisfação com condições térmicas interiores é notada pelas reclamações apresentadas pelos ocupantes de edifícios de escritório (FEDERSPIEL, 1998). Melhoria da manutenção e operação dos sistemas de ar condicionado são outra prática com potencial de economizar energia e melhorar as condições de saúde. (FISK, 2000).

2.3. PARÂMETROS CONSIDERADOS PELA LEGISLAÇÃO E NORMAS NACIONAIS

A NR17 / 1978, atualizada em 2007, adota os parâmetros listados abaixo nos locais de trabalho, onde são executadas atividades que exijam solicitação intelectual e atenção constantes, tais como: salas de controle, laboratórios, escritórios, salas de desenvolvimento ou análise de projetos, dentre outros.

- Índice de temperatura efetiva entre 20º e 23ºC.
- Velocidade do ar não superior a 0,75m/s.
- Umidade relativa do ar não inferior a 40%.

A Portaria 3523, de 28.8.1998, do Ministério da Saúde no Estado de São Paulo, considera a saúde, bem-estar, conforto, produtividade e absenteísmo no trabalho, qualidade do ar de interiores em ambientes climatizados e sua correlação com a Síndrome dos Edifícios Doentes relativa à ocorrência de agravos à saúde. Considera, ainda, a necessidade de aprovação de procedimentos que visem minimizar o risco potencial à saúde dos ocupantes, em face da permanência prolongada em ambientes climatizados.

Resolução 09, de 16 de janeiro de 2003, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA - De acordo com esta resolução, os parâmetros físicos de temperatura, umidade, velocidade, taxa de renovação e grau de pureza do ar, deverão estar de acordo com a NBR 6401, que aborda instalações Centrais de Ar Condicionado para Conforto e Parâmetros Básicos de Projeto da ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas (1980), ou seja, nas condições internas para verão, deverá variar de 23º a 26ºC, com exceção de ambientes de arte que deverão operar entre 21ºC e 23ºC. A faixa máxima de operação deverá variar de 26,5º a 27ºC, com exceção das áreas de acesso que poderão operar até 28ºC. A seleção da faixa depende da finalidade e do local da instalação. Para condições internas no inverno, a faixa recomendável de operação deverá variar de 20ºC a 22ºC.

Ainda de acordo com a Resolução 09, a faixa recomendável de operação da Umidade Relativa, nas condições internas para verão, deverá variar de 40% a 65%, com exceção de ambientes de arte que deverão operar entre 40% e 55% durante todo o ano. O valor máximo de operação deverá ser de 65%, com exceção das áreas de acesso que poderão operar até 70%. A seleção da faixa depende da finalidade e do local da instalação. Para condições internas no inverno, a faixa recomendável de operação deverá variar de 35% a 65%.

A Resolução 09 também estabelece que o Valor Máximo Recomendável - VMR de operação da Velocidade do Ar, no nível de 1,5m do piso, na região de

influência da distribuição do ar é de menos 0,25 m/s. A Taxa de Renovação do Ar adequada de ambientes climatizados será, no mínimo, de 27 m³/hora/pessoa, exceto no caso específico de ambientes com alta rotatividade de pessoas. Nestes casos a Taxa de Renovação do Ar mínima será de 17m³/hora/pessoa, não sendo admitido, em qualquer situação, que os ambientes possuam uma concentração de CO₂ acima da permitida.

A ABNT NBR 16401-2:2008 considera que a sensação de conforto térmico é essencialmente subjetiva. Devido às grandes variações individuais, fisiológicas e psicológicas, não é possível determinar condições que possam proporcionar conforto para 100% das pessoas. Os parâmetros estipulados por esta norma definem o ambiente térmico em que uma maioria de 80% ou mais das pessoas, de um grupo homogêneo, em termos de atividade física e tipo de roupa usada, é suscetível de expressar satisfação em relação ao conforto térmico.

Outro fator abordado pela norma é que a taxa de metabolização para grupos homogêneos de pessoas, usando roupa típica da estação em atividade sedentária ou leve é de 1,0 met a 1,2 met.

Os valores de temperatura operativa, velocidade do ar e umidade relativa do ar, parâmetros ambientais utilizados pela ABNT NBR 16401-2:2008 dependem do tipo de roupa usado pelas pessoas, que determina a resistência térmica média à troca de calor do corpo com o ambiente, expressa em “clo” (1 clo = 0,155m² K/W) e do nível de atividade física, que determina a taxa de metabolismo, geralmente expressa em “met” (1 met = 58,2W/m²). Admitindo uma superfície média de 1,8m² para o corpo de um adulto, 1 met é equivalente a aproximadamente 105 W.

Ainda de acordo com a ABNT NBR 16401-2:2008, no verão, com roupa típica de 0,5 clo, a temperatura operativa e umidade relativa dentro da zona é delimitada por: 22,5°C a 25,5°C com umidade relativa de 65% e de 23,0°C a 26,0°C com umidade relativa de 35%. A velocidade média do ar (não direcional) na zona de ocupação não deve ultrapassar: 0,20m/s para distribuição de ar convencional (grau de turbulência 30% a 50%) e 0,25m/s para distribuição de ar por sistema de fluxo de deslocamento (grau de turbulência inferior a 10%).

No inverno, roupa típica de 0,9 clo, a temperatura operativa e umidade relativa dentro da zona é delimitada por: 21,0ºC a 23,5ºC com umidade relativa de 60% e 21,5ºC a 24,0ºC com umidade relativa de 30%. A velocidade média do ar (não direcional) na zona de ocupação não deve ultrapassar: 0,15m/s para distribuição de ar convencional (grau de turbulência 30% a 50%), 0,20m/s para distribuição de ar por sistema de fluxo de deslocamento (grau de turbulência inferior a 10%).

Segundo a norma ABNT NBR 16401-2: 2008, a conformidade dos parâmetros ambientais, de forma resumida, deve ser avaliada nas seguintes situações:

- quando da colocação em serviços das instalações novas e após a execução de reformas ou modificações dos locais ou do sistema, como parte das providências de ensaio, testes, ajustes e balanceamento (TAB).
- sempre que houver suspeita de desvio, queixa e contestação.

2.4. SISTEMAS DE AR CONDICIONADO

Há três sistemas de ar condicionado: expansão direta, expansão indireta e sistema com outras alternativas.

2.4.1. Sistema de expansão direta

O sistema de expansão direta é a refrigeração em que fluído refrigerante (fonte fria) expande-se em contato com o fluxo de ar do ambiente a ser climatizado (fonte quente). Esta expansão se refere ao processo de evaporação do fluido refrigerante no interior da serpentina evaporadora do equipamento, a qual absorve, para promover tal mudança de estado físico, o calor contido no fluxo de ar do ambiente que passa pelo equipamento, resfriando o ar ambiente. O ar é forçado, através de ventiladores, a passar pela serpentina, a qual transfere calor para o fluido refrigerante que circula por entre a tubulação da serpentina evaporadora e respectivas aletas. O fluido refrigerante expande-se diretamente com o meio ao qual

se deseja climatizar, no caso a massa de ar do ambiente. Por isso, expansão direta. (DIAMONT, 2016)

Os sistemas de expansão direta mais comuns são: condicionadores autônomos, de acordo com a ABNT NBR 16401-1:2008, de janela, mini-split (Figura 4), compacto (*self contained*) e, de tecnologia mais moderna, centra multi-split de Volume Refrigerante Variável - VRV ou *Variable Refrigerant Flow - VRF*.

Figura 4 - Sistema de expansão direta tipo Split



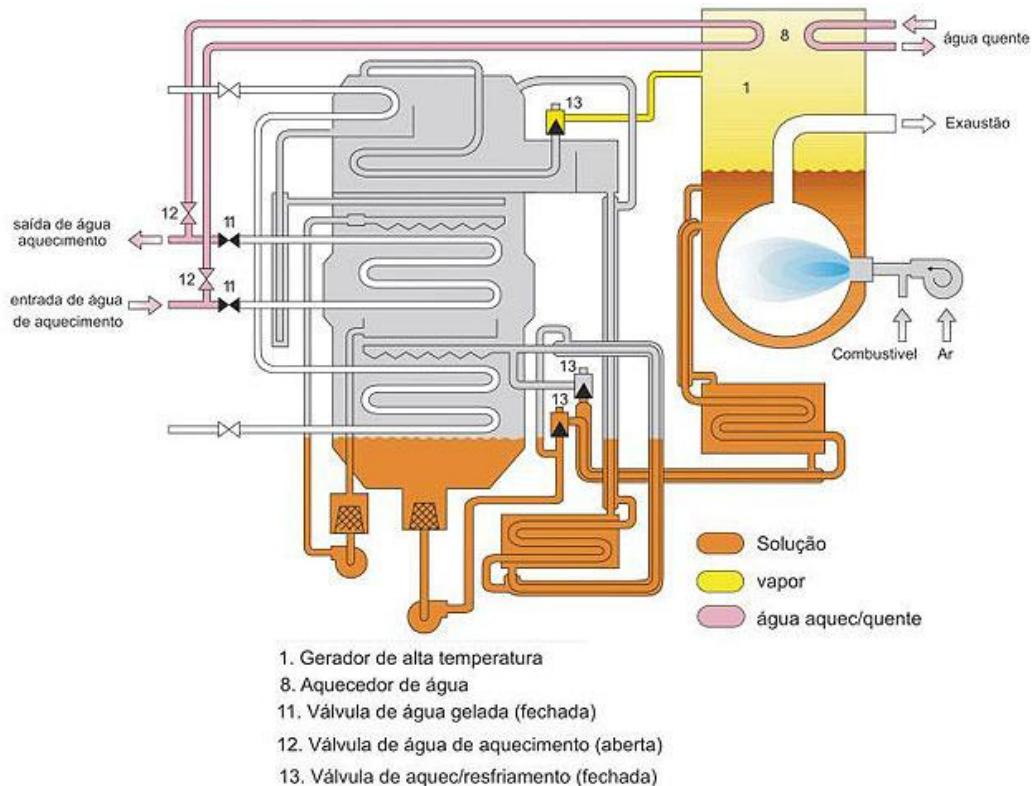
Fonte: Qualitec

2.4.2. Sistema de expansão indireta

Esse sistema promove refrigeração em que há a transferência de calor em mais de um meio antes de chegar a transferir o calor contido no meio que se deseja resfriar, no caso, o ar do ambiente. Quando tratamos deste tipo de sistema, fazemos uso de equipamentos de resfriamento de água, chamados *Chillers* (Figuras 5 e 6). Eles efetuam o resfriamento da água que circula no interior das tubulações hidráulicas que alimentam as unidades de tratamento do ar dos ambientes, chamados de *fan coil* (Figura 7). São esses *fan coils* responsáveis por promover o arrefecimento dos ambientes, através da transferência de calor contido no ar do ambiente para a água que circula no interior da serpentina (trocador de calor) do equipamento. O calor que foi absorvido pela água, é transferido para o fluido refrigerante que circula do sistema fechado de refrigeração do *Chiller*, o qual, pelo terceiro processo de transferência de calor, rejeita o calor retirado do ambiente, somado às perdas do processo, ao ar externo (Atmosfera). Por isso é chamado de

expansão indireta, pois o fluído refrigerante é expandido por um meio (água) que não aquele ao qual se deseja resfriar, o ar ambiente. (DIAMONT, 2016)

Figura 5 - Exemplo de sistema de ar condicionado com expansão indireta - Chiller



Fonte: Ageradora, 2016

Figura 6 - Exemplo de ar condicionado de expansão indireta - Chiller



Fonte: Carrier do Brasil, 2016

Figura 7 - Fan coil



Fonte: Carrier do Brasil, 2016

O tipo mais comum do segundo fluido refrigerante é a água gelada, que circula pela serpentina do *fan coil*, que faz o condicionamento do ar ambiente. Com relação à ventilação, o *fan coil* pode ter Volume de Ar Constante - VAC ou Volume de Ar Variável - VAV. No sistema VAC, o motor do ventilador opera no modo ligado (velocidade constante do motor) ou desligado (velocidade zero). Já no VAV, o motor recebe alimentação elétrica por meio de um variador de frequência que modula a frequência da rede elétrica e, consequentemente, a velocidade do próprio motor conforme diferenciais de pressão na rede de distribuição do ar. Na distribuição de ar, a pressão nos dutos tende a aumentar à medida que as saídas de ar nos ambientes se fecham. A abertura ou fechamento das saídas de ar (difusores) ocorre pela atuação de *dampers* na linha de distribuição, conectados a sensores de temperatura ambiente que controlam, conforme seus respectivos ajustes (*set point*), a necessidade de mais ou menos condicionamento de ar ambiente.

2.4.3. Sistema de outras tecnologias ou alternativas

Termo-acumulação (tanques de gelo) - produção e armazenamento de gelo em tanques para uso posterior de condicionamento de fluidos em sistemas de expansão indireta. Esses tanques necessitam de dois ciclos distintos (EMPRESAS TUMA, 2016):

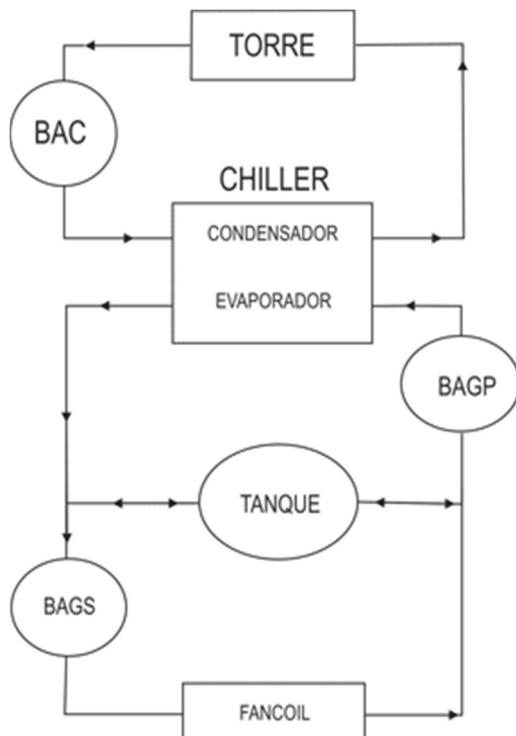
1. Ciclo de carga ou produção de gelo, no qual é formado gelo no interior dos tanques.

2. Ciclo de descarga ou queima, no qual é consumido o gelo previamente acumulado.

Existem diferentes tipos de tanques com diferentes concepções de acumulação de gelo.

Nos sistemas de termo-acumulação em gelo (Figura 8), introduz-se uma substância, geralmente etilenoglicol ou propilenoglicol, no circuito de água gelada, cuja função principal é abaixar o ponto de congelamento da água permitindo que a solução permaneça líquida a temperaturas abaixo de 0°C. A solução, saindo do *chiller* à -5°C, é capaz de congelar a água armazenada no tanque de gelo.

Figura 8 - Sistema de termo-acumulação



Fonte: Empresas Tuma, 2016

No ciclo de consumo ou queima, o *chiller* pode permanecer desligado ou não e, mesmo quando desligado, a solução de água e etilenoglicol é resfriada ao passar pelos tanques, ficando em torno de 2°C, seguindo aos *fan coils* onde o ar é resfriado.

Roda entalpica (Figura 9) - forma simplificada que trata o aproveitamento de energia para pré-condicionar o ar ao passar pelo *fan coil*, por exemplo.

Figura 9. - Roda entalpica



Fonte: FEBRAV, 2016

Os equipamentos e sistemas mencionados visam economia de energia.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. INFORMAÇÕES GERAIS

O objeto de estudo de caso foi um escritório, estabelecido em um edifício localizado na Marginal do Rio Pinheiros desde 2006. É composto por 8 andares com janelas seladas, sendo que, de cima para baixo, uma cobertura com deck, heliponto desativado e espaço das máquinas de ar condicionado, 1 pavimento, cujo layout é formado por salas de reuniões, 6 pavimentos-tipo ocupados por integrantes do jurídico (advogados) e departamentos de apoio (paralegal), 1 pavimento administrativo, mezanino com restaurante e piso superior da biblioteca, térreo com auditório, recepção e piso inferior da biblioteca e 2 subsolos com estacionamento e salas de arquivo de documentos.

Com autorização da Diretoria Administrativa do escritório, da Administração Predial e técnicos designados, foram feitas as análises do sistema de ar condicionado do edifício, máquinas e tubulações instaladas para distribuir ar refrigerado em todos os pavimentos e térreo. O levantamento de campo foi realizado

com a presença de aproximadamente 80 colaboradores rotativos. Foram obtidas fotos e realizadas medições de temperatura e velocidade do ar, limitadas à capacidade do equipamento utilizado pela equipe técnica para realização do controle de conforto térmico no 5º pavimento-tipo.

De acordo com informações fornecidas pela equipe técnica, o sistema de ar condicionado existente foi, inicialmente, projetado para atender às necessidades de um banco, que ocupava o edifício antes da instalação do escritório, e passou por adaptações para a nova disposição dos ambientes criados para atender às necessidades do escritório, visando manter a climatização do ambiente adequado aos seus novos ocupantes.

O sistema de ar condicionado é ligado às 6h e desligado às 22h, de segunda a sexta. É mantido desligado aos finais de semana e feriados, dias em que permanece um número reduzido de pessoas no edifício, normalmente, funcionários da segurança, manutenção e bombeiros. Eventualmente, advogados e/ou funcionários da área administrativa trabalham nestes dias, mas em horários alternados e não habituais.

O 5º pavimento-tipo analisado tem área de 1400m² acarpetados na maior parte, 37 salas individuais com janelas seladas e vista externa, sujeitas à incidência solar (Figura 10), 15 salas localizadas ao centro, sendo 10 salas para duas pessoas, 4 salas individuais e uma sala de reunião para 8 pessoas sem janelas (Figura 11), 3 baias, contendo divisões de 40 mesas (Figura 12), 2 pontos com 6 banheiros masculinos e femininos, 1 copa pequena e hall com 4 elevadores (Figura 13), sendo que não há carpete apenas nos banheiros, copa e hall de elevadores (ANEXO I).

Figura 10 - 5º pavimento-tipo - sala com janela



Fonte: Levantamento de campo

Figura 11 - Salas com janelas à esquerda e salas sem janela à direita



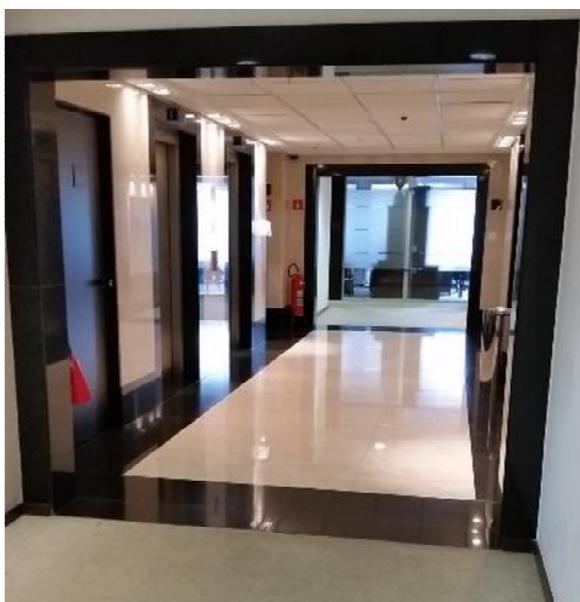
Fonte: Levantamento de campo

Figura 12 - Baia ao centro



Fonte: Levantamento de campo

Figura 13 - Hall com 4 elevadores



Fonte: Levantamento de campo

3.2. LEGISLAÇÃO E NORMAS

Foram utilizadas como base, as seguintes normas e legislações: NR 17, de 1978 atualizada em 2007, Portaria 3523, de 28.8.1998, do Ministério da Saúde no Estado de São Paulo e Resolução 09, de 16 de janeiro de 2003, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA.

A equipe de administração predial do escritório utiliza a Portaria 3523 e Resolução 09 como parâmetros limites de funcionamento do sistema de ar condicionado instalado.

3.3. SISTEMA DE AR CONDICIONADO UTILIZADO PELO ESCRITÓRIO

O sistema de ar condicionado instalado que atende ao escritório é de expansão indireta e composto por 2 *chillers* de grande porte (Figuras 14 e 15) instalados na cobertura do edifício (ANEXO II) que distribuem o ar refrigerado pelos pavimentos através de *fan coils* instalados nos andares (figura 16) e 2 *chillers* menores (figura 17) que distribuem o ar refrigerado à sala do Centro de Processamento de Dados - CPD, localizado no 4º pavimento e auditório, localizado no térreo.

Figura 14 - Chiller 1



Fonte: Levantamento de campo

Figura 15 - Chiller 2



Fonte: Levantamento de campo

Figura 16 - Fan Coil



Fonte: Levantamento de campo

Figura 17 - Chillers 1 e 2 CPD e auditório



Fonte: Levantamento de campo

O sistema de ar condicionado está representado nas plantas constantes nos Anexos II, III e IV.

3.4. MEDIÇÕES

O equipamento utilizado foi um Termo Anemômetro Digital - MDA II (Figura 18), cujos limites de detecção são: Temperatura de -20°C a 60°C e Anemômetro: 0,0 a 30,0 m/s (Resolução: 0,01 e Limiar: 0,3m/s).

Figura 18 - Termo Anemômetro



Fonte: Levantamento de campo

As medições foram realizadas em 19.1.2016, considerando o período de 8h30 às 17h30 como a principal jornada de trabalho, nos seguintes horários:

8h - Antes da jornada de trabalho principal com número reduzido de funcionários

11h - Horário com maior movimentação de funcionários, no período matutino

13h - Horário de almoço, com número reduzido de funcionários

15h - Horário vespertino, com o maior número de pessoas, e

18h - Após a jornada principal, com o número de pessoas diminuindo.

Foram considerados os seguintes pontos de medição, de acordo com as possibilidades:

- 4 salas com janelas, que recebem luz solar diretamente, obedecendo os pontos cardeais norte, sul, leste e oeste (ANEXO I),
- 1 sala localizada no centro do pavimento, sem incidência de luz solar direta
- 2 pontos localizados nas baias existentes nos dois lados do pavimento,
- Hall de 4 elevadores, localizado ao centro
- 1 ponto externo, em frente ao prédio

Para fins de comparação, foram obtidas temperaturas fornecidas pelos sites Climatempo e *The Weather Channel*, no mesmo horário das medições e considerada a média calculada das duas fontes.

O tempo de medição do primeiro ponto (interno) ao último (externo), foi de aproximadamente 40 minutos.

3.5. CONTROLE DE RECLAMAÇÕES DOS FUNCIONÁRIOS

Foram analisados os controles de ordens de serviço referentes às reclamações dos ocupantes do 5º pavimento, entre janeiro/2015 a agosto/2015.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. RESULTADOS

4.1.1. Análise das reclamações dos funcionários

Pode-se identificar que, aproximadamente 56 reclamações / chamados de verificação foram relacionadas ao desconforto pelo ambiente estar muito quente e 77 reclamações foram relacionadas a desconforto pelo ambiente estar muito frio. Em comparação com os 7 pavimentos, o 5º pavimento encontra-se em terceiro lugar no *ranking* das reclamações relacionadas ao sistema de ar condicionado, sendo maior o número de reclamações por ambiente muito frio.

4.1.2. Análise de temperatura e velocidade do ar no 5º pavimento

Em 19.1.2016 a temperatura externa em São Paulo variou de 18 a 23°C, de acordo com as previsões de estações meteorológicas *online* Climatempo e *The Weather Channel*. Os resultados obtidos nos pontos pré-estabelecidos podem ser analisados nas tabelas 1 a 5 e ANEXO V.

Tabela 1 - Medições às 8h

Pontos de medição	Temperatura (°C)	Velocidade do ar (m/s)
Media - Climatempo e <i>The Weather Channel</i>	18,0	3,05
5º pavimento - 1ª sala com janela e saída de ar semi-fechada - lado sul	21,7	0,5
5º pavimento - baia - lado sul	21,7	2,8
5º pavimento - 2ª sala com janela - lado sul	21,7	4,1
5º pavimento - 3ª sala com janela com saída de ar semi-fechada - lado sul	22,4	0,3
5º pavimento - sala sem janela - área central	21,5	1,5
5º pavimento - 4ª sala com janela- lado oeste	21,6	3,4
5º pavimento - Hall - Centro	21,4	--
5º pavimento - 5ª sala com janela - lado norte	21,3	3,4
5º pavimento - baia - lado norte	21	2,5
Frente do prédio	21,9	1,3

Fonte: Levantamento de campo, Climatempo e *The Weather Channel*

Tabela 2 - Medições às 11h

Pontos de medição	Temperatura (°C)	Velocidade do ar (m/s)
Media - Climatempo e <i>The Weather Channel</i>	20,0	3,3
5º pavimento - 1ª sala com janela e saída de ar semi-fechada - lado sul	21,7	1,1
5º pavimento - baia - lado sul	21,6	2,8
5º pavimento - 2ª sala com janela - lado sul	21,2	2,9
5º pavimento - 3ª sala com janela com saída de ar semi-fechada - lado sul	22,0	0,3
5º pavimento - sala sem janela - área central	21,7	1,3
5º pavimento - 4ª sala com janela- lado oeste	20,8	4,5
5º pavimento - Hall - Centro	21,3	--
5º pavimento - 5ª sala com janela - lado norte	20,9	4,1
5º pavimento - baia - lado norte	21	2,4
Frente do prédio	21,5	3,7

Fonte: Levantamento de campo, Climatempo e *The Weather Channel***Tabela 3 - Medições às 13h**

Pontos de medição	Temp (°C)	Velocidade do ar (m/s)
Media - Climatempo e <i>The Weather Channel</i>	21,0	2,5
5º pavimento - 1ª sala com janela e saída de ar semi-fechada - lado sul	21,5	1,2
5º pavimento - baia - lado sul	21,5	2,5
5º pavimento - 2ª sala com janela - lado sul	21,6	2,8
5º pavimento - 3ª sala com janela com saída de ar semi-fechada - lado sul	22,1	0,3
5º pavimento - sala sem janela - área central	22,3	1,4
5º pavimento - 4ª sala com janela- lado oeste	21,1	4,5
5º pavimento - Hall - Centro	22,3	--
5º pavimento - 5ª sala com janela - lado norte	21,0	4,3
5º pavimento - baia - lado norte	21,0	2,1
Frente do prédio	24,5	3,0

Fonte: Levantamento de campo, Climatempo e *The Weather Channel*

Tabela 4 - Medições às 15h

Pontos de medição	Temp (°C)	Velocidade do ar (m/s)
Media - Climatempo e <i>The Weather Channel</i>	22,0	5,6
5º pavimento - 1ª sala com janela e saída de ar semi-fechada - lado sul	22,3	1,3
5º pavimento - baia - lado sul	22,3	2,2
5º pavimento - 2ª sala com janela - lado sul	21,3	2,6
5º pavimento - 3ª sala com janela com saída de ar semi-fechada - lado sul	22,4	0,3
5º pavimento - sala sem janela - área central	22,2	1,4
5º pavimento - 4ª sala com janela- lado oeste	21,8	3,3
5º pavimento - Hall - Centro	22,5	--
5º pavimento - 5ª sala com janela - lado norte	21,5	3,1
5º pavimento - baia - lado norte	21,4	1,7
Frente do prédio	23,2	3,3

Fonte: Levantamento de campo, Climatempo e *The Weather Channel*

Tabela 5 - Medições às 18h

Pontos de medição	Temp (°C)	Velocidade do ar (m/s)
Media - Climatempo e <i>The Weather Channel</i>	23,0	6,9
5º pavimento - 1ª sala com janela e saída de ar semi-fechada - lado sul	22,5	1,3
5º pavimento - baia - lado sul	22,9	2,4
5º pavimento - 2ª sala com janela - lado sul	22	2,4
5º pavimento - 3ª sala com janela com saída de ar semi-fechada - lado sul	22,7	0,5
5º pavimento - sala sem janela - área central	22,8	2,6
5º pavimento - 4ª sala com janela- lado oeste	21,5	4,1
5º pavimento - Hall - Centro	22,9	--
5º pavimento - 5ª sala com janela - lado norte	21,5	4,4
5º pavimento - baia - lado norte	21,6	2,1
Frente do prédio	21,6	2,5

Fonte: Levantamento de campo, Climatempo e *The Weather Channel*

4.1.2.1. Variações de temperatura

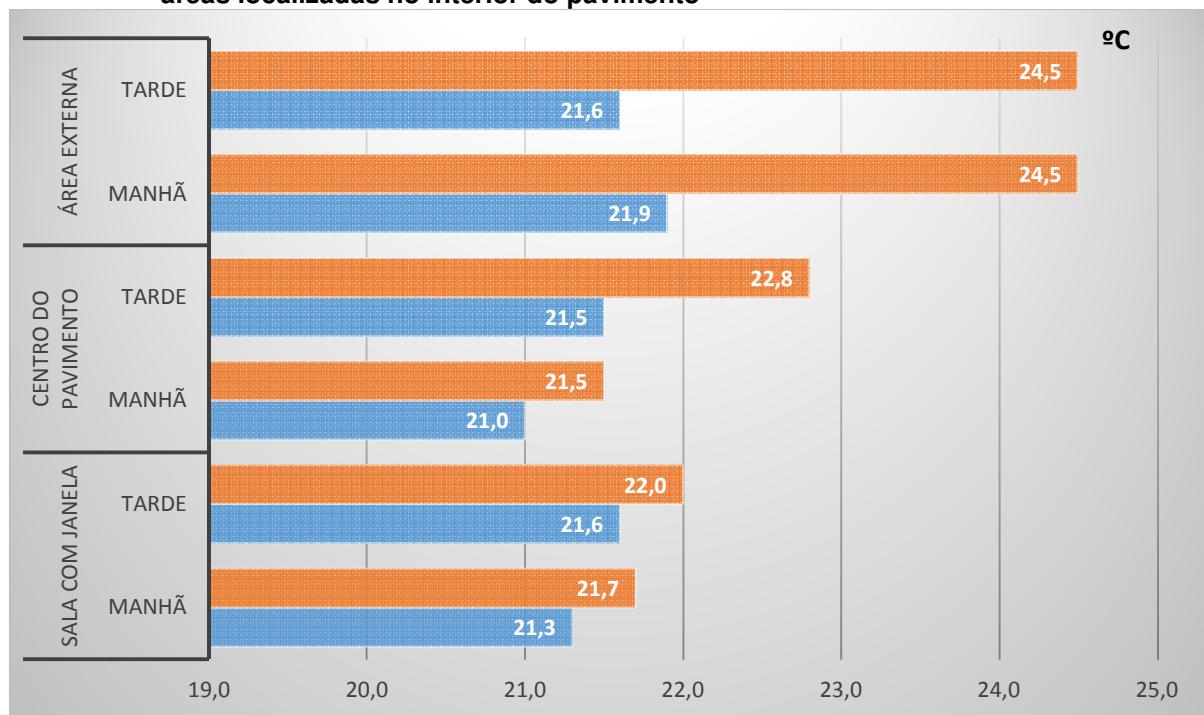
Os resultados das medições de temperatura realizadas no 5º pavimento, principal item de reclamação dos funcionários, apresentaram variações de 21 a 22°C, no período da manhã, e, de 21,5 a 22,9°C, no período da tarde. A temperatura externa variou de 18 a 20°C, de acordo com Climatempo e *The Weather Channel*, no

período da manhã, e, de 20º a 23ºC, no período da tarde. Resumindo, a temperatura interna foi mantida mais baixa que a externa durante as medições.

A média das temperaturas, em São Paulo, apresentadas pelo Climatempo e *The Weather Channel*, foi de 18ºC às 8h, 20,0ºC, às 11h, 21,0ºC, às 13h. Internamente, no 5º pavimento, a temperatura permaneceu entre 21 e 22ºC no mesmo período. Às 15h a temperatura externa aumentou para 22ºC e, internamente, variou entre 21,5 a 22,5ºC. Por fim, com temperatura externa registrada pelo Climatempo e *The Weather Channel* de 23ºC às 18h, a variação interna alcançou de 21,5 a 22,9ºC no mesmo horário.

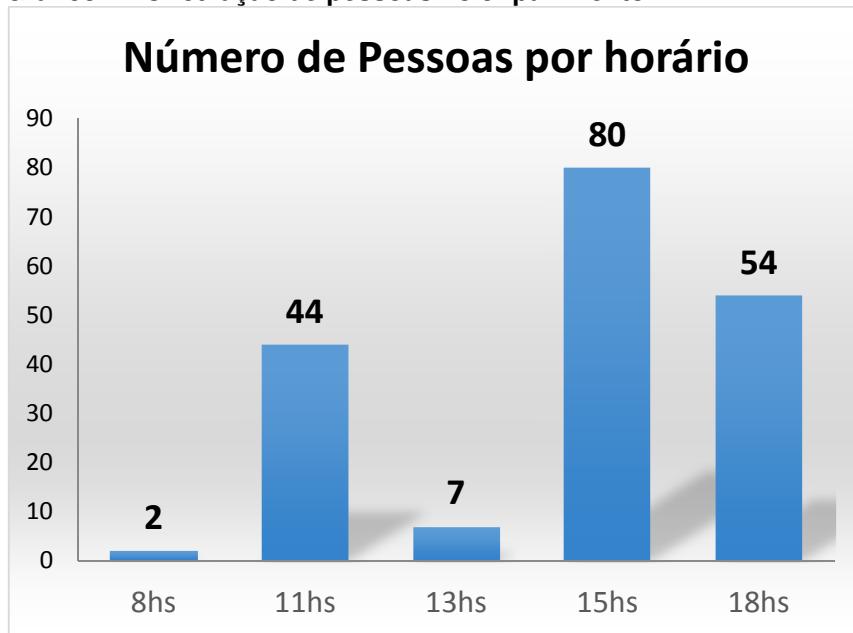
O Gráfico 1 apresenta os dados comparativos entre temperaturas analisadas nas salas com janela e áreas localizadas no interior do pavimento, nos períodos da manhã e da tarde e o gráfico 2 representa a rotatividade de pessoas no 5º pavimento nestes dois períodos.

Gráfico 1 - Comparativo entre as temperaturas obtidas nas salas com janela e áreas localizadas no interior do pavimento



Fonte: Levantamento de campo, Climatempo e *The Weather Channel*

Gráfico 2 - Circulação de pessoas no 5º pavimento



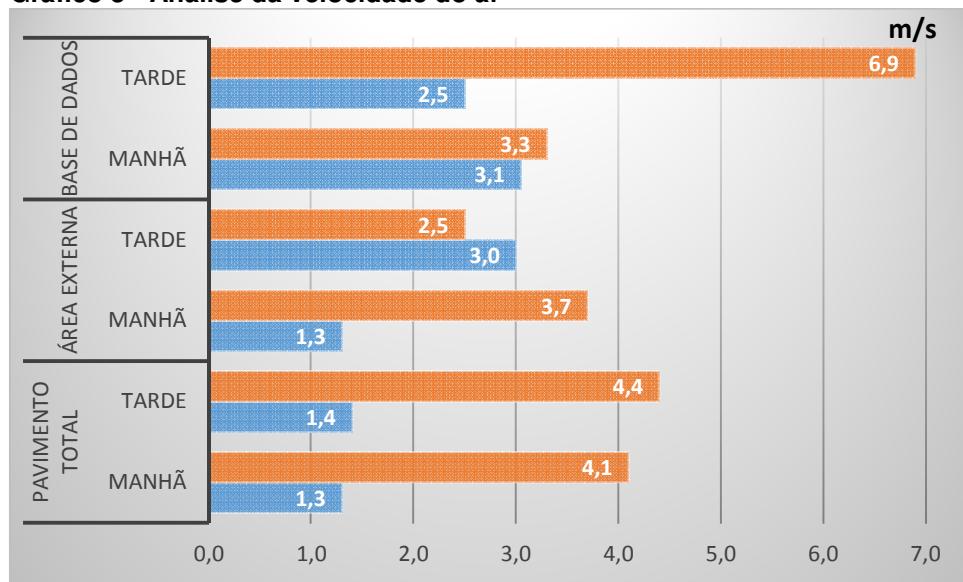
Fonte: Levantamento de campo

Nas duas salas com janelas, cujas saídas foram semi-fechadas a pedido dos seus ocupantes, a variação foi a seguinte: Sala 1: de 21,7º C, no período da manhã e 21,5 a 22,5ºC, no período da tarde e Sala 2: 22,4º a 22ºC, durante a manhã e de 22,1 a 22,7ºC na parte da tarde.

4.1.2.2. Variações de velocidade do ar

Os resultados das medições de velocidade realizadas com o equipamento próximo às saídas da tubulação do ar condicionado do 5º pavimento, apresentaram variações de 1,3m/s a 4,1m/s, no período da manhã, e, de 1,4m/s a 4,4m/s, no período da tarde, nos diversos pontos analisados. A ventilação externa variou de 1,3 a 3,7m/s, no período da manhã, e, de 2,5m/s a 3,7m/s, de acordo com as medições realizadas em campo. O gráfico 3 representa os referidos dados nos períodos da manhã e tarde.

Entre 8h e 11h, a variação a ventilação às saídas do ar condicionado ficou em 2,8m/s, diminuindo no período da tarde para 2,5m/s às 13h, 2,2m/s, às 15h e 2,4m/s, às 18h.

Gráfico 3 - Análise da velocidade do ar

Fonte: Levantamento de campo, Climatempo e *The Weather Channel*

Nos dois pontos, salas com janelas, cujas saídas foram semi-fechadas a pedido dos seus ocupantes, a variação foi a seguinte: Sala 1: de 0,5m/s a 1,1m/s, no período da manhã e 1,2 a 1,3m/s, no período da tarde e Sala 2: 0,3m/s, durante a manhã e de 0,3 a 0,5m/s na parte da tarde.

4.2. DISCUSSÕES

A comparação dos dados obtidos com os parâmetros estabelecidos pelas normas, com relação à temperatura, ficou dentro da faixa estabelecida pela NR17, ou seja, entre 20 e 23°C, mas a ventilação, obtida apenas próximo às saídas do ar condicionado, ficou acima do parâmetro estabelecido de, no máximo, 0,75m/s.

Os mesmos dados de temperatura, se comparados à Resolução 09, de 16 de janeiro de 2003, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA, utilizada pela equipe técnica do escritório, nas condições internas para verão, estão fora da faixa de 23° a 26°C estabelecida por esta resolução. Os resultados aproximaram-se mais dos parâmetros estabelecidos para inverno, que são de 20°C a 22°C. A variação da temperatura externa no dia 19.1.2016 ficou entre 18 e 24°C.

Com relação às reclamações apresentadas pelos ocupantes do 5º pavimento, relacionadas a desconforto por ambiente excessivamente quente, normalmente são feitas pelos ocupantes de salas com janelas e, portanto, com incidência solar. Quanto às reclamações de desconforto por ambiente excessivamente frio, normalmente são feitas pelos ocupantes de baias e salas, sem acesso a janelas.

4.3. LIMITAÇÕES

O equipamento de medição utilizado pela equipe técnica do escritório não tem sensibilidade suficiente para medir a velocidade do ar à altura necessária do trabalhador sentado.

Não foi possível avaliar também a umidade relativa do ar, uma vez que não havia equipamento disponível para esta avaliação.

Outro fator de limitação foi que, em 19.1.2016, o tempo permaneceu nublado durante a maioria das medições, de forma que não foi possível avaliar a interferência causada por incidência solar nas salas com janelas.

4.4. PROPOSTAS

A substituição do sistema de ar condicionado por outro mais moderno geraria um grande custo para o escritório. Desta forma a sugestão seria a readequação do sistema, separando o fornecimento de ar em dois sistemas.

Sistema 1: fornecimento de ar condicionado apenas às salas com janelas e incidência solar com controle próximo e isolado para este sistema.

Sistema 2: Fornecimento de ar refrigerado apenas para a parte central do pavimento, ou seja, baias e salas sem janelas. A partir daí, mantém-se a temperatura na faixa de 22 a 23ºC.

A proposta é passar a medir a umidade relativa e utilizar um equipamento de medição de velocidade do ar com possibilidade de obtenção de medições à altura do trabalhador sentado, para avaliar se estes fatores estão dentro dos limites

estabelecidos pelas principais normas e legislações nacionais. Há possibilidade de que a avaliação destes fatores façam relação com o desconforto apresentado pelos funcionários.

Por fim, propõe-se gerar a interação entre os responsáveis pela segurança do trabalho e manutenção do sistema de ar condicionado e os funcionários e advogados presentes no 5º e outros pavimentos, de forma a trocar experiências e entender as necessidades e limitações das duas partes, bem como criar a solução em conjunto.

5. CONCLUSÕES

O presente trabalho atendeu ao seu objetivo, tendo em vista que foi possível analisar o sistema de ar condicionado instalado no escritório e realizar os levantamentos de temperatura e velocidade do ar.

O escritório atende parcialmente aos parâmetros estabelecidos pelas legislações e normas estudadas. Com relação às reclamações dos funcionários, a maioria apresenta desconforto térmico por frio excessivo.

Por fim, as propostas de melhorias apresentadas visam identificar os problemas de desconforto térmico para a tomada de medidas de correções necessárias.

REFERÊNCIAS

A GERADORA. **Sistemas de ar condicionado.** Disponível em:
<<http://www.ageradora.com.br/equipamentos/>> Acesso em 19 jan. 2016.

ARCHY DAILY. **Clássicos da Arquitetura:** *Wainwright Building* / Louis Sullivan. Disponível em: <<http://www.archdaily.com.br/br/01-115431/classicos-da-arquitetura-wainwright-building-slash-louis-sullivan>> Acesso em 21 jan. 2016.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 16401-2:2008, de 4 de setembro de 2008. **Instalações de ar condicionado – Sistemas centrais e unitários.** Rio de Janeiro, 2008. 91p.

BRASIL, Ministério do Trabalho. NR 17, de 23 de novembro de 1990 – **Ergonomia.** Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, 26 set 1990. 26p. Disponível em: <<http://acesso.mte.gov.br/legislacao/>> Acesso em 19 jan. 2016.

BRASIL, Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA. Resolução n° 9, de 16 de janeiro de 2003. **Dispõe sobre os Padrões Referenciais de Qualidade do Ar Interior em Ambientes Climatizados artificialmente de uso público e coletivo, e dá outras providências.** 10p. Disponível em:
<<http://legis.anvisa.gov.br/leisref/public/showact.php>> Acesso em 20 jan. 2016.

BRASIL, Ministério da Saúde. Portaria n° 3523 de 28 de agosto de 1998. **Aprova Regulamento técnico contendo medidas básicas referentes aos procedimentos de verificação visual do estado de limpeza, remoção de sujidades por métodos físicos e manutenção do estado de integridade e eficiência de todos os componentes dos sistemas de climatização, para garantir a Qualidade do Ar de interiores e prevenção de riscos à saúde dos ocupantes de ambientes climatizados.** 11p. Disponível em
<http://www.anvisa.gov.br/legis/portarias/3523_98.htm> Acesso em 21 jan. 2016.

CARRIER DO BRASIL. Disponível em
<<http://www.carrierdobrasil.com.br/modelo/descricao/meu-negocio/62/chiller-30gx>> Acesso em 19 jan. 2016.

DIAMONT. **Soluções em Climatização.** Disponível em
<<http://diamont.com.br/2015/o-que-fazemos/solucoes/fundamentos-tecnicos/sistemas-de-refrigeracao-expansao-direta-gas-refrigerante/>> Acesso em 20 jan. 2016.

ESTADÃO. **Prédios de São Paulo: Martinelli.** 2013. Disponível em
<<http://acervo.estadao.com.br/noticias/acervo,predios-de-sao-paulo-martinelli,9421,0.htm>> Acesso em 19 jan. 2016.

FEBRAVA. **DRI apresenta roda entálpica.** Disponível em <<http://www.engenhariaearquitetura.com.br/noticias/319/DRI-apresenta-Roda-Entalpica.aspx>> Acesso em 25 jan. 2016.

FEDERSPIEL, C.C. ***Statistical analysis of unsolicited thermal sensation complaints in commercial buildings.*** ASHRAE Transactions 1998, vol 104, p 912-923.

FIALHO, R. N. **Edifícios de escritórios na cidade de São Paulo.** Tese (Doutorado em Projeto de Arquitetura) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007. Disponível em <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/16/16138/tde-18052010-155700/>> Acesso em 19 jan. 2016.

FISK, W. J. ***Health and productivity gains from better indoor environments and their relationship with building energy efficiency.*** 2003. Disponível em <<http://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev.energy.25.1.537>> Acesso em 20 jan. 2016.

FLOGIENE. **Ar condicionado.** Disponível em <<http://www.fogliene.com.br/setor/ar-condicionado-14>> Acesso em 19 jan. 2016.

PRÉDIO MARTINELLI. A História. Disponível em <<http://www.prediomartinelli.com.br/historia.php>> Acesso em 19 jan. 2016.

SILVA, L. B. **Análise da relação entre produtividade e conforto térmico: o caso dos digitadores do centro de processamento de dados e cobrança da Caixa Econômica Federal do estado de Pernambuco.** Tese (Doutorado). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001. Disponível em <<https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/81915>> Acesso em 20 jan. 2016.

TUMA INSTALAÇÕES. **Sistema de ar condicionado.** Disponível em <http://www.empresastuma.com.br/tumainstalacoes/produtos/index_serv5_4.php> Acesso em 22 jan. 2016.

USP. **Conforto Térmico - Avaliação e controle da exposição ao calor,** São Paulo, 2014. 419 p. Apostila para disciplina de pós-graduação de Engenharia de Segurança do Trabalho, STR 202 – Higiene do Trabalho – Parte B

USP. **Lesões Por Esforços Repetitivos (LER) e distúrbios osteomusculares relacionados ao trabalho (DORT),** São Paulo, 2015. 353 p. Apostila para disciplina de pós-graduação de Engenharia de Segurança do Trabalho, STR 501 – O Ambiente e as doenças do trabalho

UNITED TECHNOLOGIES CORPORATION. **Willis H. Carrier - *The Invention That Changed The World - 1876-1902.*** Disponível em <<http://www.williscarrier.com/1876-1902.php>> Acesso em 20 jan. 2016.

WIKIARCTECTURA. **Ficheiro Johnson Wax.** Disponível em <https://pt.wikiarquitectura.com/index.php/Ficheiro:Johnson_Wax_13.jpg> Acesso em 21 jan. 2016.

XAVIER A.A. **Predição de Conforto Térmico em Ambientes internos com Atividades Sedentárias – Teorias Física Aliada a estudos de Campo** - UFSC, Tese de Doutorado 2000. Disponível em <http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/teses/TESE_Antonio_Augusto_Xavier.pdf> Acesso em 20 jan. 2016.

ANEXO I

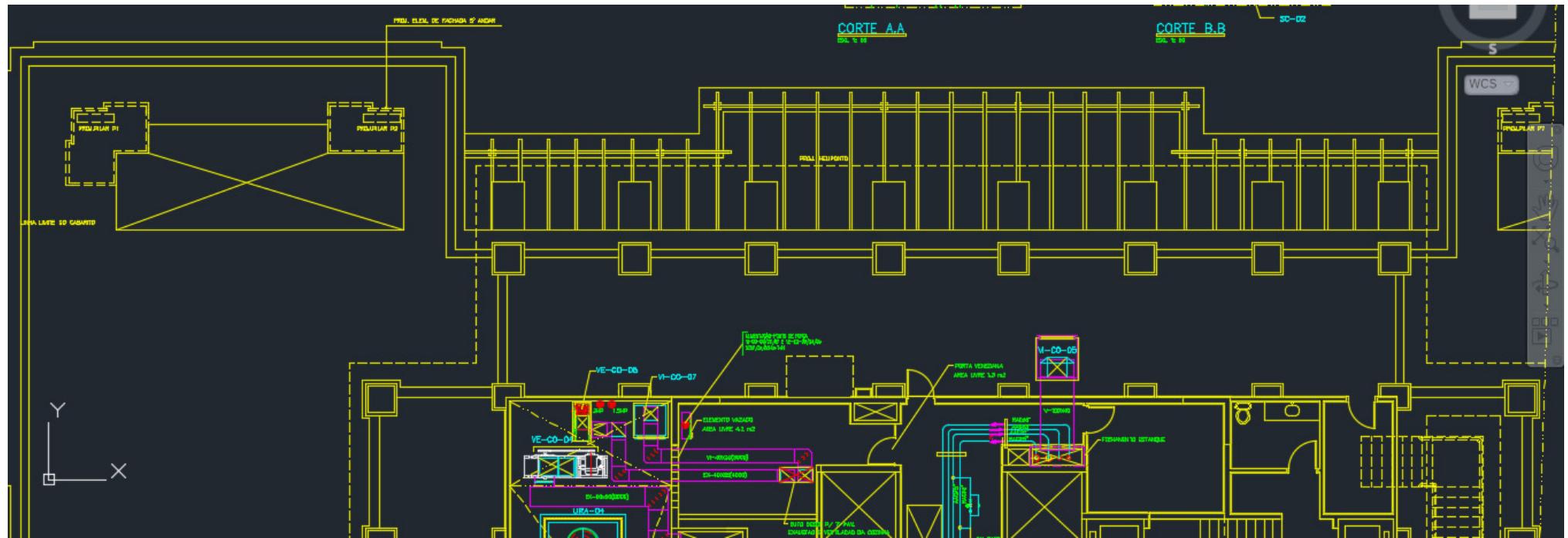
PLANTA DO 5º PAVIMENTO E PONTOS DE MEDAÇÃO



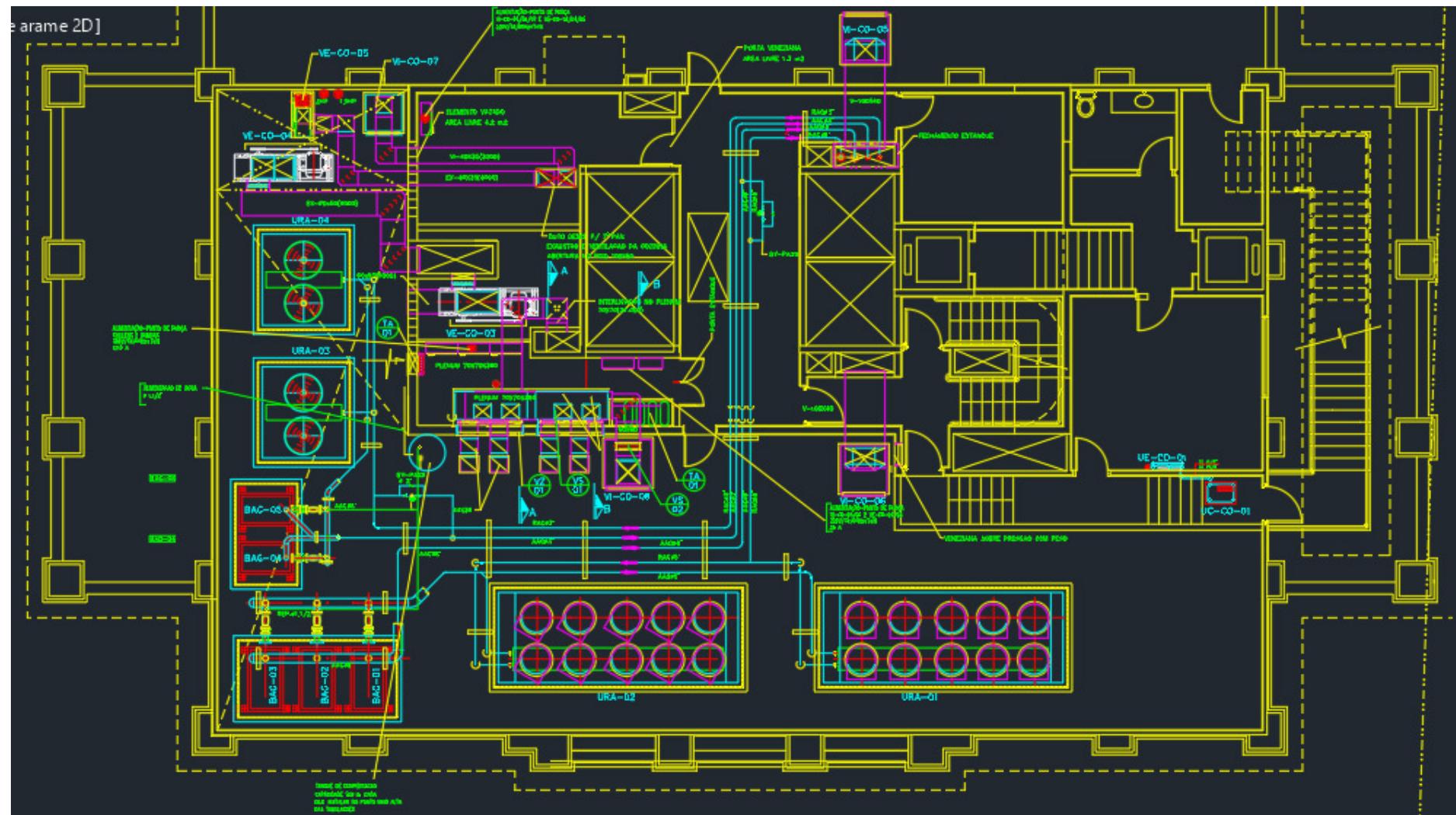
Fonte: Escritório do estudo de caso

ANEXO II

COBERTURA - SISTEMA CENTRAL DE AR CONDICIONADO

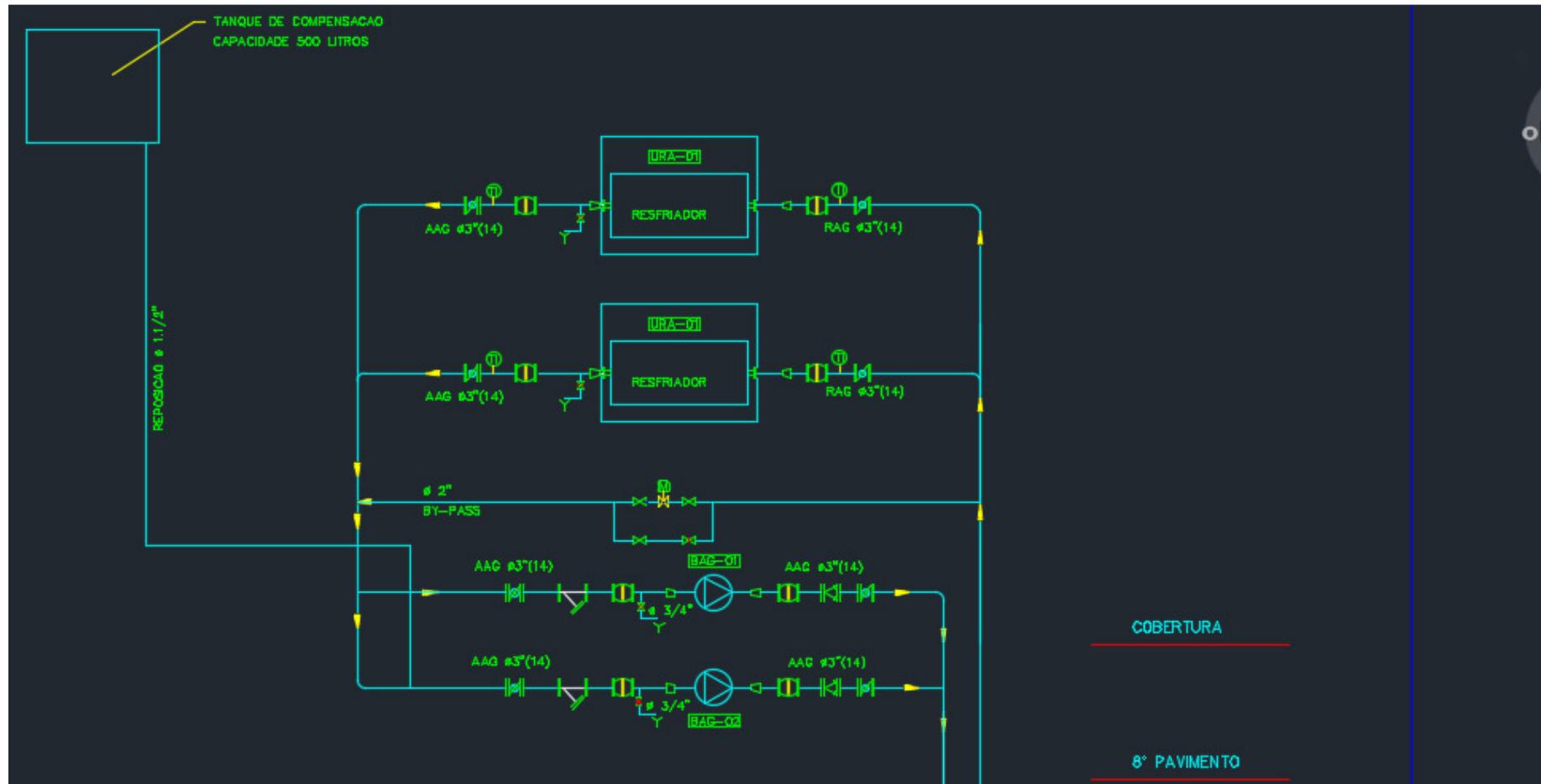


Fonte: Enthal - Engenharia do Tratamento e Controle do Ar Ltda., 2001



ANEXO III

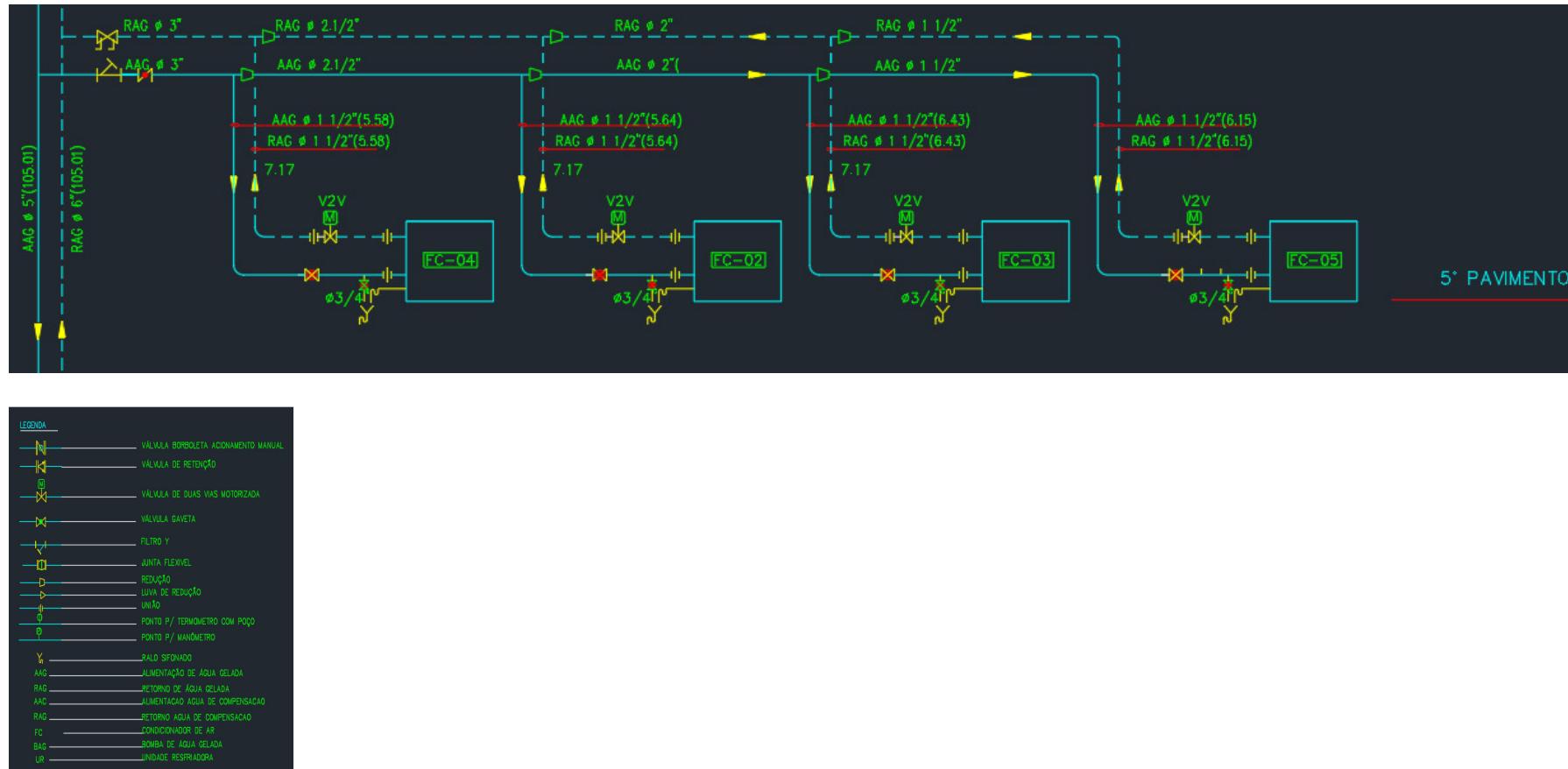
SISTEMA CENTRAL DE AR CONDICIONADO - FORMATO DE DISTRIBUIÇÃO AOS PAVIMENTOS



Fonte: Enthal - Engenharia do Tratamento e Controle do Ar Ltda., 2001

ANEXO IV

SISTEMA CENTRAL DE AR CONDICIONADO - DISTRIBUIÇÃO 5º PAVIMENTO



Fonte: Enthal - Engenharia do Tratamento e Controle do Ar Ltda., 2001

ANEXO V

COMPILAÇÃO DE MEDIÇÕES OBTIDAS EM CAMPO

Horário Medições	8h		11h		13h		15h		18h	
	Temperatura Cº	Velocidade do ar (m/s)	Temperatura Cº	Velocidade do ar (m/s)						
Media - Climatempo e <i>The Weather Channel</i>	18,0	3,05	20,0	3,3	21,0	2,5	22,0	5,6	23,0	6,9
5º pavimento - 1ª sala com janela e saída de ar semi-fechada - lado sul	21,7	0,5	21,7	1,1	21,5	1,2	22,3	1,3	22,5	1,3
5º pavimento - baia - lado sul	21,7	2,8	21,6	2,8	21,5	2,5	22,3	2,2	22,9	2,4
5º pavimento - 2ª sala com janela - lado sul	21,7	4,1	21,2	2,9	21,6	2,8	21,3	2,6	22,0	2,4
5º pavimento - 3ª sala com janela com saída de ar semi-fechada - lado sul	22,4	0,3	22,0	0,3	22,1	0,3	22,4	0,3	22,7	0,5
5º pavimento - sala sem janela - área central	21,5	1,5	21,7	1,3	22,3	1,4	22,2	1,4	22,8	2,6
5º pavimento - 4ª sala com janela- lado oeste	21,6	3,4	20,8	4,5	21,1	4,5	21,8	3,3	21,5	4,1
5º pavimento - Hall - Centro	21,4	--	21,3	--	22,3	--	22,5	--	22,9	--
5º pavimento - 5ª sala com janela - lado norte	21,3	3,4	20,9	4,1	21	4,3	21,5	3,1	21,5	4,4
5º pavimento - baia - lado norte	21,0	2,5	21,0	2,4	21,0	2,1	21,4	1,7	21,6	2,1
Frente do prédio	21,9	1,3	21,5	3,7	24,5	3,0	23,2	3,3	21,6	2,5

Fonte: Levantamento de campo, Climatempo e *The Weather Channel*