


Código	MD-6.84.01.XX/600-001	Revisão	0
Emissão	27/11/24	Folha	1 de 22
Contrato	SEO 534-0		

Emitente  		Resp. Técnico (Projeto) LUÍS E. D. VIEIRA CREA/CAU N° 5070368732 Modalidade ENG. ELÉTRICA ART / RRT N° 28027230231059737 N° Projetista 2294177
Linha 6 - LARANJA Trecho/Sistema 84 - Sistemas auxiliares Subtrecho/Subsistema/Conjunto 01 - VENTILAÇÃO Unidade de Construção/Subconjunto XX - Geral		Acciona Construcción Verificação Lucio S.P Matteucci CREA/CAU N° 5061689048-SP Responsável técnico Lucio S.P Matteucci CREA/CAU N° 5061689048-SP Modalidade Engenheiro Civil ART / RRT N° 2620240043388
Objeto Memorial Descritivo. Ventilação das Salas Técnicas e Operacionais		

Documentos de Referência

- Edital: 2.1.2.1. Anexo I – Volume II. Elementos Básicos de Projeto Civil. Arquitetura e Via Permanente
- Edital: 2.1.2.2. Anexo I – Volume III. Elementos Básicos Projeto Sistema Material Rodante
- Edital: 2.1.3.1. Anexo II – Volume I. Diretrizes Operacionais Mandatórias
- Edital: 2.1.3.2. Anexo II – Volume II. Diretrizes de Manutenção
- Edital: 2.1.3.3. Anexo II – Volume III. Indicadores para Monitoramento do Desempenho Operacional
- Edital: 2.1.3.4. Anexo II – Volume IV. Indicadores dos Serviços de Manutenção
- MAN-10-202-08 Códigos de classes e formatos sistemas
- RT-6.84.01.XX/600-001 – Relatório técnico – Relatório de salas técnicas com ar-condicionado e salas com ventilação auxiliar das estações.

Documentos Resultantes

Observações

[QR]

Revisões anteriores

N°	Data	Modificação
0	27/11/2024	Emissão Inicial

Responsável Técnico Projetista	Verificação Acciona	Responsável Técnico Acciona	Verificação Linha Uni.

ÍNDICE

1	OBJETIVO	4
2	ABREVIações	4
3	NORMAS E REGULAMENTAções UTILIZADAS	4
3.1	ÓRGãos NORMATIZADORES	4
3.2	NORMAS, LEIS E DECRETOS DE REFERência	5
4	SISTEMA DE VENTILAção DAS SALAS TÉCNICAS E OPERACIONAIS	6
4.1	SALAS OPERACIONAIS	6
4.1.1	<i>Descrição do sistema</i>	6
4.1.2	<i>Funcionamento do sistema</i>	7
4.1.2.1	Local e Remoto	8
4.1.2.2	Operação normal	8
4.1.2.2.1	Automática	8
4.1.2.2.2	Local e Remoto	9
4.1.2.3	Operação em emergência	9
4.2	VESTIÁRIOS E BANHEIROS	9
4.2.1	<i>Descrição do sistema</i>	9
4.2.2	<i>Funcionamento do sistema</i>	9
4.3	SALAS TÉCNICAS INSTALAções	9
4.3.1	<i>SALAS DE TRANSFORMADORES</i>	10
4.3.1.1	Descrição do sistema	10
4.3.1.2	Funcionamento do sistema	10
4.3.1.2.1	Local e Remoto	11
4.3.1.2.2	Operação normal	11
4.3.1.2.2.1	Automática	11
4.3.1.2.2.2	Local e Remoto	11
4.3.1.2.3	Operação em emergência	11
4.3.2	<i>SALA DE MÉDIA TENSÃO (SMT) E DE BAIXA TENSÃO (SBT)</i>	11
4.3.2.1	Descrição do sistema	11
4.3.2.2	Funcionamento do sistema	12
4.3.2.2.1	Local e Remoto	13
4.3.2.2.2	Operação normal	13
4.3.2.2.2.1	Automática	13
4.3.2.2.2.2	Local e Remoto	13
4.3.2.2.3	Operação em emergência	14
4.3.3	<i>SALA DE BATERIAS (SBA)</i>	14
4.3.3.1	Descrição do sistema	14
4.3.3.2	Funcionamento do sistema	14
4.3.3.2.1	Local e Remoto	15
4.3.3.2.2	Operação normal	15
4.3.3.2.2.1	Automática	15
4.3.3.2.2.2	Local e Remoto	15
4.3.3.2.3	Operação em emergência	15
ANEXO 1.	COMPOSIção DOS PRINCIPAIS EQUIPAMENTOS MECâNICOS DAS SALAS TÉCNICAS..	15
A1.1.	EQUIPAMENTOS MECâNICOS	15
A1.1.I.	VENTILADORES CENTRÍFUGOS	16
A1.1.II.	VENTILADORES MURAIIS	16
A1.1.III.	VENTILADORES EM LINHA	17
A1.1.IV.	MOTORES	17

A1.1.v.	RECUPERADORES DE CALOR.....	18
A1.2.	FILTROS	18
A1.3.	GRELHA DE VENTILAÇÃO	19
A1.4.	REGISTROS DE VENTILAÇÃO	20
A1.5.	DUTOS	20
A1.6.	ATENUADORES.....	21
A1.7.	SENSORES DE UMIDADE E TEMPERATURA.....	22
A1.8.	CHAVES FIM DE CURSO	22
A1.9.	QUADROS DE FORÇA E CONTROLE	22

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1.	Tipos de Transformadores.....	10
-----------	-------------------------------	----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Controle e supervisão do sistema de ventilação das salas operacionais.....	7
Figura 2.	Venezianas Acústicas Removíveis - Grelha de fechamento das Salas dos Transformadores.....	10
Figura 3.	Controle e supervisão ventiladores de extração das salas de transformadores.....	10
Figura 4.	SMT da estação Brasilândia.....	12
Figura 5.	Controle e supervisão ventiladores de extração SMT.	12
Figura 6.	Controle e supervisão ventiladores de extração SBT.....	13
Figura 7.	Controle e supervisão ventiladores de extração sala de Baterias.....	14
Figura 8.	Ventilador centrifugo.	16
Figura 9.	Ventilador mural.....	17
Figura 10.	Ventilador em linha.....	17
Figura 11.	Recuperação de calor	18

1 OBJETIVO

Este memorial tem como objetivo descrever o funcionamento e as características do sistema de Ventilação das Salas Técnicas e Operacionais. Esses sistemas estão localizados nos prédios técnicos e estações da Linha 6.

2 ABREVIATÓES

As seguintes abreviações foram usadas:

SBA	Sala de Baterias
SEE	Sala de Equipamentos Eletrônicos
SBT	Sala de Baixa Tensão
SMT	Sala de Média Tensão
SGD	Sala Gerador Diesel
SEA	Sistema de Controle dos Equipamentos Auxiliares
SSO	Sala de Supervisão Operacional
VSD	Controle de acionamento de velocidade variável

3 NORMAS E REGULAMENTAÇÕES UTILIZADAS

As normas e regulamentações citadas neste documento representam as versões em vigor na data de criação do mesmo. A ordem de precedência (em caso de contradição) é:

1. Edital;
2. O estipulado no presente documento;
3. Normativa Brasileira;
4. Normativa Internacional.

3.1 Órgãos Normatizadores

As normas deste fornecimento serão regulamentadas pelos seguintes órgãos:

Órgão	Nome
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas;
AMCA	<i>Air Movement and Control Association International;</i>
ANSI	<i>American National Standards Institute;</i>
ASHRAE	<i>American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers</i>
ASTM	<i>American Society for Testing and Materials;</i>
CBPMESP	Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo
CEMELEC	<i>European Committee for Electrotechnical Standardization;</i>
IEC	<i>International Electrotechnical Commission;</i>
IEEE	<i>Institute of Electrical and Electronics Engineers;</i>
ISO	<i>International Organization for Standardization;</i>
MTE	Ministério do Trabalho e Emprego (NR - Normas Regulamentadoras);
NBR	Normas Brasileiras
NEMA	<i>National Electrical Manufacturers Association;</i>
NFPA	<i>National Fire Protection Association;</i>
VDE	<i>Electrotechnical German Association;</i>
SMACNA	Asociación Nacional de Contratistas de Chapa y Aire Acondicionado
VDV	<i>German Association of Transport Companies.</i>

3.2 Normas, Leis e Decretos de Referência

Norma	Nome
NBR 10151	Acústica – Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – Procedimento;
NBR 10152	Níveis de ruído para conforto acústico - Procedimento
NBR 15775	Sistemas de segurança contra incêndio em túneis – Ensaio, comissionamento e inspeções;
NBR 16401	Instalações de ar-condicionado – Sistemas centrais e unitários;
NBR 13248	Cabos de potência e dutos isolados sem cobertura, não halogenados e com baixa emissão de fumaça, para tensões até 1 kV – Requisitos de desempenho.
AMCA 210	Laboratory Methods of Testing Fans for Certified Aerodynamic Performance Rating;
AMCA 250-05	Laboratory Methods of Testing Jet Tunnel Fans for Performance;
AMCA 300-08	Reverberant Room Method for Sound Testing of Fans;
AMCA 303-79	Application of Sound Power Level Ratings for Fans;
IEC 61000	<i>Electromagnetic compatibility (EMC);</i>
IEC 61850	<i>Communication networks and systems in substations;</i>
IEC 62236	<i>Railway applications - Electromagnetic compatibility;</i>
IEC 60439-1	Conjuntos de manobra e controle de baixa tensão – Parte 1
IEC 60529	Graus de proteção para invólucros de equipamentos elétricos (cód. IP);
IEEE C37.13	<i>IEEE Standard for Low-Voltage AC Power Circuit Breakers Used in Enclosures;</i>
IEEE 519	<i>IEEE Recommended Practice and Requirements for Harmonic Control in Electric Power Systems;</i>
IEEE 802	<i>IEEE Standard for Local and metropolitan area networks;</i>
IEEE 828	<i>IEEE Standard for Configuration Management in Systems and Software Engineering;</i>
NFPA 130	<i>Standard for Fixed Guideway Transit and Passenger Rail Systems;</i>
NFPA 90A	<i>Standard for the Installation of Air Conditioning and Ventilation;</i>
Decreto nº 56.819, de 10 de março de 2011	Institui o Regulamento de Segurança contra Incêndio das edificações e áreas de risco no Estado de São Paulo e dá providências correlatas;
Lei nº 13885, 25-08-2004	Complemento do Plano Diretor Estratégico do Município de São Paulo;
NR-10	Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade;
NR 12	Segurança no trabalho em Máquinas e Equipamentos;
ITs	Instruções Técnicas do Corpo de Bombeiros, 9, 11, 13, 14, 15 e 45;
DIRETORIA CETESB Nº 215/2007/E	Dispõe sobre a sistemática para a avaliação de incômodo causado por vibrações geradas em atividades poluidoras;
DIRETORIA CETESB Nº 389-2010	Dispõe sobre a aprovação da Regulamentação de níveis de ruído em sistemas lineares de transportes localizados no Estado de São Paulo;
ASHRAE 90.1	Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings;
ANSI/ASHRAE Standard 111-2008	Practice for Measurement, Testing, Adjusting and Balancing of Building Heating, Ventilating, Air Conditioning and Refrigeration System;
SMACNA 1985	Air Duct Leakage Test Manual;
SMACNA 2005	Duct Construction Standards;
ISO 3912	Shafts for machinery and accessories;
BS EN12101-1	Smoke and heat control systems – Specification for powered smoke and heat control ventilators;
EN 12101-3	Sistemas de controle de fumaça e calor. Parte 3: Especificação para aeradores mecânicos de controle de fumaça e calor (ventiladores);
RESOLUÇÃO CONAMA Nº 03 de 28 de junho de 1990	Padrões de Qualidade do Ar.
ABNT NBR IEC 60947-2	Dispositivo de manobra e comando de baixa tensão - Parte 2: Disjuntores
ANSI-C.37.16	Low-Voltage Power Circuit Breakers and AC Power Circuit Protectors-Preferred Rating, Related Requirements, and Application Recommendations

4 SISTEMA DE VENTILAÇÃO DAS SALAS TÉCNICAS E OPERACIONAIS

Dentro da estação, existem vários tipos de salas, com seu sistema de ventilação projetado conforme seu uso. Os tipos de sala consideradas são:

1. Salas operacionais;
2. Vestiários e banheiros;
3. Salas Técnicas/instalações.

Estas salas conforme ao edital são, preferencialmente, dotadas de ventilação natural, porém, quando da impossibilidade de ventilação natural, possuem ventilação mecânica. O sistema de Ventilação das Salas Técnicas e Operacionais tem como finalidade:

- Renovação do ar dos ambientes em operação normal, para assegurar número de renovações mínimas conforme as normas vigentes;
- Exaustão do ar e o calor dissipado pelos equipamentos, transformadores, quadros elétricos, salas de baterias, etc.

4.1 SALAS OPERACIONAIS

4.1.1 Descrição do sistema

Algumas das salas de operação que tem ventilação natural ou mecânica estão incluídas na seguinte lista:

- Refeitório (Concessionária);
- Refeitório (Terceiros);
- Sala de Supervisor Geral (SG);
- Escritório da Estação (SL);
- Sala de Reuniões/Treinamento;
- Sala de Apoio Logístico;
- Sala de Pessoal de Manutenção;
- Sala de Lixo;
- Sala de Material de Limpeza;
- Salas de Equipamentos de Manutenção;
- Salas de Materiais de Consumo.

Também foram consideradas outras salas como:

- Bilheterias;
- Sala de Enfermagem;
- Primeiros Socorros;
- Sala de Supervisão Operacional.

O detalhe de todas as salas que possuem ventilação mecânica por estação, encontra-se no documento RT-6.84.01.XX/-600-001. Em alguns casos, na zona das salas operacionais existem salas disponíveis sem utilização atribuída. Nestes casos algumas delas também foram dotadas de ventilação.

As salas operacionais localizadas de forma que tenham comunicação com o exterior através de janelas serão ventiladas naturalmente. Portanto, a ventilação mecânica não foi considerada

nesses casos. Nos espaços dedicados às salas de operações sem possibilidade de ventilação natural, tem um sistema de ventilação baseado em uma rede dupla de dutos (insuflação/retorno) para garantir os níveis de renovação de ar em função do número de trabalhadores ou da superfície da sala a ser ventilada, que, de acordo com a NBR 1640-3 e com *ASHARE Standard 62.1-2013 Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality*, tem uma vazão de ar dependendo do uso de cada sala. Para cada ambiente as trocas de ar devem ser calculadas individualmente, devendo estar de acordo com ASHRAE.

Além da rede de dutos de insuflação/retorno, são instaladas conjuntamente nestas salas, unidades de recuperação de calor. Estas unidades permitem recuperar parte da Energia do ar climatizado do interior de um local, por meio de um trocador de calor, no qual se realiza a transferência de Energia (frio ou calor) do ar que retorna ao exterior, e do ar de renovação insuflado da área externa para os interiores dos locais. O processo de transferência de calor realiza-se de maneira segura, e independente, sem que haja em nenhum momento interligação das redes de insuflação e retorno.

Essas unidades se dispõem, em geral, nas salas de ventilação previstas nas estações. A ventilação dessas salas também será realizada de forma natural se possível; caso contrário, haverá grelhas de extração na sala, conectadas ao próprio circuito de retorno da unidade de recuperação de calor. Além disso, são instalados registros corta-fogo localizados conforme as compartimentações de áreas específicas dispostas na IT-45/2019:

- Salas técnicas;
- Não há necessidade de compartimentação das salas operacionais e das salas de armazenamento de lixo em relação às outras áreas;
- Toda área pública deve ser compartimentada em relação à outras áreas não públicas, com paredes e portas corta-fogo;
- Todas as áreas públicas da estação devem ser compartimentadas em relação às ocupações adjacentes que não fazem parte do sistema de transporte sobre trilhos metroferroviários.

4.1.2 Funcionamento do sistema

O sistema de controle e supervisão da ventilação das salas operacionais é composto de vários dispositivos e comandado por um CLP. A Figura 1 mostra os diferentes dispositivos que fazem parte do sistema de controle e supervisão dos recuperadores de calor.

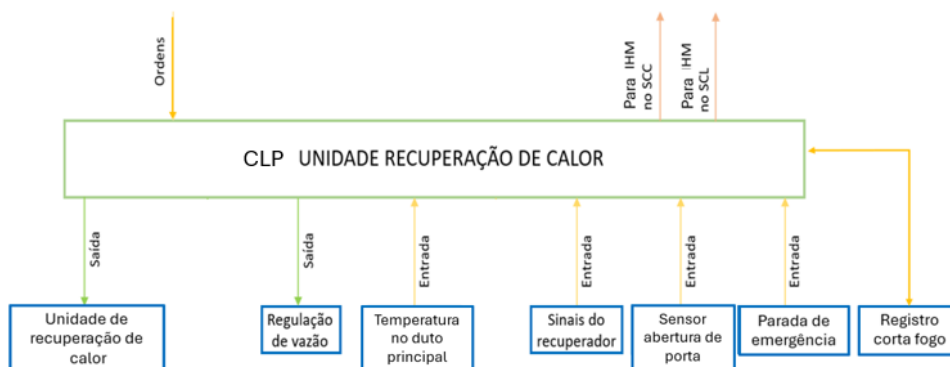


Figura 1. Controle e supervisão do sistema de ventilação das salas operacionais

O funcionamento dos ventiladores é conforme os seguintes modos:

4.1.2.1 Local e Remoto

O quadro de força e controle dos recuperadores de calor possui um seletor que possibilita a priorização da manutenção acima dos outros modos de funcionamento, este seletor tem três posições Local, Remoto e Manutenção. Se o seletor se encontra na posição local os equipamentos não poderão ser comandados a partir do SCL (Sistema de Controle Local) ou a partir do SCC (Sistema de Controle Central). Os modos de funcionamento descritas em 4.1.2.2 e 4.1.2.3 somente poderão ser ativadas com o seletor na posição Remoto.

4.1.2.2 Operação normal

4.1.2.2.1 Automática

De acordo com as renovações de ar definidas por cada sala, o funcionamento dos recuperadores de calor em situações normais será contínuo e independente da temperatura interna das salas. No entanto, em função das temperaturas dos fluxos de ar que chegam à unidade de recuperação de calor, este pode operar em modo recuperação de calor ou no modo by-pass, no qual o ar de retorno não passa pela unidade de recuperação de calor e o ar exterior entra nas salas com a temperatura exterior.

Desta forma, se o ar exterior for mais frio do que o ar interior durante o verão (como de manhã cedo ou à noite), a ventilação em modo by-pass introduzirá diretamente o ar exterior mais frio, reduzindo a necessidade de refrigeração do sistema de ar-condicionado.

Da mesma forma, este modo de ventilação pode ser usado na primavera e no outono, quando o ar exterior é mais frio que o ar interno, caso seja necessário reduzir a temperatura no interior das salas operacionais.

Para evitar a condensação no interior do equipamento, o modo de ventilação by-pass não deve ser utilizado quando a temperatura exterior estiver abaixo de 8°C.

Para que o modo by-pass seja ativado deve-se cumprir as três condições seguintes:

- Temperatura interior igual ou superior a 20°C ($t_i \geq 20$);
- Temperatura exterior igual ou superior a 16°C ($t_e \geq 16$);
- A diferença entre a temperatura interior e a temperatura exterior deve ser de 2°C ou superior ($t_i - t_e \geq 2$).

Em qualquer caso, esses parâmetros serão programáveis por meio do sistema de controle do equipamento.

Os sistemas de recuperação de calor possuem também sensores internos que enviarão sinais de diferentes parâmetros de funcionamento, como temperaturas dos diferentes fluxos de ar (insuflação, ar externo, retorno), indicação de limpeza no filtro, indicação de limpeza no trocador de calor, indicação de erros de funcionamento, etc.

Em função da detecção de anomalias nos parâmetros, a operação do sistema será limitada.

4.1.2.2.2 Local e Remoto

Se houver necessidade de ativação fora de operação normal automática, os recuperadores de calor têm a possibilidade de receber uma ordem direta de operação em local a partir do PCL (Painel de Controle Local) e em remoto a partir do SCL ou SCC.

4.1.2.3 Operação em emergência

Em caso de incêndio, o SCL e o SCC serão alertados pelo sinal de entrada do sistema de detecção de incêndio. O sistema de ventilação das salas operacionais será inativado, e os registros corta fogo fechados.

4.2 VESTIÁRIOS E BANHEIROS

4.2.1 Descrição do sistema

A ventilação dos núcleos úmidos de banheiros e vestiários, se realiza por meio de ventiladores exaustores quando há impossibilidade de ventilação natural. Esses ventiladores extraem o ar através de bocas ou grelhas situadas no forro de cada um dos banheiros, aspirando o ar para o exterior da estação.

Os ventiladores exaustores além de garantir o nível de ventilação indicado permitem manter uma pressão negativa nos banheiros e vestiários, evitando assim a propagação de odores para as áreas no entorno desses locais.

A instalação de ventilação nos banheiros e vestiários será formada por uma rede de dutos de exaustão de ar independente da ventilação do resto das salas com outros usos.

A instalação será composta de um equipamento exaustor situado preferivelmente no mesmo nível de trabalho, contando com rede de dutos circulares do tipo helicoidal de chapa de aço galvanizada e com válvulas reguladoras de ar.

Será instalada uma boca de exaustão para cada um dos banheiros (WC), sanitários públicos e outra para cada dois mictórios no caso de banheiros e sanitários masculinos.

4.2.2 Funcionamento do sistema

O funcionamento dos ventiladores de exaustão de banheiros e vestiários dispõem de um interruptor/comutador localizado em cada banheiro para ligar/desligar o equipamento.

4.3 SALAS TÉCNICAS INSTALAÇÕES

Cada uma das salas técnicas será ventilada de forma a favorecer as condições de operação e manutenção dos equipamentos abrigados. A seguir está descrito o sistema de ventilação de cada sala técnica.

4.3.1 SALAS DE TRANSFORMADORES

4.3.1.1 Descrição do sistema

Em edifícios técnicos podemos ter dois tipos de salas de transformadores dependendo do tipo de equipamento que está dentro. Os tipos de transformadores e sua potência calorífica a dissipar são os seguintes:

Tipos de Transformadores	Potência*
Transformadores de tração	40.000 W
Transformadores de SSAA (MT)	20.000 W

Tabela 1. Tipos de Transformadores

*Valores disponibilizados pelos fornecedores dos transformadores.

Estas salas são ventiladas em geral com ventilação natural, através das venezianas acústicas removíveis instaladas no exterior da sala, como demonstrado na imagem a seguir:

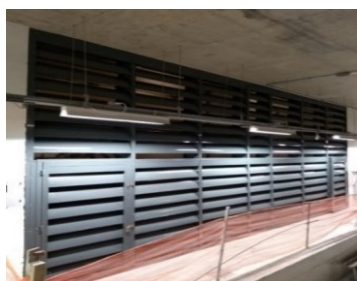


Figura 2. Venezianas Acústicas Removíveis - Grelha de fechamento das Salas dos Transformadores.

No entanto, em alguns casos, a disposição das salas faz com que a ventilação natural não seja possível. Nesses casos, será previsto um sistema de ventilação forçada, composto por um exaustor, uma rede de dutos e grelhas para extrair o ar quente do interior da sala, forçando a entrada de ar a menor temperatura através das venezianas acústicas, dessa forma, evacuando o calor dissipado pelos transformadores.

4.3.1.2 Funcionamento do sistema

O sistema de controle e supervisão dos ventiladores de exaustão das salas dos transformadores, é composto de vários dispositivos e comandado por um CLP. A Figura 3 mostra os diferentes dispositivos que compõem parte do sistema de controle e supervisão dos ventiladores.



Figura 3. Controle e supervisão ventiladores de extração das salas de transformadores.

O funcionamento dos ventiladores é conforme os seguintes modos:

4.3.1.2.1 Local e Remoto

O quadro de força e controle dos ventiladores possui um seletor que possibilita a priorização da manutenção acima dos outros modos de funcionamento, este seletor tem três posições Local, Remoto e Manutenção. Se o seletor se encontra na posição local, os equipamentos não poderão ser comandados a partir do SCL (Sistema de Controle Local) ou a partir do SCC (Sistema de Controle Central). Os modos de funcionamento descritas em 4.3.1.2.2 e 4.3.1.2.3 somente poderão ser ativadas com o seletor na posição Remoto.

4.3.1.2.2 Operação normal

4.3.1.2.2.1 Automática

A instalação foi projetada para que os transformadores nunca trabalhem em temperatura superior a 40°C (recomendação feita pelo fornecedor dos transformadores), e para que as salas onde estão alojados, sejam refrigeradas por ar externo em renovação contínua. O ventilador será controlado pelo sensor de temperatura externo, de modo que se regule o fluxo de renovação necessário em cada momento, mediante a variação de velocidade do ventilador.

Além disso, as portas de acesso da sala de ventilação onde o ventilador está localizado, terão chaves tipo “fim-de-curso” que interrompem seu funcionamento assim que são abertas. O sistema de ventilação possui também sensores internos nos ventiladores que, em função da detecção de anomalias nos parâmetros de temperatura, vibrações ou de consumo elétrico do motor, limitarão o funcionamento do sistema.

4.3.1.2.2.2 Local e Remoto

Se houver necessidade de ativação fora de operação normal automática, os ventiladores têm a possibilidade de receber uma ordem direta de operação em local desde o PCL (Painel de Controle Local) e em remoto a partir do SCL ou a partir do SCC.

4.3.1.2.3 Operação em emergência

Em caso de incêndio, o SCL e o SCC serão alertados pelo sinal de entrada do sistema de detecção de incêndio. O sistema de ventilação dos transformadores será inativado.

4.3.2 SALA DE MÉDIA TENSÃO (SMT) E DE BAIXA TENSÃO (SBT)

4.3.2.1 Descrição do sistema

A ventilação das salas de Média e Baixa Tensão será efetuada através de ventilação cruzada e forçada por meio da instalação de grelhas de entrada de ar e de uma rede de dutos e grelhas de exaustão de ar que se localizam na fachada oposta à das tomadas de ar. Dessa forma, se produz uma corrente de ar interior para toda a sala, evitando o acúmulo de calor em algum ponto da sala. Posteriormente, devido à instalação de um ventilador exaustor, o ar quente será extraído para o exterior através de uma grelha de saída de ar localizada na parte superior da sala. Todas as tomadas e as saídas de ar ao exterior estarão dotadas de rede anti-pássaros.

A vazão de ar estimado para a refrigeração das salas de Baixa Tensão e Média tensão foi considerado em função da estimativa de potência dissipada pelos equipamentos alocados nas ditas salas, de acordo com os valores fornecidos pelo projetista do projeto elétrico, a uma temperatura máxima de 40°C de operação (recomendação feita pelo fornecedor do transformador), de forma que nunca se supere esta temperatura nas piores condições ambientais (31°C) segundo a NBR 16401-1.

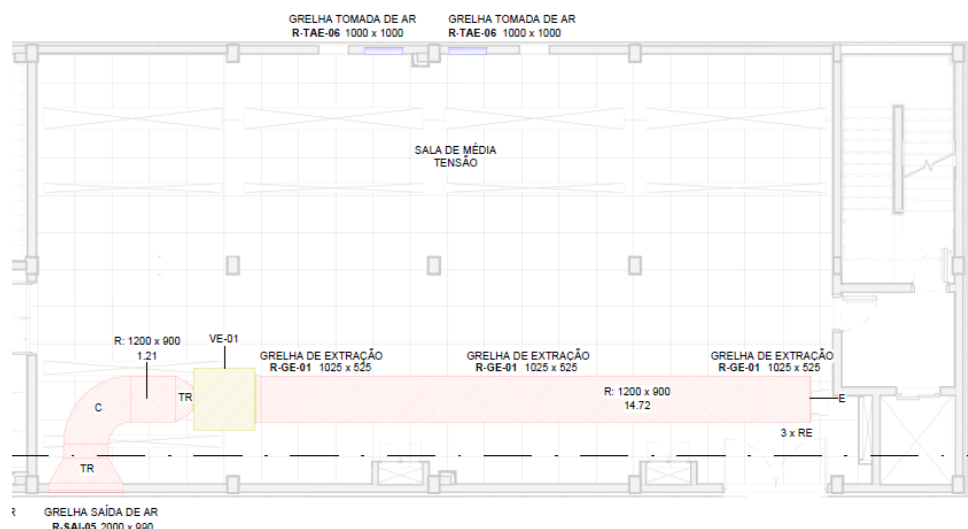


Figura 4. SMT da estação Brasilândia

4.3.2.2 Funcionamento do sistema

Os sistemas de controle e supervisão dos ventiladores de exaustão das salas de Média e Baixa Tensão, são compostos por vários dispositivos e comandados por um CLP. A Figura 5 e a Figura 6 mostra os diferentes dispositivos que formam parte dos sistemas de controle e supervisão dos ventiladores.

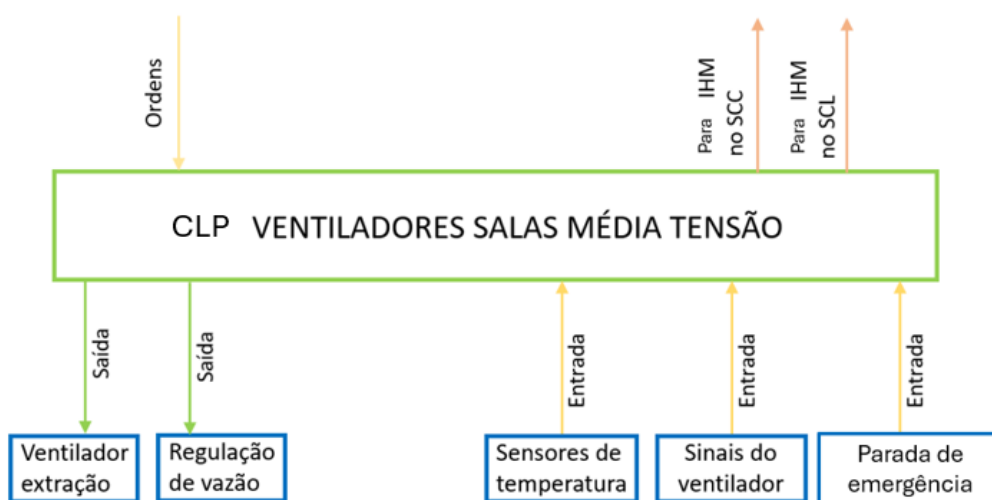


Figura 5. Controle e supervisão ventiladores de extração SMT.

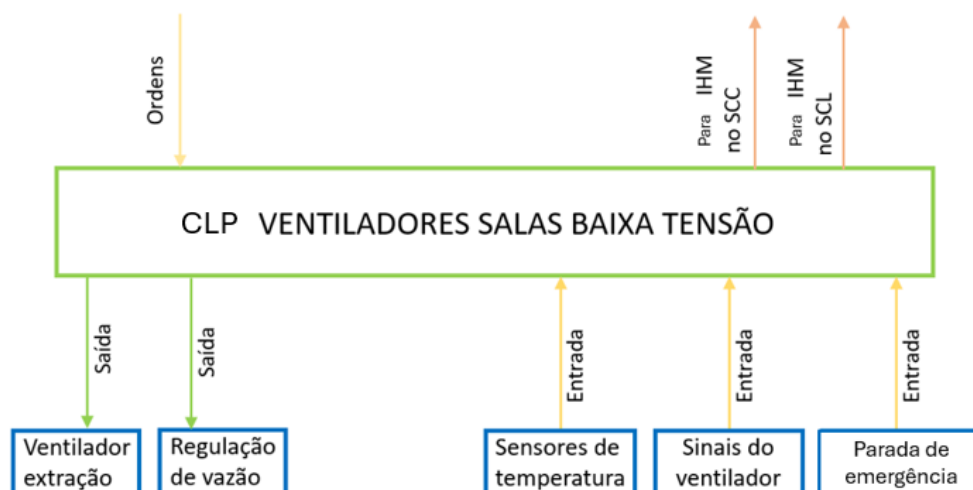


Figura 6. Controle e supervisão ventiladores de extração SBT.

O funcionamento dos ventiladores é conforme os seguintes modos:

4.3.2.2.1 Local e Remoto

O quadro de força e controle dos ventiladores possui um seletor que possibilita a priorização da manutenção acima dos outros modos de funcionamento, este seletor tem três posições Local, Remoto e Manutenção. Se o seletor se encontra na posição local os equipamentos não poderão ser comandados a partir do SCL (Sistema de Controle Local) ou a partir do SCC (Sistema de Controle Central). Os modos de funcionamento descritas em 4.3.2.2.2 e 4.3.2.2.3 somente poderão ser ativadas com o seletor na posição Remoto.

4.3.2.2.2 Operação normal

4.3.2.2.2.1 Automática

A instalação foi projetada para que a temperatura máxima das salas de Média e Baixa Tensão seja 40°C (recomendação feita pelo fornecedor do transformador), e para que as salas sejam refrigeradas por ar externo em renovação contínua/constante. O ventilador será controlado pelo sensor de temperatura externo, de modo que se regule o fluxo de renovação necessário em cada momento, mediante a variação da velocidade do ventilador.

O sistema de ventilação possui também sensores internos nos ventiladores que, em função da detecção de anomalias nos parâmetros de temperatura, vibrações ou de consumo elétrico do motor, limitarão o funcionamento do sistema.

4.3.2.2.2.2 Local e Remoto

Se houver necessidade de ativação fora de operação normal automática, os ventiladores têm a possibilidade de receber uma ordem direta de operação em local a partir do PCL (Painel de Controle Local) e em remoto a partir do SCL ou a partir do SCC.

4.3.2.2.3 Operação em emergência

Em caso de incêndio, o SCL e o SCC serão alertados pelo sinal de entrada do sistema de detecção de incêndio. Os sistemas de ventilação das salas serão inativados em caso de incêndio.

4.3.3 SALA DE BATERIAS (SBA)

4.3.3.1 Descrição do sistema

As salas de Baterias são lugares suscetíveis à liberação de hidrogênio por decomposição de água dos eletrólitos, fenômeno resultante dos processos de eletrólise. Mesmo quando as baterias são herméticas, em caso de avaria, poderá produzir sobre pressão e consequente liberação de hidrogênio ao ambiente. Devido a este fenômeno a ventilação deve garantir uma concentração inferior a 4% de hidrogênio na respectiva sala de Baterias segundo a norma EN50272.

Previsto uma rede de ventilação forçada, constituída por um exaustor instalado na parede da sala que farão a exaustão do ar, lançando-o para o exterior. Em alguns casos em que a sala de baterias não tem comunicação direta com o exterior, há previsto também uma rede de dutos e grelhas conectada ao exaustor para realizar a extração de ar da sala para o exterior.

Além deste sistema, será instalada uma abertura diretamente ao exterior através de uma chaminé ou janela para a entrada de ar do exterior.

A instalação é projetada de forma que o sistema de ventilação tenha um funcionamento contínuo que garanta uma vazão mínima de 5,1 l/s/m² de acordo com a NFPA 1 52.2.2.6. Por este motivo, o sistema é dimensionado para garantir 4 renovações/h da sala de Baterias, que proporciona um valor de vazão superior ao mínimo necessário.

4.3.3.2 Funcionamento do sistema

Os sistemas de controle e supervisão do ventilador de exaustão da sala de Baterias, são compostos de vários dispositivos e comandado por um CLP. A Figura 7 mostra os diferentes dispositivos que formam parte dos sistemas de controle e supervisão dos ventiladores.

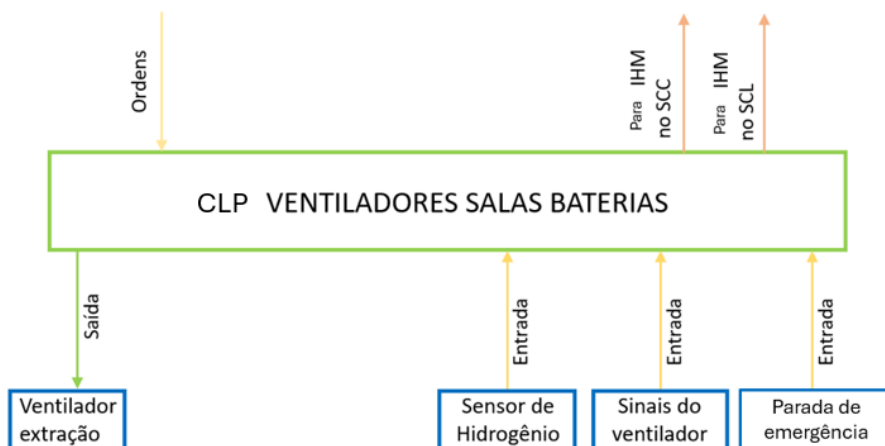


Figura 7. Controle e supervisão ventiladores de extração sala de Baterias

O funcionamento dos ventiladores é conforme os seguintes modos:

4.3.3.2.1 Local e Remoto

O quadro de força e controle dos ventiladores possui um seletor que possibilita a priorização da manutenção acima dos outros modos de funcionamento, este seletor tem três posições Local, Remoto e Manutenção. Se o seletor se encontra na posição local os equipamentos não poderão ser comandados a partir do SCL (Sistema de Controle Local) ou a partir do SCC (Sistema de Controle Central). Os modos de funcionamento descritas em 4.3.3.2.2 e 4.3.3.2.3 somente poderão ser ativadas com o seletor na posição Remoto.

4.3.3.2.2 Operação normal

4.3.3.2.2.1 Automática

Como indicado, a instalação foi projetada de forma que o sistema de ventilação tenha um funcionamento contínuo que garanta 4 renovações/h da sala de Baterias.

4.3.3.2.2.2 Local e Remoto

Se houver necessidade de ativação fora de operação normal automática, os ventiladores têm a possibilidade de receber uma ordem direta de operação em local desde o PCL (Painel de Controle Local) e em remoto a partir do SCL ou a partir do SCC.

4.3.3.2.3 Operação em emergência

Em caso de incêndio, recomenda-se não desligar o ventilador.

ANEXO 1. COMPOSIÇÃO DOS PRINCIPAIS EQUIPAMENTOS MECÂNICOS DAS SALAS TÉCNICAS

Os sistemas mecânicos e eletromecânicos incluem todas as máquinas, motores, servomecanismos e demais componentes, incluem os serviços complementares da área de construção civil necessários para a instalação e montagem destes conjuntos. Os principais componentes deste subgrupo são os seguintes:

- Equipamentos Mecânicos;
- Filtros;
- Grelhas;
- Registros;
- Dutos metálicos de ventilação;
- Atenuadores.

A1.1. Equipamentos Mecânicos

O elemento principal para a ventilação das salas técnicas, é o ventilador. São previstos ventiladores de diversos tipos em função da aplicação (de duto, parede, centrífugo etc.). O objetivo é satisfazer determinadas condições de pressão disponível e de vazão de ar para manter a temperatura adequada nos locais (salas técnicas), assim como garantir um nível adequado de renovação de ar nas salas operacionais.

A1.1.i. Ventiladores Centrífugos

Os ventiladores devem ser selecionados para trabalhar em pontos de funcionamento que não permitam atingir zonas de instabilidade. Para o dimensionamento dos ventiladores, devem ser consideradas as condições ambientais de São Paulo. Em relação à temperatura de bulbo seco, devem ser respeitadas as seguintes condições nominais (para condições normais de funcionamento):

- Para a verificação da severidade no controle das vibrações, deve-se utilizar a norma ABNT, NBR-10082, classe III para ventiladores centrífugos;
- Os ventiladores centrífugos, uma vez montados, devem estar equilibrados de maneira estática e dinamicamente.

Os ventiladores centrífugos devem atender os seguintes requisitos:

- Os ventiladores devem operar 24 horas por dia continuamente;
- Os rolamentos existentes entre as partes girantes e estacionárias devem resistir às solicitações previstas em projeto;
- Grau de severidade: ISO 2372 – classe I ou NBR-10.082;
- Classe de vibração ideal: 0,71 (de 0,45 mm/s até 0,71 mm/s);
- Classe de vibração permissível: 1,8 (de 1,12 mm/s até 1,8 mm/s);
- Grau de qualidade de balanceamento: G 6.3, ISO 1940/1 ou NBR-8008.



Figura 8. Ventilador centrífugo.

A1.1.ii. Ventiladores Murais

Todos os ventiladores murais devem ter uma grade externa acoplada para evitar a entrada de água no interior do edifício.

As características principais dos ventiladores são:

- Aro de suporte em chapa de aço;
- Hélice em poliamida 6 reforçada com fibra de vidro;
- Grelha de proteção contra contacto segundo EN 12499;
- Classe de proteção: IP-55 ou superior;
- Fator de potência mínimo: 0,92;
- Tensão de alimentação: 127 Vca (I)/220 Vca (III) 60 Hz;
- Temperatura de trabalho: até 60°C.



Figura 9. Ventilador mural.

A1.1.iii. Ventiladores em Linha

As características principais destes ventiladores são as seguintes:

- Caixa acústica coberta de material absorvente de som;
- Com janela de visita/inspeção ou facilmente acessíveis;
- Tensão de alimentação: 127 Vca (I)/220 Vca (III) 60 Hz;
- Temperatura de trabalho: até +50°C;
- Nível sonoro: até 49 dB(A).



Figura 10. Ventilador em linha.

A1.1.iv. Motores

Os motores dos ventiladores devem atender aos seguintes requisitos:

- Adequados para operar em serviço contínuo, partida direta a plena carga, com fator de serviço de no mínimo 1,20 e 1,0, à prova de explosão;
- A classe de isolamento deve ser “B” e deve ser capaz de suportar a corrente nominal de plena carga com elevação de temperatura, acima do ambiente, não excedendo os valores estabelecidos na norma NBR-17094 da ABNT;
- A categoria do motor deve ser “N”, conforme norma NBR-17094;
- A classe de proteção deve ser IP-55 ou superior;
- Fator de potência mínimo 0,92;
- Tensão de alimentação: 127 Vca (I)/220 Vca (III) 60 Hz.

A1.1.v. Recuperadores de Calor

Esses sistemas extraem o ar interior viciado de cada uma das salas e recuperam o calor ou a energia de refrigeração para aquecer ou esfriar o ar fresco de insuflação que se toma desde o exterior.



Figura 11. Recuperação de calor

Os recuperadores de calor são os elementos que permitem aproveitar a energia térmica (frio ou calor) do ar que se extrai ou que se cede às salas, através de um trocador de calor com o ar exterior que se introduz na estação.

O equipamento inclui um filtro F5, para filtrar o ar exterior, e dispõe também de um conjunto de ventiladores, para impulsionar e extrair o ar de cada sala que se ventila. Algumas características do recuperador de calor são:

- Tipo de recuperador: Sensível;
- Fluxo: Cruzado;
- Vazão de ar: até 2.000 m³/h;
- Rendimento sensível máximo: 80%;
- Pressão externa máxima: até 350 Pa;
- Alimentação elétrica (F,V,HZ): 1 Fase, 127V, 60Hz.

Os motores do recuperador cumprem os mesmos requisitos que foram indicados para os ventiladores. O recuperador de calor estará dotado de filtros que devem ter as seguintes características:

- Filtro antimicrobiano para inibição do crescimento de esporos, fungos, algas e bactérias sem liberar gás;
- Bolsas soldadas, inexistência de vazamentos de ar, autossustentadas mesmo sem vazão de ar;
- Meio filtrante 100% sintético, não liberação de partículas, não cancerígeno;
- Atividade antifúngica dos filtros: eficiência mínima 95%;
- Resistência térmica até 60 °C;
- Pressão diferencial final até 350 Pa;
- Grau de filtragem médio maior que 98% conforme *ASHRAE*.

A1.2. Filtros

Os filtros devem ter as seguintes características:

- Filtro antimicrobiano para inibição do crescimento de esporos, fungos, algas e bactérias sem liberar gás;
- Bolsas soldadas, inexistência de vazamentos de ar, autossustentadas mesmo sem vazão de ar;
- Meio filtrante 100% sintético, não liberação de partículas, não cancerígeno;
- Atividade antifúngica dos filtros: eficiência mínima 95%;
- Resistência térmica até 60°C;
- Pressão diferencial final até 350 Pa;
- Grau de filtragem médio maior que 98% conforme ASHRAE;
- Os elementos filtrantes devem ter um grau mínimo F5 de acordo com a NBR 16401.

A1.3. Grelha de ventilação

Todas as grelhas de ventilação devem ser construídas em chapa de aço galvanizado ou outro material, de pelo menos 2 mm de espessura, com pontos de solda resistentes à corrosão. Têm uma construção adequada para proporcionar uma pequena perda de carga, e devem ser suficientemente rígidas para evitar vibrações. Existirão 4 tipos de grelhas principais:

- Grelhas de retorno de ar: para o retorno ou a exaustão de ar de uma sala;
- Grelhas de insuflação: para a insuflação e renovação de ar das salas operacionais;
- Grelhas de saída de ar interior e tomada de ar exterior;
- Grelha de exaustão de ar para salas úmidas.

As suas características se indicam a continuação:

1) Grelhas de retorno de ar

Estas grelhas são de tipo lâminas verticais frontais de deflexão simples com registros. As grelhas se fixam aos aros através de parafusos galvanizados e buchas de *Nylon*.

2) Grelhas de insuflação

As grelhas de insuflação são de dupla deflexão, sendo as lâminas externas horizontais e as internas verticais. Também têm um registro de lâminas convergentes para regular o fluxo de ar. As grelhas se fixam aos dutos através de parafusos galvanizados de auto travamento, prevendo o uso de uma selagem adequada.

3) Grelhas de saída de ar interior e tomada de ar exterior

As grelhas de saída de ar de interiores e de tomadas de ar exterior dispõe de malha anti-pássaros e com uma proteção que evite a entrada de água de chuva, folhas, etc. As grelhas dispõem de aro perimetral para facilitar a sua montagem na parede.

4) Grelhas de exaustão de ar para quartos úmidos

As grelhas de exaustão dos banheiros, vestiários, sanitários públicos e os reservados para a equipe da Concessionária têm as seguintes especificações:

- Tamanho nominal 125 mm;
- Intervalo de vazões de ar até 180 m³/h;
- Painel frontal fabricado em chapa de aço, com possibilidade de ser pintado;
- Balanceamento do fluxo de ar, girando simplesmente o anel central.

A1.4. Registros de ventilação

Existem dois tipos de Registros dentro do sistema de ventilação das salas técnicas:

1) Registros de regulação manual

São do tipo de folha de chapa inversa, são acionadas manualmente e servem exclusivamente para controlar as vazões de ar nos dutos e canais de ventilação.

2) Registros corta fogo.

Nas zonas de separação de setores de proteção contra incêndios, prevê-se a instalação de Registros corta-fogo com resistência mínima de 120 min (conforme a IT 45), de resistência pelo menos igual à resistência ao fogo do setor que exija medidas mais restritivas. Os registros corta-fogo são localizados e especificados de acordo com o projeto de setorização e serão definidos pelo instalador do sistema. Podem ser:

- Salas de transformadores;
- Sala de média tensão;
- Sala de baixa tensão;
- Sala de baterias;
- Salas técnicas das subestações primárias;
- Áreas públicas em relação à outras áreas não públicas;
- Áreas públicas da estação em relação às ocupações adjacentes que não fazem parte do sistema de transporte sobre trilhos metroferroviários.

Os registros corta-fogo são circulares ou retangulares em função do projeto da rede de dutos à qual pertençam. Os registros corta-fogo devem ter acionamento duplo, ou seja, por fusível e por servo motor. Sendo que o fusível deve ser calibrado para temperatura entre 70°C e 75°C, e o servo motor deve ser acionado por detector de fumaça. Este equipamento deve ser homologado pelo Corpo de Bombeiros, ou por uma entidade internacional aceita no Brasil.

A1.5. Dutos

Os sistemas de dutos são projetados de acordo com as recomendações da *ASHRAE*. São de chapa de aço galvanizado, retos e lisos no seu interior, com juntas ou uniões cuidadosamente terminadas, e são ancorados firmemente ao edifício, de modo que não se produzam vibrações em condições normais de funcionamento. Todas as uniões longitudinais ou transversais devem receber vedações ou juntas, conforme o caso, de forma a evitar que haja qualquer tipo de vazamento de ar.

Quando utilizados reforços laterais ou flanges, estes não podem ser soldados, mas sim, rebitados às chapas ou aparafusados. Os dutos não podem apresentar vibrações decorrentes à passagem do ar em seu interior, devem apresentar aspecto perfeito depois de instalados. Nas passagens entre paredes e lajes os vãos entre furos e dutos devem ser arrematados em ambos os lados com chapas de fechamentos.

A espessura das paredes dos dutos será definida pelas suas dimensões, de acordo com os critérios fixados na *SMACNA* e de acordo com a classe de pressão interna do duto de acordo com ABNT.

A distribuição do ar pelos diferentes andares e áreas do edifício será realizada à menor velocidade, para evitar problemas de ruídos que incomodem os passageiros e os ocupantes de salas. As velocidades do ar recomendadas a serem calculadas para os dutos principais e ramificações são 5 m/s e 4,5 m/s respectivamente.

A velocidade de descarga do ar nas saídas dos sistemas de exaustão não deve ser superior a 6 m/s. Os dutos secundários, distribuídos nos ambientes, devem ser providos de registros no entroncamento com o duto principal de distribuição de ar. Todas as ramificações e bifurcações nos dutos, devem ser instalados reguladores de vazão. Quando a rede de dutos serve para ambientes distintos, deve-se adotar registro corta-fogo, para evitar a liberação de fumaça e a propagação do fogo para o ambiente adjacente.

Os dutos devem ser pintados externamente e previamente tratados com proteção anticorrosiva. A selagem aplicada aos dutos deve ser suficiente para atender à classe de vazamento conforme norma ABNT. Todas as derivações, conexões a equipamentos, caixas *plenum*, registros e terminais, tampas de acesso e a outras singularidades devem ter o mesmo tratamento de selagem utilizado nos dutos.

No projeto da rede de dutos deve-se considerar o espaço disponível para a difusão/absorção do ar, vazamento nos dutos, balanceamento nos dutos e grelhas, controle de temperatura.

A1.6. Atenuadores

A emissão de ruídos, em decorrência de quaisquer funcionamentos dos sistemas de ventilação obedece às diretrizes e os critérios estabelecidos pela CETESB, observando a classificação básica municipal de ocupação do solo, e além disto, o que estiver descrito neste documento.

Os níveis de ruídos não devem ser superiores aos estabelecidos pela NBR 10.152, Níveis de Ruídos para conforto acústico, da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. A avaliação do ruído no interior e exterior das edificações deve ser efetuada de acordo com a Norma NBR 10.151 – Avaliação do Ruído em áreas Habitadas, visando conforto da comunidade:

- Níveis de ruído para os ambientes externos (determinados pelo sistema de ventilação) devem estar em conformidade com o zoneamento e a Lei nº 13.885 de 25/08/2004 do município de São Paulo, e ainda, com as Normas NBR 10.151 e 10.152 da ABNT;
- Para manter os níveis de ruído dentro dos limites estabelecidos por lei, é prevista a instalação de absorvedores de ruído à montante e à jusante dos ventiladores;
- Quando não apresentar equivalência ou correlação com aquelas relacionadas acima, o nível de ruído aceitável, tanto para as áreas internas como as externas, para efeito de conforto será até 45 dB(A) e a curva de avaliação de ruído (NC) de valor não superior a NC 40.

Por conseguinte, os sistemas de ventilação devem ser providos de absorvedores de ruído à montante e à jusante do ventilador a fim de manter os níveis de ruído de acordo com as normas. Os atenuadores devem ter as seguintes características:

- Material acústico-absorvente resistente à umidade e à abrasão até a velocidade de 20 m/s;
- Atenuação na faixa crítica dos ventiladores de 250 a 1000 Hz.

A1.7. Sensores de umidade e temperatura

Sensores de Temperatura devem ser instalados para determinar os níveis de vazão dos ventiladores. Deverão ter as seguintes características:

- Intervalo de medida de temperatura: -40°C - +70°C;
- Intervalo de medida de umidade: 0 – 100 HR;
- Grau de proteção: IP-66;
- Tensão de alimentação (V): 24 V c.a. / 13,5...35 V c.c.;
- Frequência de operação (Hz): 60 Hz a 24 V c.a.;
- Sinal de saída: 0-10 V c.c ou 4-20 mA.

A1.8. Chaves fim de curso

As portas de acesso às salas de máquinas possuem chaves tipo “fim-de-curso” que interrompam o funcionamento dos respectivos ventiladores tão logo seja iniciada sua abertura. As chaves fim de curso devem ter as seguintes características:

- Projetadas de acordo com as normas:
 - IEC / EN 60947-5-1;
 - UL 508 VDE 0660.
- Duplo isolamento;
- Blocos de contato intercambiáveis;
- Tensão de trabalho U_e (V): 127 V c.a.;
- Frequência de operação (Hz): 60 Hz;
- Resistência de isolamento: 10 MΩ (500 Vcc);
- Temperatura de trabalho: até +50°C;
- Grau de proteção: IP-55 ou superior;

A1.9. Quadros de força e controle

Os quadros são instalados no mesmo ambiente destinado aos ventiladores e recebem a energia da sala de baixa tensão da estação. Todos os disjuntores são projetados, construídos e ensaiados conforme prescrições das normas aplicáveis da ABNT NBR IEC 60947-2 / NBR IEC-60529 / ANSI / IEEE-C.37.13, ANSI-C.37.16 e IEC-947-2.

Os sistemas elétricos devem prever a instalação de circuitos com recursos de desligamento que impeçam a sua reenergização. Também devem prever a adoção de aterramento temporário.

Os painéis são previstos com possibilidade de controle local, remoto e automático.