

# PROBLEMAS ASSOCIADOS À INSTALAÇÃO DE SUBESTAÇÕES DE ENERGIA EM MALHA URBANA. CASO DE ESTUDO DA SUBESTAÇÃO DE PARCEIROS EM LEIRIA.

Pedro Tiago Pacheco de Sousa de Queirós Novais



Departamento de Engenharia Eletrotécnica

Mestrado em Engenharia Eletrotécnica – Sistemas Eléctricos de Energia

2014



Relatório elaborado para satisfação parcial dos requisitos da Unidade Curricular de DSEE -  
Dissertação do Mestrado em Engenharia Eletrotécnica – Sistemas Elétricos de Energia

Candidato: Pedro Tiago Pacheco de Sousa de Queirós Novais, Nº 1060862,  
1060862@isep.ipp.pt

Orientação científica: Jorge Manuel Teixeira Tavares, jtv@isep.ipp.pt

Empresa: Empresa Portuguesa de Montagens Elétricas, S.A.

Supervisão: Artur Rocha, arocha@epme.pt



Departamento de Engenharia Eletrotécnica

Mestrado em Engenharia Eletrotécnica – Sistemas Elétricos de Energia

**2014**



*“É corrente, no cotidiano, o convívio com obras de engenharia, onde mesmo para o olhar leigo, se torna patente a existência de um substrato técnico importante. Assim, na travessia de uma ponte, pensamos a cerca do número impressionante de cálculos, de testes, de medições que devem ter sido efetuados para tornar fiável aquela estrutura, cuja beleza nos pode, também, impressionar, com evidência de que estamos perante uma obra onde participaram a arte e a ciência.” [1]*



## *Agradecimentos*

Este trabalho/dissertação foi constituído por diversas e diferentes etapas e aproveito para agradecer às pessoas mais importantes pelo apoio dado.

Agradeço ao Eng.º Artur Rocha, meu supervisor na EPME, por apostar nas minhas capacidades para liderar um projeto de tamanha envergadura e por toda a orientação dada no desenrolar de todo o projeto.

A toda a minha equipa de trabalho que abraçou este desafio e colaborou para o positivo desempenho do mesmo.

À Eng.ª Teresa Nogueira, pela constante motivação, aconselhamento e ajuda durante esta etapa final.

Ao Eng.º Jorge Tavares, meu supervisor no ISEP, pela fantástica colaboração e disponibilidade para elevar a qualidade técnica do presente relatório.

À minha mãe, ao meu pai e à minha irmã, pelo constante encorajamento para enfrentar e encerrar mais uma etapa significativa na minha vida.

Ao meu tio Mário, pela constante motivação e pressão com vista ao meu sucesso pessoal e profissional.

À minha tia Nini, por ter respondido prontamente a todas as solicitações de auxílio, todas as horas despendidas e por fazer questão em estar ao meu lado em mais uma importante etapa do meu percurso

À minha namorada Joana, por partilhar comigo todos os momentos menos bons de restrição, dedicação e motivação nas fases boas e menos boas que este processo foi constituído.

A todos vocês, a toda a minha família e a todos os amigos que me rodearam e ajudaram a passar esta etapa, um grande obrigado por ajudarem a tudo isto ser possível.



## *Resumo*

No âmbito do desenvolvimento da dissertação do Mestrado de Engenharia Eletrotécnica – Sistemas Elétricos de Energia, surgiu a oportunidade de participar no desenvolvimento de um projeto integrante numa subestação de energia. O presente caso de estudo tem em vista a resolução de condicionantes na conceção desta subestação, tais como cumprir requisitos estéticos projetando todo o tipo de equipamentos dentro de edifícios, a ventilação das salas de transformação assim como insonorização de todo o ruído produzido de forma a cumprir os limites legais e não perturbar a vizinhança.

A presente subestação de energia está situada numa zona urbana da cidade de Leiria, localidade de Parceiros, dando origem ao nome Subestação de Energia de Parceiros. Esta subestação pertence ao cliente Energias de Portugal, conhecida como EDP, e visa o melhoramento da distribuição do serviço eléctrico.

As tradicionais subestações de energia, com aparência bastante desenquadrada dos meios urbanos, representam um entrave ao nível da aproximação destes centros de produção energética às zonas urbanas, comprometendo a melhoria da rede eléctrica. Desta forma, foi implementada a tecnologia *Gas-Insolated Switchgear* e permite o enquadramento destes centros energéticos em zonas urbanas, constituindo mais um edifício urbano na zona onde se insere. Esta substitui os convencionais barramentos existentes nos Parques Exteriores de Aparelhagem das subestações e apresenta-se com dimensões muito reduzidas quando comparadas com as estruturas instaladas nestes parques. Dado que esta tecnologia é desenvolvida no sentido de permitir a construção destes centros energéticos em zonas urbanas, podem ser alojadas dentro de edifícios produzindo assim vantagens ao nível estético, não perturbando a paisagem.

Dado que os principais equipamentos de funcionamento na subestação de Parceiros, nomeadamente o Transformador de Potência, se encontram instalados num edifício completamente fechado, foram construídas duas salas de ventilação, na parte superior deste edifício, cada uma adjacente a uma sala de transformação. O transformador instalado possui elevadas dimensões, pesando 53000 kg e contendo 11000 kg de óleo que em estado normal de funcionamento circula por quase todo o interior da máquina a elevadas

temperaturas, provocando um aquecimento elevado no interior do edifício o que condiciona o bom funcionamento do transformador.

Para ultrapassar esta condicionante foi realizado um estudo de um sistema de ventilação capaz de avaliar e controlar os valores térmicos existentes e proceder à circulação de ar, que será movimentado ou bloqueado, recorrendo a um sistema autónomo, mantendo a temperatura ideal nas salas de transformação. Este autómato é o cérebro de toda a cadeia lógica que, mediante as leituras efetuadas irá dar ordens de atuação aos diversos equipamentos.

Apesar dos TP estarem protegidos dentro do edifício, estes produzem um maior ruído. A necessidade da existência do referido sistema de ventilação das divisões de funcionamento destas máquinas, implica a utilização de aparelhos que, apesar da sua evolução tecnológica os torna cada vez menos ruidosos, mas geram sempre alguma perturbação, o que pode representar um problema no cumprimento do regulamento geral do ruído.

### *Palavras-Chave*

GAS-INSOLATED SWITCHGEAR, INSONORIZAÇÃO, SUBESTAÇÃO DE ENERGIA, TRANSFORMADOR DE POTÊNCIA, VENTILAÇÃO.

## *Abstract*

Within the scope of the development of the Master thesis of Electrical Engineering – Electrical Power System degree, there was the opportunity to participate in the development of an integral project in a power substation. This case study aims at solving constraints in the conception of the substation, such as accomplishing aesthetic requirements projecting all types of equipment inside the buildings, the ventilation of the electric transformation rooms as well as the soundproofing of all the produced noise in order to respect the legal limits and not disturb the neighbourhood.

This power substation is located inside an urban area of Leiria city, the Parceiros area, resulting in the name Power Substation of Parceiros. This substation belongs to the client Energias de Portugal, known as EDP, and aims to improve the distribution of electric service.

The traditional power substations, with a quite unframed appearance in urban areas, represent an obstacle in terms of approximation of these energy production centres to urban areas, jeopardizing the improvement of the power grid. Thus, the *Gas-Insolated Switchgear* technology has been implemented which enables the composition of these energy centres in urban areas, representing another urban building in the area where it operates. It replaces the conventional buses that exist in the Outdoor Park Equipment of the SE and presents itself with smaller dimensions when compared with the structures installed in these parks. Since this technology is developed to allow the construction of these energy centres in urban areas, they may be held inside the buildings, thus producing benefits to an aesthetic level by preserving the landscape.

Since the main operating equipment in Parceiros substation, particularly the Power Transformer, is installed in a completely closed building, two vent rooms were built at the top of this building, each one adjacent to an energy transformation room. The installed power transformer has high dimensions, weighing 53000 kg and containing 11000 kg of oil which, in normal operating mode, flows inside the machine at high temperatures, causing high heating inside the building which conditions the perfect functioning of the transformer.

To overcome this constraint a study of a ventilation system capable of assessing and controlling the existing thermal values and provide for air circulation took place, which will be moved or blocked by using an autonomous system while maintaining the ideal temperature in the energy transformation rooms. This automaton is the brain of all the logic chain which through the achieved values will give orders to different actuation devices.

Although the power transformers are protected inside the building, they produce a higher noise. The necessary existence of the referred ventilation system of rooms of operating machines, involves the use of devices that, despite their technological evolution makes them increasingly less noisy, but always generates some disturbance, which can represent a problem in the enforcement of the general noise regulation.

***Keywords***

GAS-INSULATED SWITCHGEAR, POWER SUBSTATION, SOUNDPROOFING, POWER TRANSFORMER, VENTILATION.

# Índice

<b>AGRADECIMENTOS</b> .....	<b>V</b>
<b>RESUMO</b> .....	<b>VII</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>IX</b>
<b>ÍNDICE</b> .....	<b>XI</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>XIII</b>
<b>ÍNDICE DE TABELAS</b> .....	<b>XVII</b>
<b>ACRÓNIMOS</b> .....	<b>XIX</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
1.1.ENQUADRAMENTO DE DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO .....	1
1.2.OBJETIVOS .....	2
1.3.ORGANIZAÇÃO DO RELATÓRIO .....	3
<b>2. SUBESTAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA</b> .....	<b>5</b>
2.1.FUNÇÕES DAS SUBESTAÇÕES DE ENERGIA.....	9
2.2.TIPOS DE SUBESTAÇÃO DE ENERGIA.....	10
2.3.SUBESTAÇÃO DE PARCEIROS .....	13
2.3.1.DIVISÃO, ESTRUTURAÇÃO E MAPEAMENTO DOS EDIFÍCIOS.....	13
2.4.TECNOLOGIA GIS .....	17
2.5.SISTEMA DE VENTILAÇÃO E INSONORIZAÇÃO.....	19
<b>3. IMPLEMENTAÇÃO DA TECNOLOGIA GIS E SISTEMAS DE VENTILAÇÃO E INSONORIZAÇÃO</b> .....	<b>23</b>
3.1.IMPLEMENTAÇÃO DA TECNOLOGIA GIS .....	23
3.1.1.INSTALAÇÃO MÓDULO GIS .....	23
3.1.2.INTERLIGAÇÕES .....	24
3.2.SISTEMA DE VENTILAÇÃO.....	26
3.2.1.OBJETIVOS E PRINCIPIO DE FUNCIONAMENTO .....	26
3.2.2.ÁREAS ABRANGIDAS .....	31
3.2.3.COMPONENTES FÍSICOS DO SISTEMA DE VENTILAÇÃO .....	33
3.2.4.ESTUDOS REALIZADOS .....	37
3.2.5.AUTOMATIZAÇÃO DO PROCESSO DE VENTILAÇÃO .....	45
3.2.6.ENSAIOS FINAIS .....	53
3.3.SISTEMA DE INSONORIZAÇÃO .....	61

3.3.1. OBJETIVOS E PRINCIPIO DE FUNCIONAMENTO .....	61
3.3.2. ÁREAS ABRANGIDAS .....	63
3.3.3. COMPONENTES FÍSICOS DO SISTEMA DE INSONORIZAÇÃO.....	64
3.3.4. ESTUDOS REALIZADOS .....	67
3.3.5. ENSAIOS FINAIS.....	68
<b>4. CONCLUSÕES.....</b>	<b>73</b>
<b>REFERÊNCIAS DOCUMENTAIS.....</b>	<b>77</b>
<b>ANEXO A. ESQUEMA DESENVOLVIDO QUADRO DE COMANDO DA VENTILAÇÃO.....</b>	<b>79</b>
<b>ANEXO B. PROGRAMA DO AUTÓMATO DO SISTEMA DE VENTILAÇÃO.....</b>	<b>80</b>
<b>ANEXO C. MANUAL DO OPERADOR – INTERFACE AUTÓMATO DO SISTEMA DE VENTILAÇÃO .....</b>	<b>81</b>
<b>ANEXO D. MANUAL DE CONDUÇÃO E MANUTENÇÃO DO SISTEMA DE VENTILAÇÃO</b>	<b>82</b>

## *Índice de Figuras*

Figura 1	Organização do Relatório	4
Figura 2	Demonstração do processo de distribuição energética. <sup>[10]</sup>	7
Figura 3	Subestação de Energia 60/30/6 kV de Maranhão, Avis, Julho de 2014	11
Figura 4	Subestação de Energia de Feitosa 60/15 kV, Ponte de Lima, Junho de 2014	11
Figura 5	Módulos GIS da Subestação de Energia 60/15 kV de Lamações, Braga, Março de 2013	12
Figura 6	Subestação de Energia de Parceiros 60/15 kV, Leiria, Fevereiro de 2014	13
Figura 7	Planta Edifício GIS	14
Figura 8	Planta Salas de Transformação	15
Figura 9	Planta Salas de ventilação	16
Figura 10	Planta Edifício de Comando	17
Figura 11	Características e disposição GIS ELK-04 <sup>[11]</sup>	18
Figura 12	Equipamento GIS de 60 kV da ABB, Leiria, Fevereiro de 2014	19
Figura 13	Ventiladores e atenuadores acústicos, Leiria, Abril de 2014	20
Figura 14	Esquema de Interligação GIS 60 kV, Leiria, Setembro de 2014	24
Figura 15	GIS Local Control Cubicle, Leiria, Abril de 2014	25
Figura 16	Princípio de funcionamento sistema de ventilação <sup>[14]</sup>	29
Figura 17	Planta das áreas abrangidas do sistema de ventilação – Edifício de Comando	31

Figura 18	Planta das áreas abrangidas do sistema de ventilação – Salas de Transformação	32
Figura 19	Planta das áreas abrangidas do sistema de ventilação – Salas de Ventilação	32
Figura 20	Ventiladores FranceAir – 1000AX/25/4/6/14, Leiria, Setembro de 2014	34
Figura 21	Autómato ABB – PM564-DC528-AI562-AO561 Leiria, Setembro de 2014	36
Figura 22	Display ABB – CP620, Leiria, Maio de 2014	36
Figura 23	Gráfico climático da cidade de Leiria <sup>[18]</sup>	38
Figura 24	Boletim climatológico – Agosto 2013 <sup>[19]</sup>	39
Figura 25	Relação entre a Potência de funcionamento e Caudal – Ventiladores FranceAir <sup>[6]</sup>	44
Figura 26	Definição de escala de temperaturas - autómato.	46
Figura 27	Definição de temperaturas Sala 1 - autómato.	46
Figura 28	Definição de escalas Sala 1 – autómato.	47
Figura 29	Definição de saídas para variadores Sala 1 - autómato.	48
Figura 30	Definição de prioridades Sala 1 - autómato.	48
Figura 31	Definição de funcionamento por patamares Sala 1 - autómato.	49
Figura 32	Menu principal no Display autómato.	50
Figura 33	Menu parâmetros de ventilação no Display autómato.	51
Figura 34	Menu Password no Display autómato.	51
Figura 35	Menu temperaturas no Display autómato.	52
Figura 36	Menu alarmes no Display autómato.	52
Figura 37	Planta das áreas abrangidas do sistema de insonorização – Salas de Transformação	63

Figura 38	Planta das áreas abrangidas do sistema de insonorização – Salas de Ventilação	64
Figura 39	Atenuador de insuflação – Salas TP, Leiria, Setembro de 2014	65
Figura 40	Grelha anti-retorno FranceAir GLA – Sala Ventilação 2, Leiria, Setembro de 2014	66
Figura 41	Painel acústico Silent System Silent Panel – Sala Ventilação 1, Leiria, Setembro de 2014	66
Figura 42	Níveis de ruído - ensaios finais sistema de insonorização	68
Figura 43	Níveis de ruído - ensaios finais SE Vilamoura	71



## *Índice de Tabelas*

Tabela 1	Comportamento de diferentes materiais a 20°C, em unidades do Sistema Internacional (SI) <sup>[13]</sup>	22
Tabela 2	Regime de funcionamento dos ventiladores com temperatura interior a subir	27
Tabela 3	Regime de funcionamento dos ventiladores com temperatura interior a descer	28
Tabela 4	Ordem de funcionamento relativa ao “PATAMAR=3”	47
Tabela 5	Ensaio finais de caudal – sala de ventilação 1	56
Tabela 6	Ensaio finais de caudal – sala de ventilação 2	58
Tabela 7	Ensaio finais de caudal – SE Costa da Caparica	60
Tabela 8	Ensaio finais acústicos	69



## *Acrónimos*

ABB	–	Asea Brown Boveri
AT	–	Alta Tensão
BT	–	Baixa Tensão
CDI	–	Central de Intrusão e Extinção
CPPE	–	Companhia Portuguesa de Produção de Eletricidade
EDP	–	Energias de Portugal
EPME	–	Empresa Portuguesa de Montagens Elétricas
GIS	–	<i>Gas Insolated Switchgear</i>
IP	–	Índice de Proteção
LCC	–	Local Control Cubicle
MT	–	Média Tensão
ONAF	–	Óleo Normal, Ar Forçado
PEA	–	Parque Exterior de Aparelhagem
QCV	–	Quadro Comando Ventilação
QIT	–	Quadro de Iluminação e Tomadas
QMMT	–	Quadro Metálico de Média Tensão
REN	–	Rede Elétrica Nacional
RTD	–	<i>Resistance Temperature Detector</i>

- SACA – Serviços Auxiliares de Corrente Alternada
- SACC – Serviços Auxiliares de Corrente Continua
- SE – Subestação de Energia
- SEE – Sistemas Eléctricos de Energia
- SI – Sistema Internacional
- S&P – Soler & Palau

# 1. INTRODUÇÃO

Neste capítulo é feita uma exposição geral do projeto realizado no âmbito da unidade curricular Tese/Dissertação do 2º ano do Mestrado em Engenharia Eletrotécnica, área de especialização em Sistemas Elétricos de Energia.

Inicialmente é feita uma contextualização onde é apresentada a empresa responsável pela obra realizada na Subestação de Energia (SE) de Parceiros, em Leiria, assim como os objetivos definidos para a mesma. Por fim, apresenta-se a organização do trabalho.

## **1.1. ENQUADRAMENTO DE DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO**

No seguimento do desafio de desenvolver o trabalho da dissertação de mestrado, surgiu a necessidade da construção de uma nova SE, derivado do défice no fornecimento de energia elétrica sentido na região de Leiria. A Empresa Portuguesa de Montagens Elétricas (EPME), que possibilitou o enquadramento para o presente, no estatuto de subempreiteiro, contratada pela Asea Brown Boveri (ABB), ficou responsável pelo fornecimento e montagem de todo o sistema de armários de telecomandos; serviços auxiliares; centrais de intrusão e extinção; cablagem; iluminação; climatização; sistema de ventilação e insonorização do edifício adjacente às duas salas de transformação existentes;

assim como montagem de toda a aparelhagem *Gas-Insolated Switchgear* (GIS). A presente SE pertence à Energias de Portugal (EDP).

O trabalho apresentado neste relatório foi elaborado nas instalações da EPME, localizada na zona industrial da Maia, enquadrado no departamento de Subestações de Energia, assim como nas instalações da SE Parceiros.

A EPME é uma empresa internacional, com capital 100% português, que atualmente se dedica à construção, remodelação, manutenção e projeto de SE, linhas de alta tensão e instalações elétricas. Foi fundada em 1984 e integra um conjunto de competências de engenharia elétrica e de serviços, agregando tecnologia de vanguarda. Estas competências permitem à EPME propor uma oferta diversificada.

Com a expansão do negócio a nível internacional, a EPME criou novos postos de trabalho para além das nossas fronteiras, nascendo assim a *EPME França*, *EPME Marrocos*, *EPME Moçambique* e *EPME Tunísia*. Esta empresa opera por todo mundo em diversas áreas operacionais para as quais se encontra qualificada, sendo que, a nível nacional predominam os trabalhos em SE [2].

## **1.2. OBJETIVOS**

Desde a fase da elaboração do projeto que a construção da SE Parceiros prometia alguns desafios a nível de engenharia. Apesar de existirem algumas condicionantes, como por exemplo a definição da estrutura civil, foram estudadas e apresentadas diversas soluções compactas de diferentes fornecedores para elaboração de todo o restante trabalho de sistemas elétricos de energia (SEE) na SE. Esta solução consistiu na apresentação de aparelhagem de barramentos e de seccionamento das linhas AT, assim como todos os sistemas a ele adjacentes, tais como: interligações AT/MT; serviços auxiliares; teleação; central de intrusão e extinção (CDI); ventilação; insonorização; climatização; assim como toda a eletrificação e cablagem de sistemas elétricos.

A proposta selecionada foi apresentada pela ABB que forneceu a tecnologia GIS e recorrendo à EPME instalou todos os serviços adjacentes.

A construção e remodelação de SE, é já uma prática com bastantes anos para a EPME, no entanto nos últimos anos, derivado da exigência social, estas tem vindo a ser compactadas e edificadas para passarem despercebidas em meios urbanos. As tradicionais SE com um parque exterior repleto de barramentos, seccionadores e travessias à vista desarmada cada vez menos são opção de construção para os proprietários, sendo substituídas por tecnologias mais compactas capazes de serem colocadas no interior de edifícios, mantendo a mesma funcionalidade.

A SE Parceiros, construída com base num projeto tipo da EDP com estas novas linhas de construção, trás uma vez mais o desafio de montagem de todo o sistema eletrónico adjacente a uma SE, com exceção do fornecimento do Transformador de Potência (TP) e o equipamento GIS.

Ao longo deste trabalho, serão apresentados os principais desafios adjacentes à temática deste caso de estudo:

- Implementação, instalação e interligação da tecnologia GIS;
- Desenvolvimento de um sistema de ventilação capaz de manter a temperatura ideal das salas de transformação autonomamente;
- Desenvolvimento de um sistema de insonorização capaz de reter os ruídos provocados pelos equipamentos tecnológicos em funcionamento no interior das salas de transformação.

### **1.3. ORGANIZAÇÃO DO RELATÓRIO**

No presente trabalho são apresentadas as principais etapas do caso de estudo da construção da SE Parceiros, em Leiria:

- Identificação das necessidades de resolução das condicionantes identificadas;
- Identificação das várias soluções para ultrapassar as necessidades identificadas (contextualização do ambiente de trabalho e uma breve abordagem sobre Subestações de Energia Elétrica);
- Identificação da solução escolhida e referenciada a respetiva implementação a nível do equipamento GIS, sistema de ventilação e sistema de insonorização.

No último capítulo de análise ao trabalho realizado, serão reunidas as principais conclusões de todo o sistema, já funcional e pronto a ser colocado em serviço.

A figura 1 apresenta um fluxograma que reflete a organização do presente relatório.

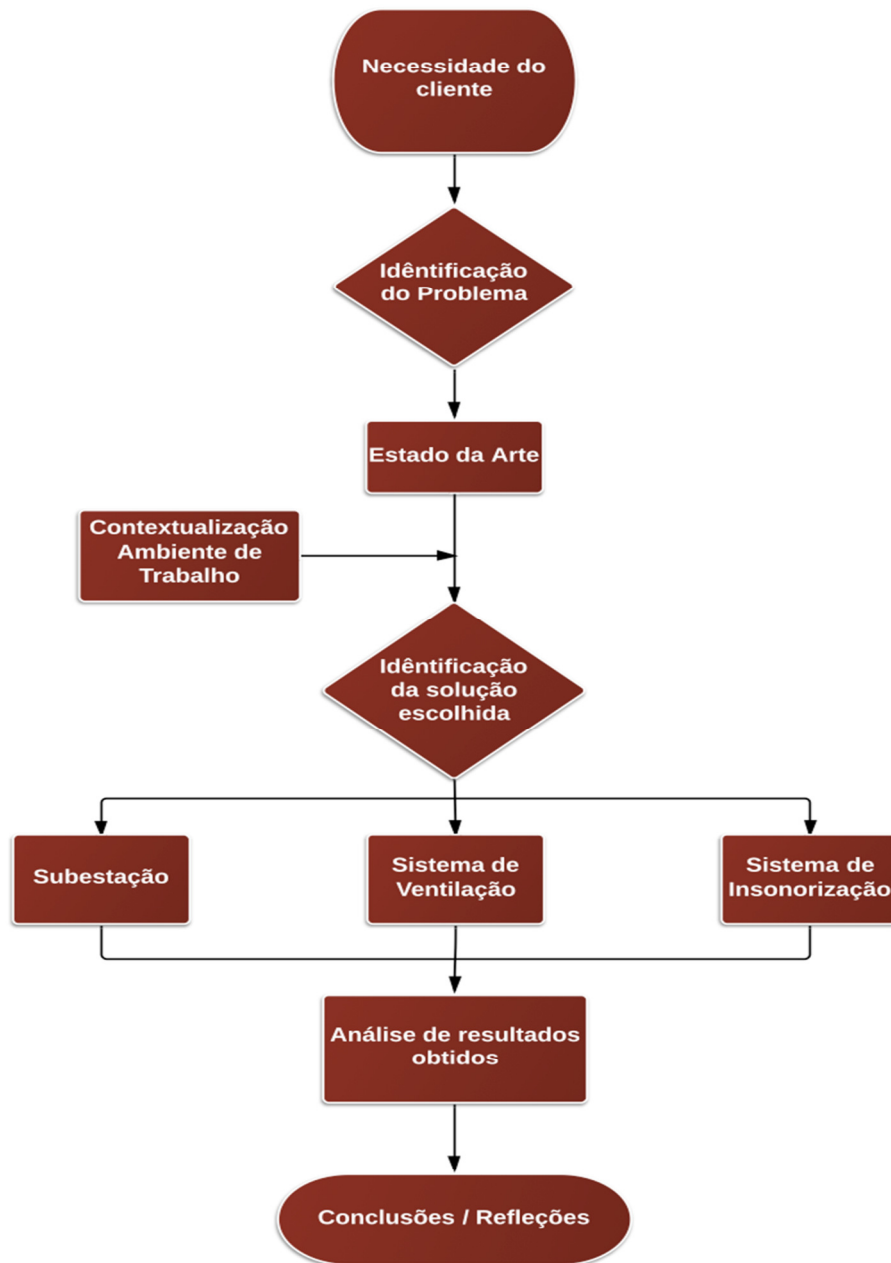


Figura 1 Organização do Relatório

## 2. SUBESTAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

Vivemos numa era em que a energia elétrica é vital para o nosso dia-a-dia. A população mundial está, na sua grande maioria, totalmente dependente da energia elétrica, quer profissionalmente, quer para lazer. Esta dependência é já associada ao desenvolvimento sendo diretamente proporcional ao aumento económico e populacional do planeta. Certo é que, para a construção e funcionamento do mais pequeno brinquedo para crianças, até às grandes ferramentas de trabalho, a energia elétrica é essencial. Hoje em dia são já traçados valores estatísticos com elevada importância social, tais como a diminuição da mortalidade infantil, o aumento populacional e o aumento da expectativa de vida, que estão diretamente relacionados com a utilização de equipamentos que usam a energia elétrica. A energia elétrica tem então um papel fundamental na sociedade atual.

*“Pode dizer-se que cada época tem impressa a marca de problemas fundamentais e, nos nossos dias, um deles é, sem dúvida, o da salvaguarda da qualidade do ambiente.*

*De facto, tendo adquirido o hábito – e talvez mesmo o gosto – de alterar a natureza, conformando-a para o que, de imediato, considerava mais apropriado para expressão feliz da sua vida, o Homem procedeu, nalguns casos tão irracionalmente que exerceu uma*

*verdadeira ação erosiva sobre o seu “habitat”, capaz de comprometer seriamente as perspectivas futuras da espécie.*

*O ruído representou um flagelo para o Homem desde a mais recuada antiguidade, mas é na atualidade que o desenvolvimento decisivo da tecnologia, ao pôr os equipamentos mais diversos à disposição de um número crescente de utilizadores, veio contribuir marcadamente para a elevação das intensidades dos ruídos, em especial nos grandes aglomerados habitacionais, embora deva notar-se que o problema não é exclusivo destes locais de ocupação humana muito densa, pois, mesmo nos locais mais afastados, o Homem é perseguido por múltiplos ruídos, desde os estrondos provocados pelos voos a velocidades supersónicas ao “matraquear” ensurdecedor de veículos diversos. Parece ser de admitir, com Robert Kock, que o ruído – subproduto inevitável da sociedade industrial – terá de ser considerado com a mesma “inexorabilidade” que a cólera ou a peste.”<sup>[3]</sup>*

Na sequência das necessidades da população, foi criada uma rede de transmissão de energia que garantisse a eficácia e eficiência de distribuição de energia, capaz de responder a falhas ou cortes, não prejudicando o consumidor final.

Todo o processo de distribuição de energia elétrica passa por diversas etapas até chegar ao consumidor final. A figura 2 ilustra o processo desde a sua origem até ser disponibilizada na mais comum tomada das nossas casas.

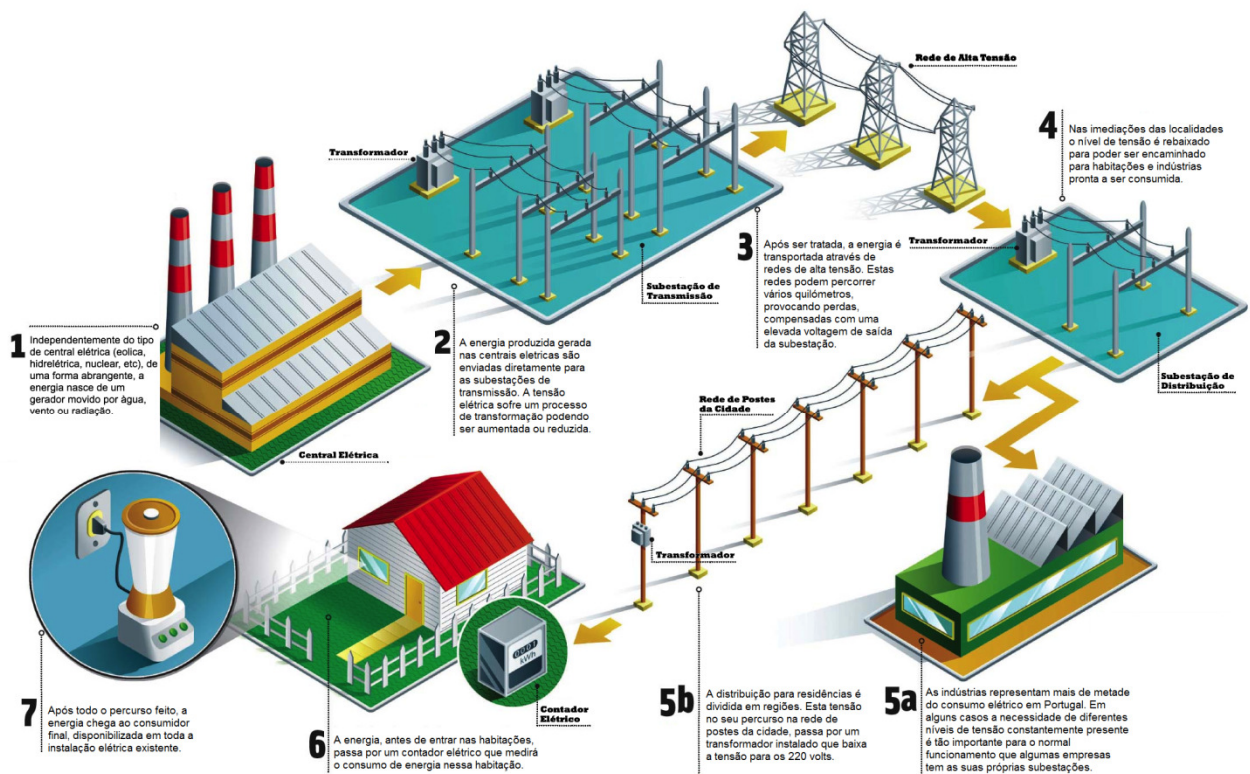


Figura 2 Demonstração do processo de distribuição energética. <sup>[10]</sup>

Pode definir-se uma subestação (SE) de energia elétrica como sendo parte de um sistema de potência, concentrada num determinado local que interliga as extremidades de linhas de transmissão e/ou distribuição, com os respetivos dispositivos de manobra, controle e proteção. Estas podem incluir: obras civis; estruturas de montagem; transformadores; conversores; entre outros equipamentos.

Atualmente, a presença de SE em Portugal é já uma prática comum. Derivado ao bom desenvolvimento tecnológico do sector elétrico, o nosso país está entre os mais desenvolvidos neste campo. Este sucesso a nível elétrico deve-se à boa resposta das grandes empresas que comercializam a energia elétrica no nosso país, face às necessidades da população.

Neste sentido, foi colocado o desafio de estudo de uma solução para equipar os edifícios da SE Parceiros com uma tecnologia compacta, no entanto, 100% funcional, comparativamente à convencional. Foi proposto o equipamento GIS da ABB, com o modelo ELK-04<sup>[4]</sup>, este é um modelo compacto e encapsulado com gamas de valores

dentro dos limites impostos em projeto. Permite adicionar os módulos pretendidos de acordo com as linhas AT existentes, e dadas as suas reduzidas dimensões, permite que seja instalada facilmente dentro de edifícios. Dentro desta gama modular e flexível da GIS existem também os modelos ELK-14, ELK-3, ELK-4 e ELK-5, no entanto, apenas os modelos ELK-04 e ELK-14 são trifásicos, de acordo com as especificações requisitadas em projeto. O modelo apresentado para a SE Parceiros é um modelo de gama inferior ao outro modelo trifásico, no entanto garante todos os requisitos técnicos, pois é de inferior volume e mais económico. Desta forma foi o equipamento mais adequado a selecionar para esta SE.

Dada a necessidade de funcionamento do complexo sistema de ventilação, a ventilação forçada das salas TP, destinada a evacuar a energia de perdas dos TP, será realizada através de ventiladores instalados nas salas na cobertura destinadas à saída de ar – as salas de ventilação.

Dado a SE situar-se numa zona urbana, foi necessário prover o sistema de ventilação e de insonorização nas entradas e saídas de ar para atenuar os efeitos no exterior da produção sonora dos TP e dos ventiladores. De forma a proteger o material de insonorização e limitar a entrada de poeiras foi ainda necessário instalar filtros nas entradas de ar <sup>[5]</sup>.

O sistema de ventilação e insonorização das salas de transformação representaram também uma das maiores preocupações por parte dos proprietários da SE. Uma vez que o TP da SE é capaz de atingir elevadas temperaturas durante o seu funcionamento, há a necessidade de controlar a temperatura interior da sala de transformação para a que o ruído provocado pelas principais máquinas seja atenuado de forma a não perturbar a população vizinha. Para solucionar este requisito, foi apresentada uma solução que controlava autonomamente a temperatura das salas de transformação e, com recurso a atenuadores acústicos, insonorizavam o excesso de ruído causado pelas máquinas para o exterior.

Os ventiladores propostos são da marca e modelo FranceAir – 1000AX/25/4/6/14 <sup>[6]</sup>. A escolha deste equipamento deve-se ao facto de cumprir os requisitos de projeto, capaz de suportar gamas de potência e caudais acima do solicitado. Como alternativa a este equipamento, possuímos a opção dos ventiladores da marca Soler & Palau (S&P) e modelo CGT/4/8-900-9/28-15,5/2,7kW-400V-50HZ <sup>[7]</sup>. Com a experiência de uso deste equipamento em anteriores projetos, este apresenta consumos instantâneos elevados, comparativamente ao equipamento proposto, e um custo associado superior.

Os atenuadores acústicos propostos são da marca e modelo FranceAir – 57EAE6G8JQ<sup>[8]</sup>. A escolha destes equipamentos para quebrar a passagem de ruído para o exterior, têm uma estrutura feita em aço galvanizado e possuem um apêndice aerodinâmico no sentido oposto à circulação do ar e uma secção de 2000x2000 mm e 1800 mm de comprimento. Estes aparelhos garantem um nível acústico nos limites da propriedade de modo a não exceder os decibéis (dB) impostos por lei. Como alternativa a este equipamento, possuímos a opção dos atenuadores acústicos da marca Acustermia e modelo ATC, ATN e ATX<sup>[9]</sup>. Estes, têm como desvantagem a necessidade de manutenção com maior frequência e apresenta materiais menos rígidos, em relação ao modelo proposto, o que com o tempo acaba por provocar maiores vibrações.

As soluções escolhidas oferecem, em conjunto com um sistema autónomo em quadro elétrico, um sistema funcional capaz de garantir as condições ideais de funcionamento sem obrigação de intervenção humana. Para além disso, em caso de falha, o sistema notifica a central de comando da SE de qualquer anomalia. Desta forma, foi possível integrar uma solução de alta qualidade, com características acima dos requisitos exigidos e com baixo custo para o equipamento em questão.

## **2.1. FUNÇÕES DAS SUBESTAÇÕES DE ENERGIA**

As SE desempenhando um dos principais papéis na transformação e distribuição da energia, têm como função garantir uma segurança máxima de todo o serviço e operação na cadeia dos sistemas elétricos de potência. Estas desempenham uma proteção do sistema de transmissão e controlo de troca de energia, assegurando a estabilidade do estado de transição constante de energia. Ocorrendo falhas ou defeitos a rede, são desligados autonomamente ou através de comandos de teleação, sendo que o reabastecimento energético é feito através de comutações e manobras permitindo que outras SE consigam cobrir a zona de falha.

Não menos importante, e para que todos os processos sejam possíveis de serem executados, as SE têm funções primárias no seu funcionamento. A transformação de energia altera os níveis de tensão de forma a adaptá-los de acordo com as necessidades de transmissão, distribuição e respetivo consumo. Assim, para além da transformação, uma SE regula também os níveis de tensão com o intuito de os manter dentro dos limites

aceitáveis e admissíveis. No sistema de transmissão ou de distribuição, estas conectam ou desconectam componentes do sistema para controlar o fluxo energético e poder isolar possíveis defeitos, assegurando a continuidade de energia elétrica.

Derivado ao complexo funcionamento de uma SE, existem diversos parâmetros que estas centrais tecnológicas devem estar preparadas para prevenir e atuar nas diferentes adversidades que possam ocorrer. As SE fazem o corte de carga na rede e previnem a perda de sincronismo de forma a manter a frequência de todo o sistema dentro dos limites de transmissão. Efetuam o controlo de tensão ao reduzir o fluxo de potência reativa por compensação de energia. A transmissão de dados é feita através da linha transportadora com o intuito de monitorizar, controlar e proteger a rede. Esta monitorização permite a deteção de falhas e respetivas causas, permitindo assim um controlo mais rigoroso e uma possibilidade de introdução de melhorias no sistema.

Em casos pontuais, as SE podem ter também o papel de modificar características originais da energia. Estas SE são designadas de conversoras e tem como função modificar a frequência ou então a corrente alterna para corrente contínua e vice-versa.

## **2.2. TIPOS DE SUBESTAÇÃO DE ENERGIA**

Na atualidade, a exigência de satisfazer diversos e diferentes tipos de necessidades de consumo energético faz com que existam diferentes tipos de SE. Estas podem ser classificadas por níveis de tensão: na sua construção; na base da configuração; e com base sua aplicação.

Os tipos de SE classificadas com base em níveis de tensão são: SE de alta tensão (AT); média tensão (MT); e baixa tensão (BT) e podem ser dedicadas a um tipo de tensão ou conjugação de mais do que um tipo, consoante a exigência.

A figura 3 mostra a SE Maranhão, situada na localidade de Avis, que alimenta diferentes zonas circundantes da região em níveis de tensão AT e MT.



**Figura 3** Subestação de Energia 60/30/6 kV de Maranhão, Avis, Julho de 2014

Analisando o tipo de construção, estas podem ser interiores ou exteriores. A diferença mais notória, encontra-se na exposição de grande parte do equipamento, descoberto no parque exterior de aparelhagem (PEA), nas instalações exteriores. Nas instalações do tipo interior é colocada toda a tecnologia dentro de edifícios. A construção interior beneficia o proprietário relativamente a questões legais de estética destes locais, no entanto, o preço destas instalações são por norma mais elevados comparativamente com as instalações de PEA.

Um exemplo de uma SE com tipo de construção exterior, é a SE Feitosa, situada na localidade de Ponte de Lima, conforme ilustrado na figura 4, onde é possível visualizar todo o equipamento instalado no PEA.



**Figura 4** Subestação de Energia de Feitosa 60/15 kV, Ponte de Lima, Junho de 2014

Os tipos de SE classificadas com base na configuração, estão diretamente relacionados com o tipo da construção pela necessidade tecnológica de uso em diferentes tipos de instalações.

Usualmente existem três configurações distintas:

- As SE com PEA, são de ar convencional isoladas. Todas as grandes aparelhagens encontram-se expostas ao meio ambiente.
- As SE protegidas dentro de edifícios, onde a tecnologia GIS usada recorre a Gás SF<sub>6</sub>, conforme ilustrado na figura 5, a instalação dos módulos instalados na SE Lamações, na cidade de Braga.
- O último tipo de configuração é a conjugação de ambas as tecnologias, quando se verifica numa SE um sistema exterior de ar convencional isolado e simultaneamente um sistema interior de SF<sub>6</sub>, GIS.



**Figura 5** Módulos GIS da Subestação de Energia 60/15 kV de Lamações, Braga, Março de 2013

Por fim, o tipo de SE pode ser classificado com base na sua aplicação. Existem diversos tipos de aplicação, entre os quais:

- SE primária, onde é criado um centro de carga adequado ao longo das linhas de transmissão primária;
- SE secundária, onde é criado um centro de carga adequado ao longo da linha de transmissão secundária;
- SE de distribuição, onde é reduzida a tensão de transmissão para tensão de distribuição;

- SE industrial, onde tal como a SE de distribuição, reduz a tensão de transmissão para tensão de distribuição mas para consumidores específicos;
- SE móvel, usadas para exigências temporárias, de dimensões reduzidas comparativamente com o tamanho de uma SE.

### **2.3. SUBESTAÇÃO DE PARCEIROS**

A SE Parceiros, alvo do desenvolvimento do presente trabalho, está situada na Rua do Carvalhal, na freguesia de Parceiros, conselho de Leiria e destina-se a transformar a energia recebida em energia adequada para consumo em diferentes localidades da malha urbana da região. A figura 6 mostra a SE Parceiros.



**Figura 6 Subestação de Energia de Parceiros 60/15 kV, Leiria, Fevereiro de 2014**

#### **2.3.1. DIVISÃO, ESTRUTURAÇÃO E MAPEAMENTO DOS EDIFÍCIOS**

O presente projeto foi idealizado com base na condicionante estrutura, que estava previamente definida e construída, pelo que, todas as soluções foram apresentadas com base no projeto já existente. A SE Parceiros apresenta uma estrutura em edifício fechado, sem o tradicional PEA.

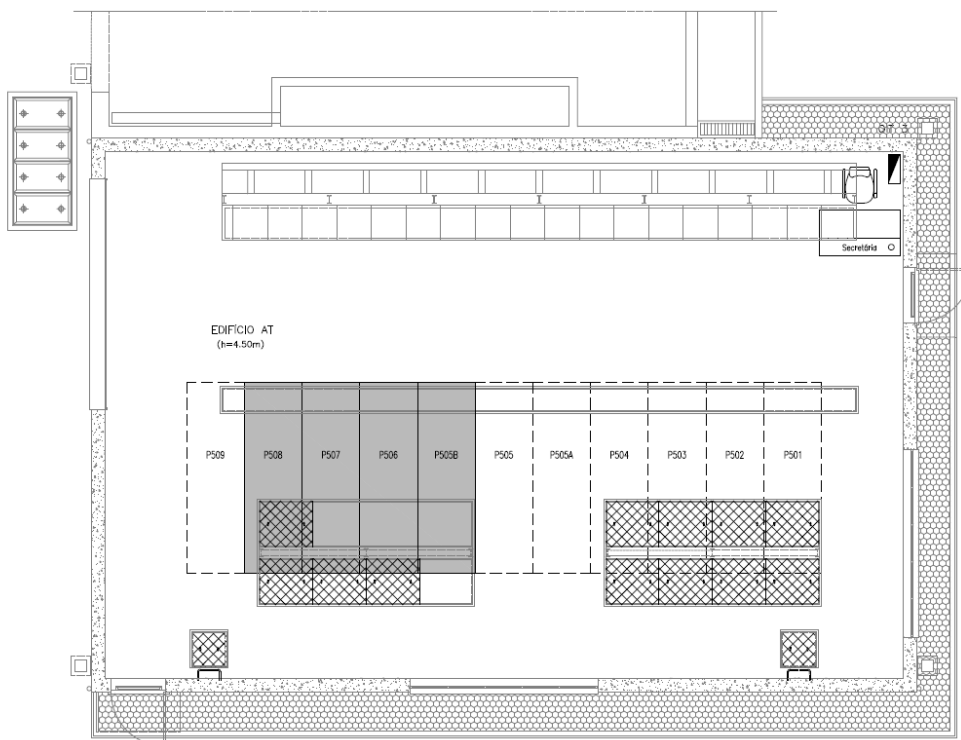
A SE Parceiros é constituída por três edifícios independentes:

- Edifício Posto de 60 kV, que alberga no seu interior um posto de 60 kV em tecnologia GIS;
- Edifício de Painéis Linha-Transformador AT/MT;
- Edifício de Comando e do Posto de 15 kV.

A estrutura da SE Parceiros pode ser vista no anexo A.

O Edifício do Posto de 60 kV, ilustrado na figura 7, irá albergar o Posto de Seccionamento de 60 kV, onde se encontram instalados os barramentos AT, constituídos por um equipamento blindado, isolado a SF6, designado neste documento como Equipamento AT GIS, assim como os respetivos armários, designados por *Local Control Cubicle* (LCC). O Posto de Seccionamento de 60 kV será previsto para 12 celas, com as seguintes funções:

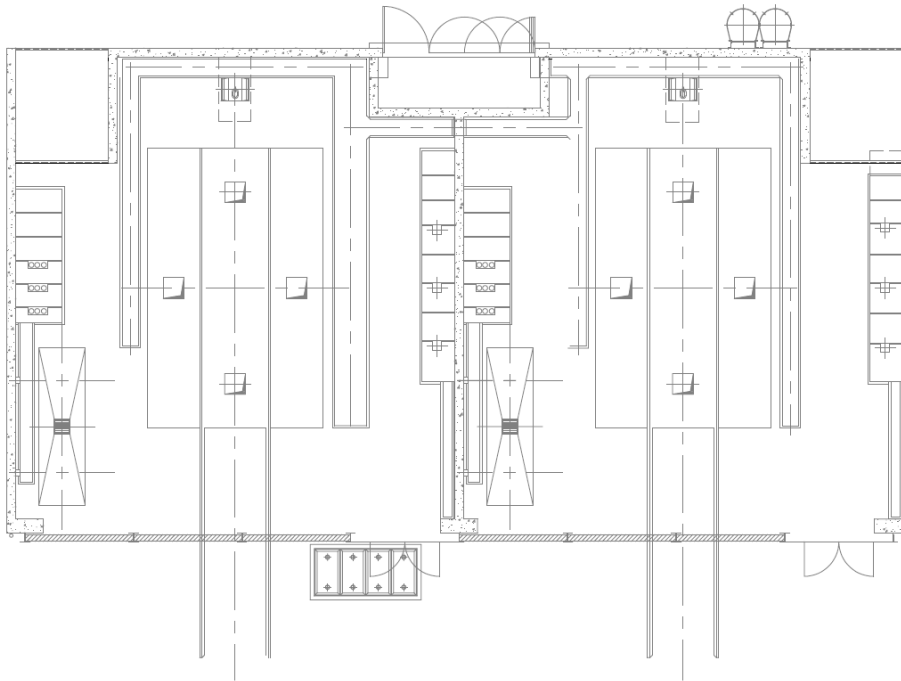
- 2 Celas de Saída para Transformador de Potência;
- 7 Celas de Chegada ou Saída de Linha;
- 1 Cella de Seccionamento de Barras;
- 2 Celas de Potencial de Barras.



**Figura 7 Planta Edifício GIS**

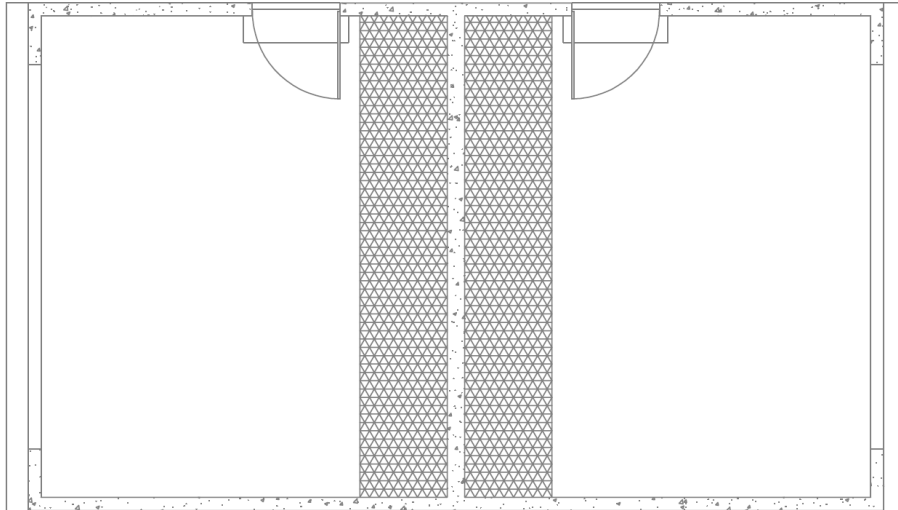
O Edifício dos Painéis de Linha-Transformador AT/MT será preparado para 2 painéis de transformação de 60/15 kV, 31,5 MVA, cada qual com Seccionador AT de montagem vertical, facas de terra e descarregadores de sobretensões de fase e de neutro de 60 kV e de 15 kV. Nos 15 kV, o Transformador de Potência será ligado à terra através de Reatância de Neutro Artificial. Em cada Sala de Transformador de Potência serão instalados também um Transformador de Serviços Auxiliares e uma Reatância de Neutro Artificial. Estas duas salas são de iguais dimensões, espelhadas uma da outra conforme ilustra a figura 8. Apenas uma das salas de transformação se encontra devidamente equipada (sala de transformação 2, do lado direito), servindo a segunda para uma futura necessidade.

Este edifício contém também um compartimento onde é armazenado todo o equipamento de extinção de incêndio.



**Figura 8 Planta Salas de Transformação**

No piso superior das salas de transformação, encontram-se outras duas salas com dimensões inferiores, como ilustra a figura 9. Estas duas salas albergam os principais equipamentos de circulação de ar, sendo assim dedicadas ao sistema de ventilação de cada uma das salas de transformação e apesar da existência de uma sala de transformação dedicada a reserva para uso futuro, estas salas encontram-se ambas equipadas.



**Figura 9 Planta Salas de ventilação**

O Edifício de Comando e do Posto de 15 kV será idêntico ao Edifício do Projeto Tipo de Subestações da EDP Distribuição (versão de 2006).

Neste edifício serão montados os armários de comando/proteção/automatismo digitalizado correspondentes aos 60 kV e aos 15 kV; os serviços auxiliares; as contagens; os retificadores; as baterias e o posto de 15 kV, constituído por um Quadro Metálico de Média Tensão (QMMT), em U, previsto para 31 celas com as seguintes funções:

- 2 Celas de Chegada do Transformador de Potência;
- 20 Celas de Saída;
- 2 Celas de Saída para ligação de Transformadores de Serviços Auxiliares e de Reactâncias de Neutro artificial;
- 2 Celas de Saída para ligação de Bateria de Condensadores;
- 1 Cella de Seccionamento de Barras;
- 2 Celas de Subida de Barras contendo, também, os Armários de Reagrupamento de Cabos;
- 2 Celas de Potencial de Barras. <sup>[12]</sup>

Os principais armários que comandam a SE, permitem estabelecer a intercomunicação com a SE e a central de comando (despacho da EDP), os armários dos S.A.C.A. e S.A.C.C. alimentam todos os circuitos da SE com 120 VAC, 110 VCC e 48 VCC e todos os armários existentes neste edifício. Estão também instaladas neste edifício as centrais de

intrusão e extinção (CDI), quadro de iluminação e tomadas (QIT), quadro de comando da ventilação, armário de comunicações, armário de contagem de energia, armário de baterias e todo o barramento de MT. A figura 10 mostra a disposição estrutural do interior do edifício de comando, assim como dos principais equipamentos nele instalados. Tendo em conta a desvantagem presente deste edifício se encontrar separado dos restantes, os equipamentos foram distribuídos da forma mais conveniente tendo em vista todas as interligações adjacentes aos armários de comando.



**Figura 10 Planta Edifício de Comando**

## 2.4. TECNOLOGIA GIS

A tecnologia GIS tem sido melhorada significativamente nos últimos anos derivado à grande e recente adesão a estes equipamentos. Esta tecnologia consiste na comutação de processos, recorrendo a gás SF<sub>6</sub> para garantir melhor isolamento entre o barramento e a câmara dentro da estrutura da GIS. Este sistema é bastante compacto quando comparado com as estruturas instaladas nos PEA e permitem a armazenagem dentro de edifícios.

O equipamento GIS adjudicado para instalação na SE Parceiros pertence à empresa ABB, com o modelo ELK-04. Trata-se de um modelo trifásico encapsulado, com capacidade de suportar tensões acima de 170kV, 63kA e 4000A. A figura 11 mostra as características e disposição do modelo ELK-04 da GIS.

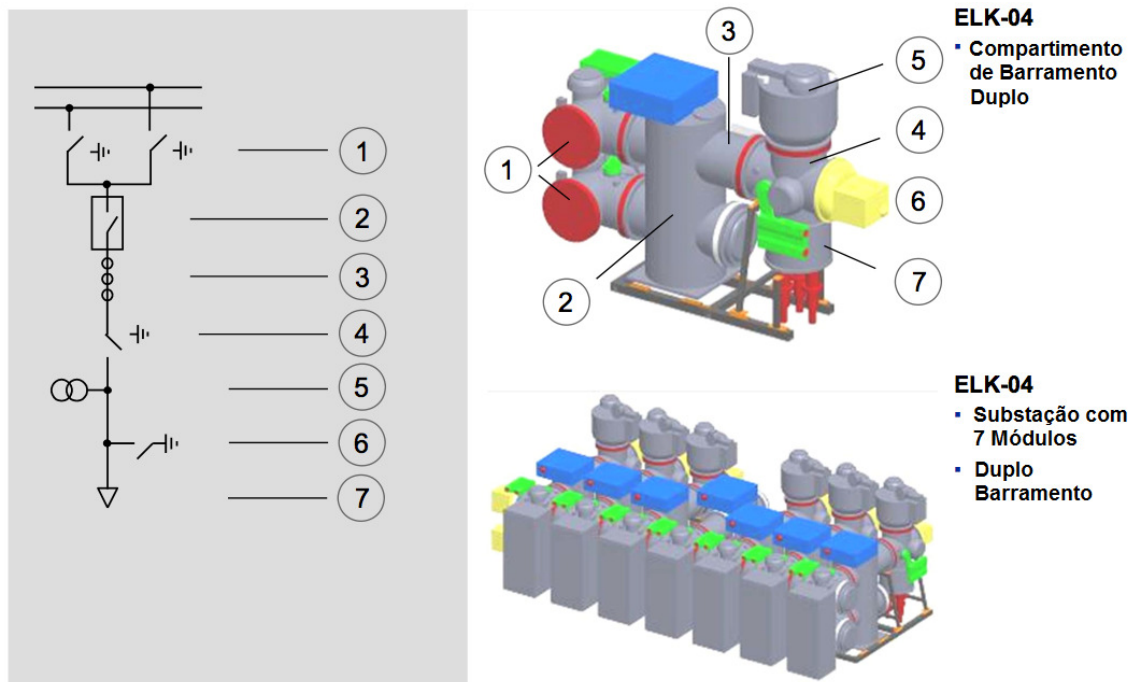


Figura 11 Características e disposição GIS ELK-04 <sup>[11]</sup>

Legenda:

- 1 – Seccionador de barramento com ligação à terra;
- 2 – Disjuntor;
- 3 – Transformadores de corrente;
- 4 – Abertura de seccionador de linha e ligação à terra;
- 5 – Transformador de tensão;
- 6 – Seccionador de terra;
- 7 – Cabo de saída.

Este equipamento tem como grandes vantagens:

1. Não ter qualquer influência nas condições ambientais;
2. É modular, flexível e de volume otimizado;
3. Possui volume mínimo de gás isolante, aperto de gás de alta;
4. Funcionamento de confiança em altitudes elevadas (> 1000m);
5. Elevada confiabilidade e disponibilidade;
6. Possui um longo tempo de vida económico (>40 anos);

A figura 12 mostra a disposição dos módulos ELK-04 da tecnologia GIS instalados no interior do edifício GIS.



**Figura 12 Equipamento GIS de 60 kV da ABB, Leiria, Fevereiro de 2014**

## **2.5. SISTEMA DE VENTILAÇÃO E INSONORIZAÇÃO**

Os Sistemas de Ventilação e Insonorização são o foco principal deste estudo. Estes têm como principais funções assegurar a temperatura ideal de funcionamento das salas de transformação e insonorizar o ruído produzido pelos equipamentos de forma a cumprir os decibéis impostos e não perturbar a população vizinha.

As salas de transformação alojam os principais equipamentos do processo de transformação de energia como o transformador de potência (TP); transformador de

serviços auxiliares (TSA); reatância de neutro (RN); seccionadores; armários de interligação; atenuadores acústicos; etc. Desta forma este edifício é mais propício a sofrer grandes variações de temperatura. Estas variações estarão sempre dependentes de diversos fatores, tais como, a temperatura exterior e a quantidade de equipamentos em funcionamento.

O sistema de ventilação é responsável por efetuar uma gestão eficaz de temperatura de cada um dos edifícios de transformação. Este, tem associado um conjunto de equipamentos controlados por um autómato, que será o “cérebro” de todo o procedimento e está programado com um conjunto de tarefas que de acordo com valores de temperatura interior e exterior ao edifício, ativará um circuito de ventilação que por sua vez, movimentará um determinado caudal de ar de forma a libertar temperatura em excesso ou por defeito.

Por sua vez, o sistema de insonorização irá quebrar o ruído que todos estes equipamentos poderão provocar. O funcionamento do TP com o sistema “Óleo Normal, Ar Forçado” (ONAF), em conjunto com os ventiladores e circulação de ar, são capazes de provocar um ruído com nível elevado de decibéis. Desta forma, foi projetada e instalada uma solução com recurso a atenuadores acústicos, com características capazes de provocar uma quebra drástica na libertação do ruído para o exterior e evitar que se propague para a vizinhança.

A figura 13 mostra a estrutura que envolve os principais equipamentos dos sistemas de ventilação e insonorização: os ventiladores e o atenuador acústico, instalados nas salas de ventilação.



**Figura 13 Ventiladores e atenuadores acústicos, Leiria, Abril de 2014**

Esta necessidade de criar um sistema capaz de controlar as temperaturas existentes no interior das salas, deve-se ao diferente comportamento dos equipamentos durante o seu normal funcionamento face à temperatura a que se encontram.

A resistência de um condutor depende da temperatura. Verifica-se genericamente que, com o aumento da temperatura, a resistência diminui nos líquidos, nos gases e nos semicondutores e aumenta nos metais.

Nos líquidos e gases, a elevação de temperatura tem dois efeitos contrários:

- A elevação de temperatura num líquido ou num gás facilita a ionização dos átomos (ou moléculas) constituintes da substância, pois tal pode corresponder a que seja fornecida a energia necessária para que se formem iões (positivos e/ou negativos) no meio. Assim, o aumento de temperatura acarreta a possibilidade de maior número de cargas elétricas estarem disponíveis para se deslocarem, com a consequente diminuição da resistência.
- A elevação de temperatura, por outro lado, provoca maior “agitação” dos átomos (moléculas) no líquido ou gás e, portanto, aumenta a probabilidade de “choque” entre as suas partículas constituintes com o consequente aumento da resistência.

No entanto, dado que as distâncias interatómicas (intermoleculares) nos líquidos e gases aumentam à medida que a temperatura aumenta, o primeiro efeito é preponderante relativamente ao segundo e, portanto, a elevação de temperatura favorece a condução de corrente elétrica, isto é, a resistência diminui.

Nos metais, a elevação de temperatura aumenta a agitação térmica da rede e, portanto, a probabilidade de choque dos eletrões do metal com iões da rede cristalina. Por outro lado, é muito difícil que os outros eletrões do metal se libertem (eletrões de níveis energéticos interiores dos átomos do metal), pois a energia necessária para que tal suceda é extremamente elevada. Portanto, no metal, a elevação de temperatura não contribui para que um maior número de cargas elétricas adquira a mobilidade necessária para que seja possível a contribuição para a corrente elétrica. A elevação de temperatura num metal dificulta, assim, a condução de corrente elétrica. Logo, a resistividade e a resistência aumentam [13]:

$$R(\theta) = \rho(\theta) \frac{l}{S}$$

onde:

$R(\theta)$  – Resistência a uma temperatura  $\theta$ ;

$\rho(\theta)$  – Resistividade a uma temperatura  $\theta$ ;

$l$  – Comprimento material;

$S$  – Secção do material.

Diferentes materiais tem diferentes comportamentos face à temperatura. Dado que as salas de transformação contém grandes equipamentos de funcionamento, compostas por diversos materiais, a necessidade do controlo da temperatura presente é um ponto sensível e fundamental para o bom funcionamento de todos os equipamentos.

A título exemplificativo, a tabela 1 indica os valores da resistividade, da condutividade e do coeficiente de temperatura, a 20°C de temperatura ambiente, para diversos materiais presentes nos equipamentos instalados.

**Tabela 1 Comportamento de diferentes materiais a 20°C, em unidades do Sistema Internacional (SI) <sup>[13]</sup>**

<b>Material</b>	<b>Resistividade <math>\rho</math> a 20°C (em <math>\Omega.m</math>)</b>	<b>Condutividade <math>\gamma</math> a 20°C (em S/m)</b>	<b>Coeficiente de Temperatura <math>\alpha</math> (em <math>^{\circ}C^{-1}</math>)</b>
<b>Prata</b>	$1,6 \times 10^{-8}$	$6,3 \times 10^7$	$3,8 \times 10^{-3}$
<b>Cobre</b>	$1,7 \times 10^{-8}$	$5,9 \times 10^7$	$3,9 \times 10^{-3}$
<b>Alumínio</b>	$2,8 \times 10^{-8}$	$3,6 \times 10^7$	$3,7 \times 10^{-3}$
<b>Zinco</b>	$6,3 \times 10^{-8}$	$1,6 \times 10^7$	$3,7 \times 10^{-3}$
<b>Ferro</b>	$1,0 \times 10^{-8}$	$1,0 \times 10^7$	$5,0 \times 10^{-3}$

# 3. IMPLEMENTAÇÃO DA TECNOLOGIA GIS E SISTEMAS DE VENTILAÇÃO E INSONORIZAÇÃO

Após a avaliação e aprovação das soluções apresentadas, foi iniciado o processo de implementação. No presente capítulo são descritos os temas fulcrais da construção da SE Parceiros diretamente relacionados com o enquadramento em malha urbana.

## 3.1. IMPLEMENTAÇÃO DA TECNOLOGIA GIS

### 3.1.1. INSTALAÇÃO MÓDULO GIS

Perante a necessidade de criar duas novas linhas AT, após análise, estudos e aprovação, foram instalados quatro módulos GIS (um módulo de duas saídas AT, um painel TP e um painel interbarras, como mostra a figura 14, preparando assim, a instalação

para a necessidade de colocar um segundo barramento, alimentados por um futuro TP. Dadas as elevadas dimensões de cada módulo, cerca de 1,0 x 3,6 x 2,7 metros e o elevado peso, cerca de 2400 quilogramas [11], estes foram instalados com recurso a um camião grua que possibilitou tanto a colocação dentro do edifício, assim como a rápida interligação entre os quatro módulos.

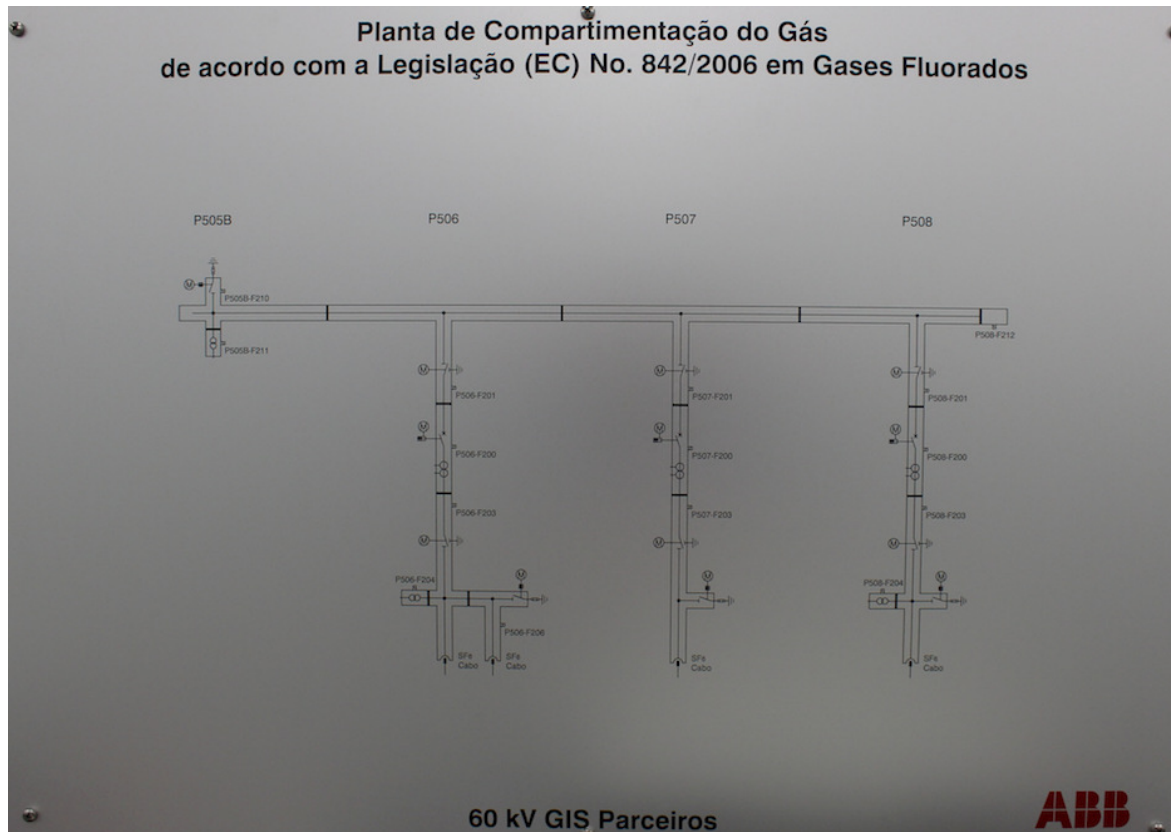


Figura 14 Esquema de Interligação GIS 60 kV, Leiria, Setembro de 2014

De forma simples e funcional, foram instalados os LCC de cada painel em frente a cada módulo GIS, possibilitando assim facilmente interligar LCC com os respetivos módulos numa curta distância. Esta solução poupou horas de trabalho na passagem de cabos, assim como na quantidade de cabo despendido.

### 3.1.2. INTERLIGAÇÕES

De forma a monitorizar todo o funcionamento do equipamento, os LCC em conjunto com a sala de comando, controlam todo o funcionamento da aparelhagem GIS, desde abertura de disjuntor geral, seccionadores assim como reportam qualquer anomalia no

normal funcionamento. Desta forma, após entrada em funcionamento, possibilitará um controlo por teleação de todas as manobras da GIS. Todos os comandos são dados através de sinalizações controladas por um conjunto de relés que acionam manobras de operação, designados relés de comando. Existem também relés de sinalização que em sentido inverso, enviam para a central qualquer informação de operação manual realizado no local, ou anomalia no funcionamento.

Para que esta comunicação entre proteções instaladas nos diferentes armários e a central de controlo seja possível, foi necessário haver cablagem de interligação entre os armários LCC, representados na figura 15, serviços auxiliares e QMMT.

Dada a evolução tecnológica, os convencionais cabos de bainha de chapa usados para este tipo de sinalizações foram ultrapassados com o aparecimento da fibra ótica, que garante maior fiabilidade, estabilidade e eficácia na transmissão de sinais de comunicação. Neste sentido, foi a preferência a usar na instalação em todas as interligações de controlo.



**Figura 15 GIS Local Control Cubicle, Leiria, Abril de 2014**

## **3.2. SISTEMA DE VENTILAÇÃO**

O sistema de ventilação da SE Parceiros é essencial para o bom desempenho de todo o equipamento e da SE em geral, no entanto representa a maior preocupação com as normas legais. Este sistema possui um conjunto de aparelhos associados que apesar do desenvolvimento tecnológico, produzem um elevado ruído. Com a preocupação de não cumprir com as gamas tecnológicas e objetivos de funcionamento necessários, este sistema foi desenvolvido a par com o sistema de insonorização.

### **3.2.1. OBJETIVOS E PRINCIPIO DE FUNCIONAMENTO**

O presente sistema tem em vista o auxílio da climatização das salas de transformação. Como já referido, estas salas possuem a principal máquina de funcionamento de uma SE: o TP.

Com o objetivo de melhorar as condições de funcionamento existentes numa SE, surgiu a ideia da criação de uma solução automatizada capaz de comandar autónomamente a ventilação e a climatização das salas de transformação. Sumariamente, esta solução será baseada em autómatos programáveis, que vão comandar o funcionamento do sistema de ventilação. Estes, têm o objetivo de controlar a temperatura ambiente através da coordenação das temperaturas interior/exterior. De salientar que nesta solução a insonorização da sala de ventilação e transformação de energia será parte integrante do projeto, retratada no seguimento deste relatório.

Os ventiladores serão as principais máquinas no funcionamento da ventilação. Estes funcionarão em paralelo mediante a temperatura das salas de transformação em regime de variação de velocidade. A variação da temperatura da sala será em função da carga do TP e da temperatura exterior do ar da ventilação de modo a que a temperatura interior não exceda 45°C. A temperatura da sala é aferida por sondas de temperatura ambiente que comunicam com o controlador de modo a comandar o regime de funcionamento dos variadores de frequência que servem os ventiladores. Desta forma temos que, de acordo com a tabela 2, para o caso inicial da subida de temperatura, para valores de temperatura inferiores a 27°C não é dada qualquer ordem de atuação do sistema de ventilação, uma vez que até essa temperatura não é considerada crítica para o funcionamento dos equipamentos

instalados. Uma vez atingida a temperatura de 27°C é ativado um ventilador com uma frequência de funcionamento de 20 Hz, fazendo com que o ventilador em funcionamento faça circulação mínima de 20% do caudal. Quando a temperatura interior da sala de transformação atinge os 30°C é ativado o segundo ventilador com a mesma frequência de forma que ficam presentes dois ventiladores em funcionamento com uma frequência de 20 Hz cada um, totalizando a circulação mínima de 40% do caudal. A partir deste temperatura, para possibilitar maior eficácia no controlo da temperatura interior das salas de transformação, serão sempre mantidos os dois ventiladores em funcionamento. Atingindo os 34°C, a frequência de funcionamento de cada ventilador aumenta para os 24 Hz, provocando uma aceleração no funcionamento dos ventiladores, sendo possível um valor mínimo de 60% do caudal. Para a temperatura de 38°C, a frequência de funcionamento de cada ventilador é de 32 Hz, possibilitando circulação de 80% do caudal, proximo do valor total. Esse valor total, 100% do caudal, é obtido com o funcionamento de cada ventilador com a frequência de 37 Hz. Esta é a hipótese extrema que coloca os dois ventiladores ao máximo funcionamento para possibilitar a descida da temperatura.

**Tabela 2 Regime de funcionamento dos ventiladores com temperatura interior a subir**

<b>Temperatura interior (°C)</b>	<b>% Caudal</b>	<b>Frequência (Hz)</b>	<b>Número de ventiladores em funcionamento</b>
21	0	0	0
24	0	0	0
27	20%	20	1
30	40%	20	2
34	60%	24	2
38	80%	32	2
43	100%	37	2

Para minimizar a possibilidade de uma nova subida de temperatura nas salas de transformação, foi igualmente implementado um processo de funcionamento para a descida da temperatura, conforme é possível analisar na tabela 3.

Para o caso da temperatura atingida ser igual ou superior a 43°C e esta esteja já em decréscimo, é mantido o caudal máximo, com a frequência de funcionamento de cada ventilador de 37 Hz, até atingir o nível de 38°C. A partir desta temperatura, a frequência de funcionamento vai baixando progressivamente, consoante as temperaturas inferiores que vão sendo atingidas, diminuindo conseqüentemente o caudal. Apenas quando são atingidos valores de temperatura inferiores a 24°C, os ventiladores entram em repouso, uma vez atingida a temperatura considerada boa para funcionamento dos equipamentos instalados.

Este princípio de funcionamento para a descida da temperatura possibilita que para qualquer temperatura crítica atingida, após ventilação do interior do edifício, mantenha o mesmo nível de funcionamento até atingir o patamar inferior de temperatura, dando melhores possibilidade de sucesso no objetivo de funcionamento.

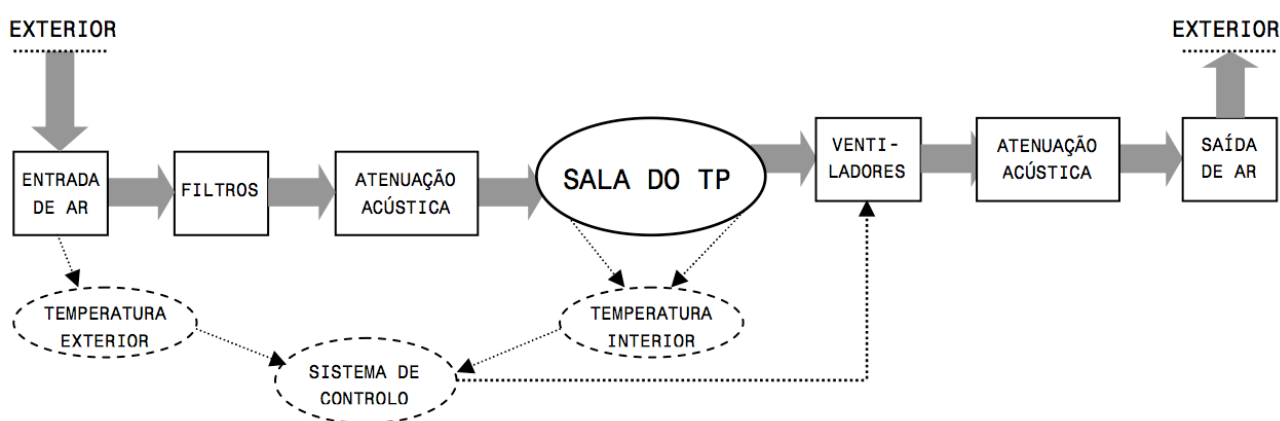
**Tabela 3 Regime de funcionamento dos ventiladores com temperatura interior a descer**

<b>Temperatura Interior (°C)</b>	<b>% Caudal</b>	<b>Frequência (Hz)</b>	<b>Número de ventiladores em funcionamento</b>
<b>43</b>	100%	37	2
<b>38</b>	100%	37	2
<b>34</b>	80%	32	2
<b>30</b>	60%	24	2
<b>27</b>	40%	20	2
<b>24</b>	20%	20	1
<b>21</b>	0	0	0

No caso de um dos ventiladores se encontrar em estado de avaria, o ventilador adjacente arrancará com 100% do seu funcionamento e com um caudal de 32.000m<sup>3</sup>/h.

Os ventiladores serão controlados por um sistema de controlo que adequará o caudal de ar a extrair das salas dos TPs às condições de temperatura no exterior da SE e no interior das salas.

De forma sucinta, o sistema de ventilação de cada sala TP terá a cadeia de funcionamento de acordo com a figura 16.



**Figura 16 Princípio de funcionamento sistema de ventilação** <sup>[14]</sup>

A alimentação e comando de cada ventilador será realizada por um variador de velocidade, que por sua vez será comandado por um autómato. Este autómato integrará a informação de sondas de temperatura – uma sonda, colocada no exterior ao abrigo da incidência direta dos raios solares, captará a temperatura exterior, e três sondas colocadas estrategicamente no interior de cada sala TP, que indicarão o valor real da temperatura interior da respetiva sala.

O mecanismo de funcionamento associado ao autómato deverá permitir a colocação do sistema de ventilação em três modos de atuação, com recurso a um comutador de três posições:

- “Manual”, o ventilador funcionará na velocidade máxima;
- “Automático”, a velocidade do ventilador será comandada pelo autómato através do variador de velocidade
- “Desligado”, o ventilador permanecerá parado.

Em caso de avaria de qualquer dos variadores de velocidade, o sistema procederá à colocação em funcionamento do ventilador respetivo através de um mecanismo elétrico. Este mecanismo colocará o variador de velocidade fora de serviço e procederá ao arranque do motor do ventilador em causa.

De forma a prevenir danos, foram instaladas junto da entrada de cada sala dos TP, betoneiras, adequadas e devidamente identificadas, com bloqueio para paragem de emergência. Nas portas de acesso a cada uma das salas dos ventiladores serão colocados micro-interruptores que desligarão os ventiladores em caso de abertura das mesmas, prevenindo possíveis danos quer a nível material, quer a nível físico no operador, por desvio de caudal e grande pressão criada.

De forma a proteger a instalação, tanto a nível de funcionamento como de proteção dos equipamentos, o presente sistema deverá gerar os seguintes sinais de alarme e de acionamento que deverão ser encaminhados para o sistema de sinalização de defeitos da SE e para a central de controlo:

- Sistema em “manual”;
- Sistema “desligado”;
- Abertura de cada disjuntor;
- Paragem de emergência;
- Avaria do autómato;
- Avaria de cada variador de velocidade;
- Filtros sujos;
- Temperatura alta no interior da sala.

Todos estes alarmes deverão ser também sinalizados no quadro de comando da ventilação (QCV) através de indicadores luminosos, de forma a que qualquer operador presente na SE possa visualizar em tempo real qualquer anomalia existente. Com o mesmo objetivo dos indicadores luminosos, foram instalados mostradores digitais com a indicação das temperaturas exterior e interior, de cada sala, permitindo ao operador observar as temperaturas certas em tempo real<sup>[14]</sup>.

Em suma, esta cadeia de equipamentos será controlada através de um autómato que depois de programado, receberá através de entradas, valores digitais e analógicos e mediante as leituras irá dar ordens de atuação aos diversos equipamentos.

### 3.2.2. ÁREAS ABRANGIDAS

O Sistema de Ventilação, com o objetivo de climatizar as salas de transformação concentrou os equipamentos de atuação nos compartimentos designados por Sala de Ventilação 1 e Sala de Ventilação 2. Estas salas são um espelho uma da outra, tal como as salas de transformação, situando-se na parte superior destas. A sala de ventilação 1 está ligada à sala de transformação 1, assim como a sala de ventilação 2 está ligada à sala de transformação 2, por intermédio de grelhas que permitem efetuar a circulação de ar, conforme ilustrado na Figura 23. Por sua vez, o quadro de comando inerente a este sistema ficou instalado no Edifício de Comando, juntamente com todos os outros quadros de comando da SE. Este é o cérebro que controla todas as operações autonomamente ou manualmente.

A figura 17 mostra a planta do edifício de comando identificando a localização da instalação do QCV, local onde podem ser dadas todas as ordens de funcionamento manualmente. Por sua vez, na figura 18 estão identificadas as entradas de ar das salas de transformação que permitirão a circulação pelo edifício, assim como estão identificadas as zonas de instalação das sondas de temperatura. Por fim, na figura 19 estão ilustradas as áreas abrangidas da principal sala do sistema de ventilação. Apesar de existir uma desvantagem relativa à distribuição dos edifícios, a distribuição dos equipamentos foi localizada de forma coerente com a restante distribuição de equipamentos da SE e de forma benéfica, quer a nível orçamental, quer a nível de interligações.

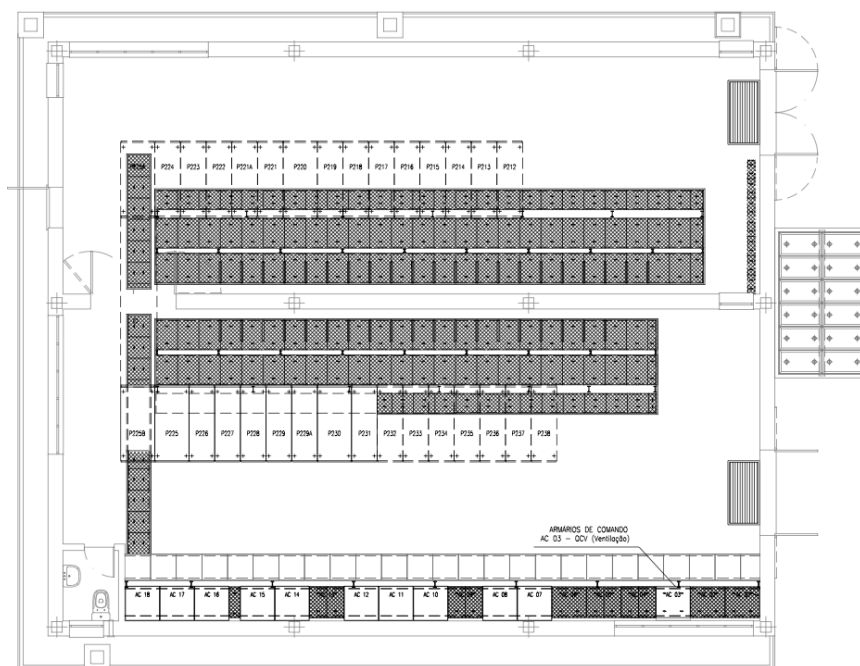
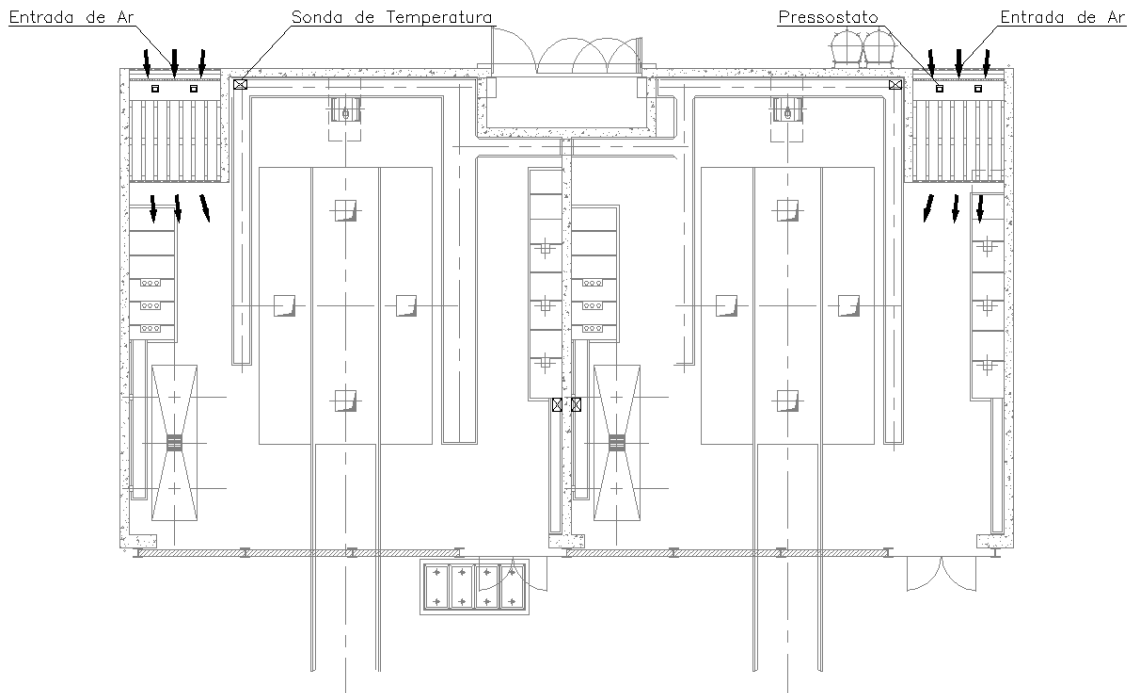
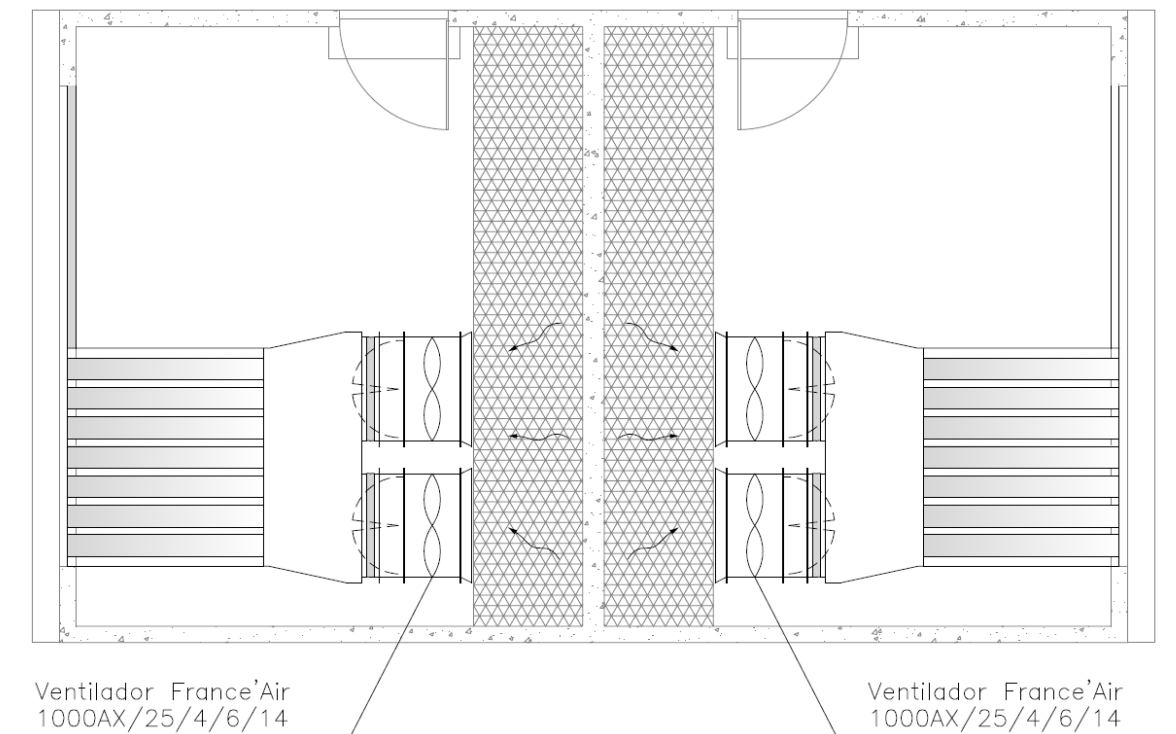


Figura 17 Planta das áreas abrangidas do sistema de ventilação – Edifício de Comando



**Figura 18 Planta das áreas abrangidas do sistema de ventilação – Salas de Transformação**



**Figura 19 Planta das áreas abrangidas do sistema de ventilação – Salas de Ventilação**

A localização das salas de ventilação e transformação, situando-se de forma a possibilitar uma interligação direta, revelou-se uma mais-valia quer para o bom funcionamento do sistema de ventilação, quer para a interligação entre os equipamentos. Por outro lado, a localização do edifício de comando, uma vez que se encontra num edifício separado, revelou-se uma complicação uma vez que todas as sinalizações, alarmes e comandos necessitam de ser interligadas com o QCV. Desta forma houve um gasto bastante maior em quantidade de cabo passado.

### **3.2.3. COMPONENTES FÍSICOS DO SISTEMA DE VENTILAÇÃO**

Para o eficaz funcionamento do sistema de ventilação, foram equacionados equipamentos que garantissem eficiência da refrigeração das salas de transformação. Para a implementação deste complexo sistema eletrónico encontram-se diversos equipamentos com diversas funções e características. Apesar de existirem algumas restrições de marcas e orçamentais, foram estudadas e escolhidas as opções consideradas como mais-valia para integrar neste projeto.

Por cada sala de ventilação são usados dois ventiladores (total de quatro) do tipo axial com características 200°C/2horas de virola longa, conforme ilustrado na figura 20, que possuem as seguintes características <sup>[6]</sup>:

**Marca:** FranceAir

**Modelo:** 1000AX/25/4/6/14

**Caudal de projeto:** 32.000 m<sup>3</sup>/h

**Pressão estática disponível:** 320 Pa

**Potência elétrica nominal:** 9 kW

**Potência elétrica absorvida:** 5.5 kW

**Diâmetro virola:** 1000 mm



**Figura 20 Ventiladores FranceAir – 1000AX/25/4/6/14, Leiria, Setembro de 2014**

Este equipamento foi o aplicado na SE Parceiros, pois apresenta consumos instantâneos e custos consideravelmente menores, quando comparados com a utilização de outros equipamentos, tal como o equipamento alternativo proposto da marca Soler & Palau (S&P) e modelo CGT/4/8-900-9/28-15,5/2,7kW-400V-50HZ <sup>[7]</sup>. Por sua vez, as grandes vantagens obtidas no orçamento e respetivas condições de pagamento foram igualmente fulcrais na escolha do equipamento escolhido.

Com o intuito de medição de temperaturas, foram instaladas duas sondas de temperatura ambiente (interiores) e uma sonda de temperatura exterior. Estas sondas vão informar o sistema das temperaturas existentes nas diferentes zonas de medição que o fará atuar. Estes equipamentos são da marca Conatec e referência PT100 <sup>[15]</sup>. Trata-se de um tipo de sondas frequentemente usadas em medições de temperaturas em diferentes ambientes, tais como ar, líquidos, gases, etc. De igual forma, a competitividade orçamental providenciada por esta marca foi determinante na adjudicação destes equipamentos.

Interligado com os filtros existentes, foram instalados pressostatos diferenciais que determinam a pressão do ar e sinalizam a presença de filtros sujos/colmatados. Estes, são de gama ajustável entre 50 – 500 Pa e suportam temperaturas de -40°C até 85°C, valores estes com elevada margem de temperatura para o clima de Portugal. Estes equipamentos são da marca Beck e referência 930.83222534 <sup>[16]</sup>. Tal como os anteriores equipamentos referenciados, os pressostatos escolhidos, cumprindo todos os requisitos técnicos

necessários, apresentaram um valor de custo benéfico para o cumprimento dos limites orçamentais.

Por fim, foi instalado um quadro eléctrico, designado por Quadro de Controlo de Ventilação (QCV), onde estão instalados todos os componentes electrónicos de controlo. O armário escolhido foi o do fabricante ABB, modelo IS2, que possui as dimensões 2200x800x800mm. Apesar de existirem modelos que permitem melhor acomodação do equipamento eléctrico dentro dos armários, esta foi a solução mais comoda e organizada existente perante condições mencionadas no inicio deste capítulo.

O QCV, juntamente com diversos componentes eléctricos de atuação e sinalização, possui quatro conversores de frequência. Estes conversores incluem um conjunto de características que beneficiam aplicações de ventilação, que variam o desempenho de funcionamento em função da pressão, dos fluxos, ou outros condicionantes externos. Cada um dos quatro conversores está dedicado a um ventilador, sendo que, na posição normal mostram instantaneamente a frequência de funcionamento de cada um.

Os conversores de frequência, são da marca ABB e modelo ACS310-03E-02A6-2+J400 <sup>[17]</sup>. Estes conversores, instalados lado a lado, pela ordem dos quatro ventiladores, tal como outros equipamentos foram a melhor solução técnica existente perante condições.

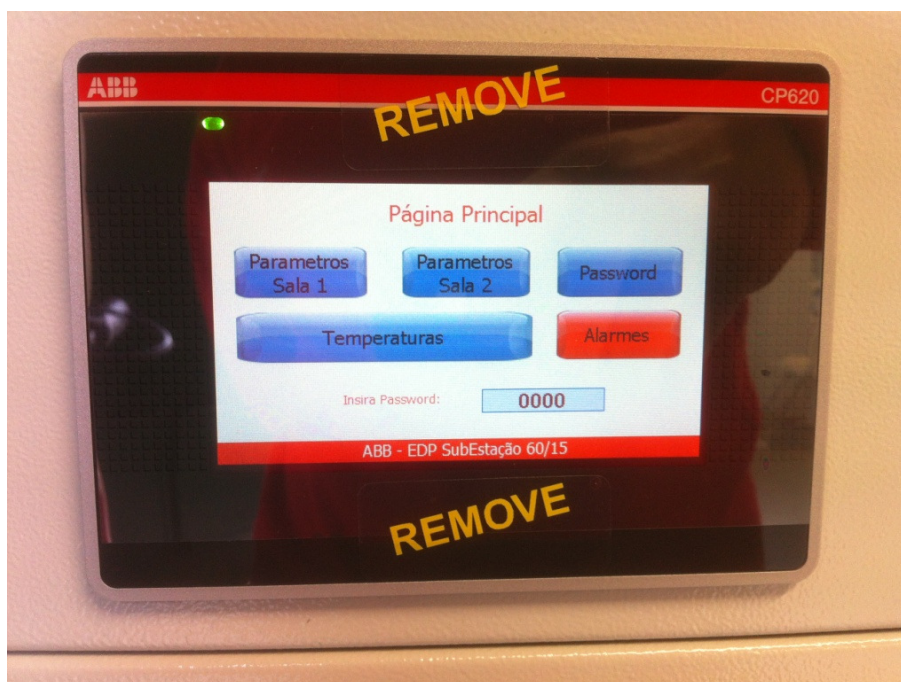
Ainda dentro do QCV, encontra-se também instalado o equipamento considerado cérebro da operação: o autómato. Esta máquina é composta por oito módulos diferentes, de acordo com a disposição do equipamento ilustrado na figura 21. Este equipamento, proposto por conveniência da marca, por apresentar características técnicas adequadas para a necessidade de funcionamento e com relação equipamento-custo bastante competitivo, é também da marca ABB e os modelos dos diferentes módulos são:

- PM564 – 1 unidade;
- DC523 – 1 unidade;
- AI562 – 4 unidades;
- AO561 – 2 unidades.



**Figura 21** Autômato ABB – PM564-DC528-AI562-AO561 Leiria, Setembro de 2014

Com o intuito de criar uma ligação entre o autômato e o utilizador, foi instalado um display da mesma marca, com a referência CP620. Este equipamento possui um interface “*user friendly*”, conforme é possível visualizar na figura 22, que permite uma fácil interação entre qualquer operador que necessite de intervir no sistema instalado.



**Figura 22** Display ABB – CP620, Leiria, Maio de 2014

Todos os equipamentos da marca ABB escolhidos para equiparem o QCV, apesar de estar presente a condição de escolha desta marca por conveniência, foram seleccionados com base numa análise e comparação entre diversas gamas disponíveis. Contudo, os equipamentos escolhidos garantiam todas as especificações técnicas e possibilitaram fazer uma fácil e simples interligação entre equipamentos com a principal benesse de disponibilizar uma fácil relação entre operador e equipamentos. Para além disso, tal como todos os equipamentos escolhidos para integrar neste projeto, estes modelos identificados como mais adequados, enquadravam na verba orçamental disponibilizada, o que facilitou a adjudicação dos mesmos.

#### **3.2.4. ESTUDOS REALIZADOS**

Na atualidade, com o elevado crescimento tecnológico, os grandes equipamentos vêm programados por definição. No entanto para que toda a vertente elétrica e mecânica funcione, é necessário haver um estudo prévio.

De acordo com o referido anteriormente no capítulo 3.2.2, deverão existir pelo menos dois ventiladores para cada sala TP e será equacionado o caudal máximo necessário para que o sistema de ventilação permita assegurar, em cada sala TP, uma temperatura ambiente não superior a 45°C, para uma temperatura exterior de 32°C.

Estes valores de temperatura, a serem equacionados nos estudos numéricos a realizar, foram previamente analisados e aprovados. De acordo com a referência abordada no capítulo 2.5, a resistividade dos condutores elétricos, assim como dos próprios equipamentos, varia de acordo com a temperatura a que se encontram. Neste sentido, e considerando os elevados índices de proteção (IP) dos equipamentos instalados, foi determinada em projeto, a temperatura máxima interior de 45°C. Desta forma, o sistema de ventilação foi preparado para ventilar o edifício de transformação com caudais capazes de reduzir as temperaturas das duas salas de transformação para valores ideais de funcionamento pleno dos equipamentos.

Dado que a temperatura exterior será usada para atenuar as elevadas temperaturas atingidas no interior do edifício, para efeitos de estudo, foi considerado um valor base de temperatura exterior.

De acordo com estudos realizados e fundamentados pela organização Climate-Data, a região de Leiria possui uma temperatura média anual de 15,9°C. É uma localidade com um elevado nível de precipitação anual, no entanto deverão ser considerados os meses capazes de provocar um aumento da temperatura e condicionar a refrigeração das salas. A figura 23, relativa à cidade de Leiria, relaciona a temperatura média e a precipitação ao longo dos 12 meses do ano. Conforme se pode analisar, existem apenas quatro meses do ano em que os valores de temperatura conseguem superar níveis de precipitação, sendo que o valor de temperatura média anual mais elevada é de 21,1°C [18].

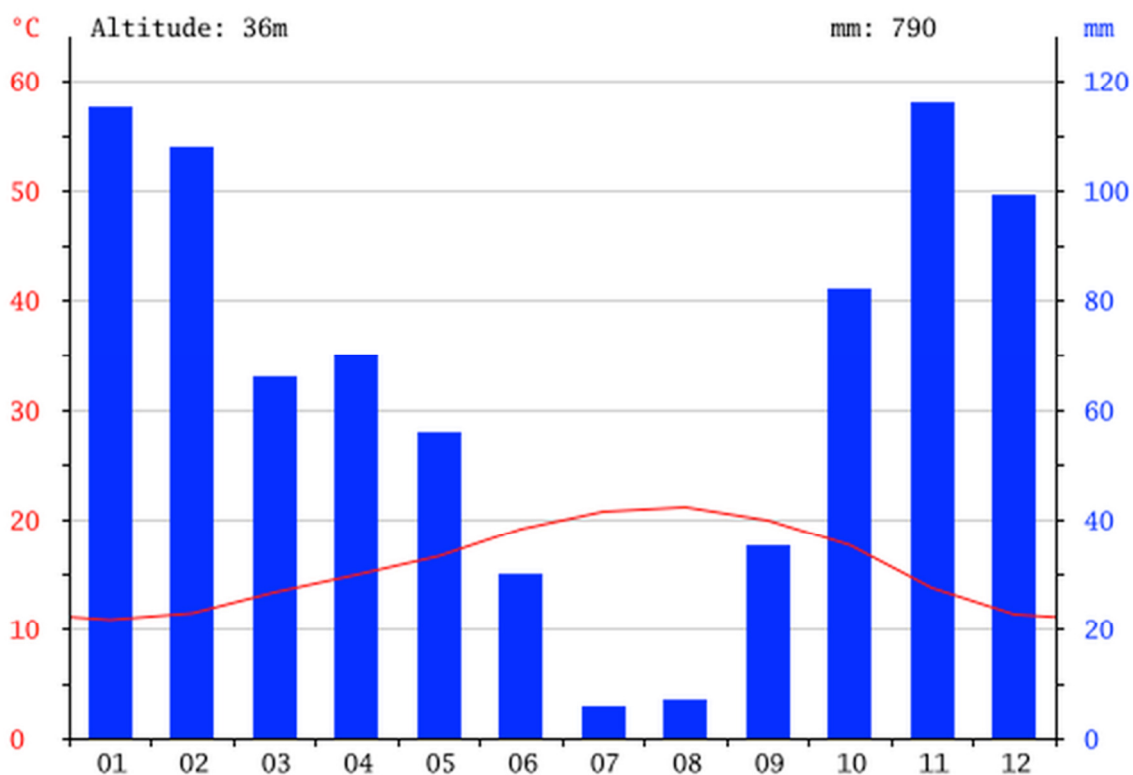


Figura 23 Gráfico climático da cidade de Leiria [18]

Considerando por base a referência do valor médio de 21,1°C como sendo um valor de referência, e tendo em conta a possibilidade de haver um eventual pico de temperatura, foram analisados dados do Instituto Português do Mar e Atmosfera para o mês mais quente do ano de 2013. A figura 24 três diferentes boletins climatológicos referente ao mês de Agosto de 2013:

- Número de dias com temperatura mínima do ar  $\geq 20^{\circ}\text{C}$ ;
- Número de dias com temperatura mínima do ar  $\geq 30^{\circ}\text{C}$ ;
- Número de dias com temperatura mínima do ar  $\geq 35^{\circ}\text{C}$ .

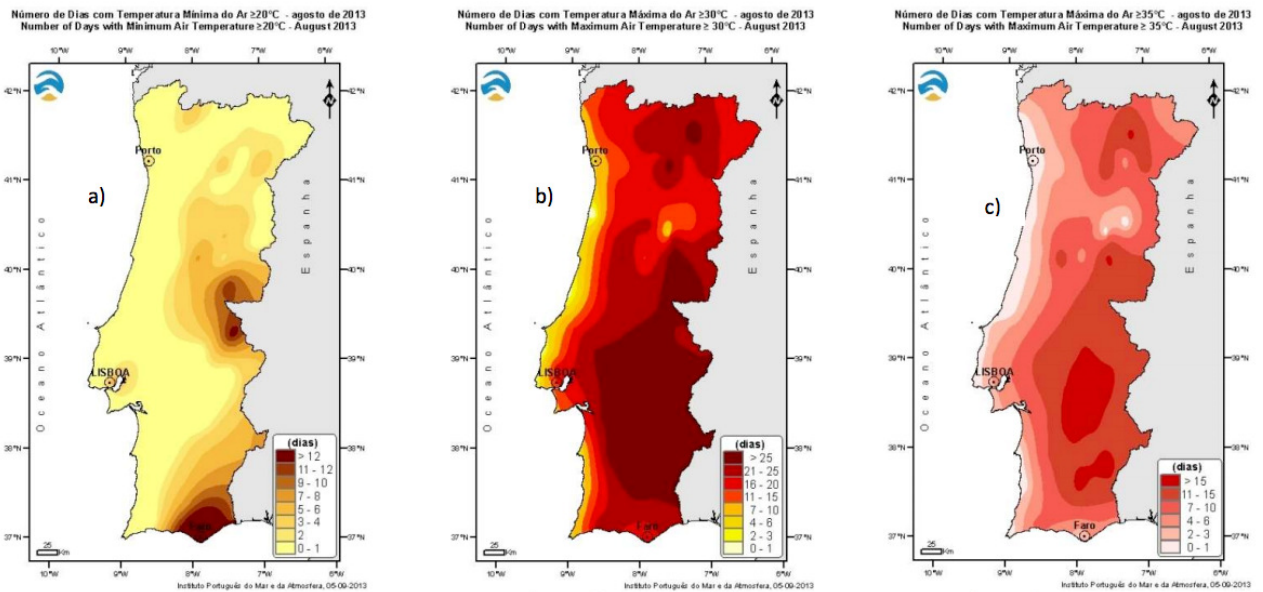


Figura 24 Boletim climatológico – Agosto 2013 <sup>[19]</sup>

Conforme é possível analisar, as temperaturas sentidas na cidade de Leiria são relativamente baixas quando comparadas com o resto do país. Esta localidade apresenta registos de temperatura máxima entre 0-1 dias para temperaturas iguais ou superiores a  $35^{\circ}\text{C}$  e a temperatura mais abundante regista-se mesmo para valores entre os  $20^{\circ}\text{C}$  e os  $30^{\circ}\text{C}$ . Desta forma, é equacionado o caso desfavorável de  $32^{\circ}\text{C}$  de temperatura exterior como sendo um valor realista destros dos casos menos favoráveis .

Conforme foi referido no capítulo anterior, para a refrigeração das salas TP, foi proposta uma solução de circulação de ar. A realização de estudos irá permitir fazer com que os equipamentos condicionem a circulação do ar, e este irá ser movimentado ou bloqueado, de forma a manter a temperatura ideal para as salas de transformação.

Foram realizados pressupostos de cálculo e consideraram-se os seguintes valores:

- Temperatura de base exterior –  $32^{\circ}\text{C}$ ;
- Perdas do transformador – 165kW;
- Carga térmica interior causada por iluminação – 0kW;
- Carga térmica envolvente – 0kW.

Atendendo ao facto do sistema a instalar ter como objetivo o arrefecimento das salas de transformação com recurso ao ar exterior, toda a carga envolvente será nula uma vez que a temperatura exterior será tendencialmente inferior à interior, não resultando daí

qualquer ganho por condução de calor para o espaço a ventilar. Também não se prevê qualquer ganho de calor por radiação, uma vez que não existem elementos envidraçados. Desta forma apenas é considerada a potência indicada do transformador.

Para manter a temperatura máxima no espaço de 45°C, por recurso ao ar exterior de 32°C, temos que o caudal de ventilação será de 37.887 m<sup>3</sup>/h, como se verifica através da aplicação da formula de caudal de ventilação, referente a uma hora de funcionamento:

$$V = \frac{P(W)}{\rho \left(\frac{kg}{m^3}\right) \times c_p \left(\frac{J}{Kg.m^3}\right) \times \Delta t} \times 3600s \Leftrightarrow$$

onde:

V – Caudal de ventilação;

P – Potência, perdas do transformador [P = 165kW];

$\rho$  – Densidade do ar [ $\rho=1,2kg/m^3$ ];

$c_p$  – Coeficiente especifico de transferência de calor [ $c_p=1005J/Kg.m^3$ ];

$\Delta t$  – Diferença entre temperatura máxima e mínima;

3600s – Segundos por hora.

$$V_{total} = \frac{P(W) \times 3600s}{\rho \left(\frac{kg}{m^3}\right) \times c_p \left(\frac{J}{Kg.m^3}\right) \times (t_{max} - t_{min})} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow V_{total} = \frac{165000 \times 3600}{1,2 \times 1005 \times (45 - 32)} = 37.887 m^3/h$$

Este caudal de 37.887 m<sup>3</sup>/h deverá ser o valor de caudal necessário para, a uma temperatura de 45°C interior e uma temperatura exterior de 32°C, baixar para valores de temperatura ideais para funcionamento.

Recordando a descrição da instalação proposta, esta compreende dois ventiladores axiais por cada sala de ventilação, de virola longa estática e dinamicamente equilibrados de fábrica e diretamente acoplados a motores elétricos trifásicos para funcionamento contínuo e simultâneo.

Serão considerados cinco patamares de funcionamento ativo do sistema de ventilação. Estes patamares serão descritos no capítulo seguinte 3.2.5. Os estudos realizados, serão

apresentados considerando o caso extremo de 45°C de temperatura interior, para a temperatura exterior seca de 32°C.

Cada ventilador deverá ser capaz de vencer uma determinada carga térmica do espaço onde o caudal unitário irá variar.

As unidades de cálculo serão idênticas ao cálculo de caudal de ventilação anteriormente apresentado, com o acréscimo de uma carga térmica percentual:

$$V = \frac{P(W)}{\rho \left( \frac{kg}{m^3} \right) \times c_p \left( \frac{J}{Kg \cdot m^3} \right) \times \Delta t} \times 3600s \times \% \Leftrightarrow$$

onde,

V – Caudal de ventilação;

P – Potência, perdas do transformador [P = 165kW];

$\rho$  – Densidade do ar [ $\rho=1,2kg/m^3$ ];

$c_p$  – Coeficiente específico de transferência de calor [ $c_p=1005J/Kg \cdot m^3$ ];

$\Delta t$  – Diferença entre temperatura máxima e mínima;

3600s – Segundos por hora;

% - Percentagem da carga térmica.

Para vencer 20% da carga térmica, o caudal unitário será de 7.577 m<sup>3</sup>/h , como se verifica através da aplicação da fórmula de caudal de ventilação:

$$V_{unitário} = \frac{P(W) \times 3600s \times 20\%}{\rho \left( \frac{kg}{m^3} \right) \times c_p \left( \frac{J}{Kg \cdot m^3} \right) \times (t_{max} - t_{min})} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow V_{unitário} = \frac{165000 \times 3600 \times 0,2}{1,2 \times 1005 \times (45 - 32)} = 7.577 \text{ m}^3/h$$

Tendo em conta o caudal de projeto, para salvaguarda da instalação e eventual agravamento da temperatura exterior padrão, considera-se o seguinte caudal de ventilação em cada ventilador, para a carga térmica de 20%:

- $V_{unitário} = 8.000 \text{ m}^3/h$ , que corresponde ao caudal superior ao correspondente a 20% da carga térmica para uma temperatura exterior de 32°C. Este acréscimo deve-se a gama de segurança para valores de caudal superiores, suportado pelo equipamento.

Para vencer 40% da carga térmica, o caudal unitário será de 15.155 m<sup>3</sup>/h , como se verifica através da aplicação da fórmula de caudal de ventilação:

$$V_{unitário} = \frac{P(W) \times 3600s \times 40\%}{\rho \left(\frac{kg}{m^3}\right) \times c_p \left(\frac{J}{Kg.m^3}\right) \times (t_{max} - t_{min})} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow V_{unitário} = \frac{165000 \times 3600 \times 0,4}{1,2 \times 1005 \times (45 - 32)} = 15.155 \text{ m}^3/h$$

Tendo em conta o caudal de projeto, para salvaguarda da instalação e eventual agravamento da temperatura exterior padrão, considera-se o seguinte caudal de ventilação em cada ventilador, para a carga térmica de 40%:

- $V_{unitário} = 16.000 \text{ m}^3/h$ , que corresponde ao caudal superior ao correspondente a 40% da carga térmica para uma temperatura exterior de 32°C. Este acréscimo deve-se a gama de segurança para valores de caudal superiores, suportado pelo equipamento.

Para vencer 60% da carga térmica, o caudal unitário será de 22.732 m<sup>3</sup>/h , como se verifica através da aplicação da fórmula de caudal de ventilação:

$$V_{unitário} = \frac{P(W) \times 3600s \times 60\%}{\rho \left(\frac{kg}{m^3}\right) \times c_p \left(\frac{J}{Kg.m^3}\right) \times (t_{max} - t_{min})} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow V_{unitário} = \frac{165000 \times 3600 \times 0,6}{1,2 \times 1005 \times (45 - 32)} = 22.732 \text{ m}^3/h$$

Tendo em conta o caudal de projeto, para salvaguarda da instalação e eventual agravamento da temperatura exterior padrão, considera-se o seguinte caudal de ventilação em cada ventilador, para a carga térmica de 60%:

- $V_{unitário} = 24.000 \text{ m}^3/h$ , que corresponde ao caudal superior ao correspondente a 60% da carga térmica para uma temperatura exterior de 32°C. Este acréscimo deve-se a gama de segurança para valores de caudal superiores, suportado pelo equipamento.

Para vencer 80% da carga térmica, o caudal unitário será de 30.310 m<sup>3</sup>/h , como se verifica através da aplicação da fórmula de caudal de ventilação:

$$V_{unitário} = \frac{P(W) \times 3600s \times 80\%}{\rho \left(\frac{kg}{m^3}\right) \times c_p \left(\frac{J}{Kg.m^3}\right) \times (t_{max} - t_{min})} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow V_{unitário} = \frac{165000 \times 3600 \times 0,8}{1,2 \times 1005 \times (45 - 32)} = 30.310 \text{ m}^3/h$$

Tendo em conta o caudal de projeto, para salvaguarda da instalação e eventual agravamento da temperatura exterior padrão, considera-se o seguinte caudal de ventilação em cada ventilador, para a carga térmica de 80%:

- $V_{unitário} = 32.000 \text{ m}^3/h$ , que corresponde ao caudal superior ao correspondente a 80% da carga térmica para uma temperatura exterior de 32°C. Este acréscimo deve-se a gama de segurança para valores de caudal superiores, suportado pelo equipamento.

Para vencer 100% da carga térmica, o caudal unitário será de 37.887 m<sup>3</sup>/h, será igual ao máximo caudal, calculado anteriormente, como se verifica através da aplicação da fórmula de caudal de ventilação:

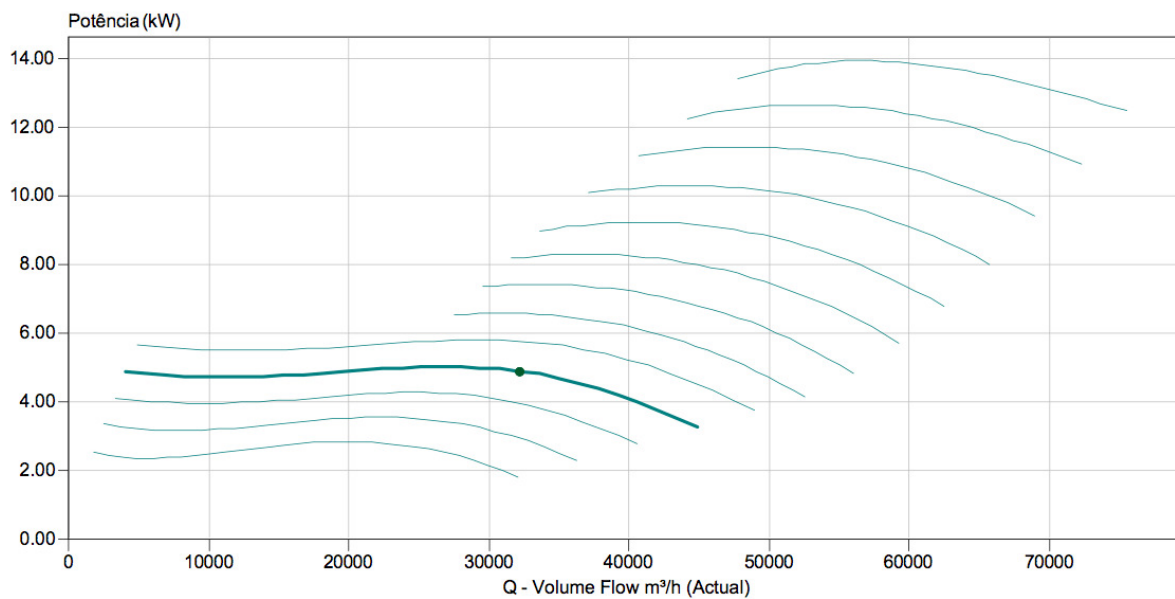
$$V_{unitário} = \frac{P(W) \times 3600s \times 100\%}{\rho \left(\frac{kg}{m^3}\right) \times c_p \left(\frac{J}{Kg.m^3}\right) \times (t_{max} - t_{min})} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow V_{unitário} = \frac{165000 \times 3600 \times 1}{1,2 \times 1005 \times (45 - 32)} = 37.887 \text{ m}^3/h$$

Tendo em conta o caudal de projeto, para salvaguarda da instalação e eventual agravamento da temperatura exterior padrão, considera-se o seguinte caudal de ventilação em cada ventilador, para a carga térmica de 100%:

- $V_{unitário} = 40.000 \text{ m}^3/h$ , que corresponde ao caudal superior ao correspondente a 100% da carga térmica para uma temperatura exterior de 32°C. Este acréscimo deve-se a gama de segurança para valores de caudal superiores, suportado pelo equipamento.

Desta forma, conforme referido no ponto 3.2.3, foram instalados na SE Parceiros dois ventiladores por sala de ventilação FranceAir 1000AX/25/4/6/14, que permitem atingir um caudal 32.000 m<sup>3</sup>/h em funcionamento simultâneo, num regime de 23.000 m<sup>3</sup>/h cada um, totalizando um caudal de ventilação de 46.000 m<sup>3</sup>/h. A figura 25 relaciona a potência de funcionamento em relação ao caudal. A curva a negrito no presente gráfico diz respeito ao ventilador usado neste projeto. Conforme é possível analisar, a uma potência elétrica absorvida de 5,5 kW os ventiladores escolhidos têm a capacidade de atingir o valor de 32.000m<sup>3</sup>/h.



**Figura 25 Relação entre a Potência de funcionamento e Caudal – Ventiladores FranceAir <sup>[6]</sup>**

Após a implementação da solução o sistema de climatização será autónomo. No entanto, caso haja alguma avaria ou falha no sistema, este estará preparado para comunicar por telemetria com a sala de comando centralizado à distância, conforme referido no capítulo 2, informando qualquer falha ou sinalização.

Todos os equipamentos serão alvos de testes individuais para garantirem a eficácia e eficiência da sua função.

### 3.2.5. AUTOMATIZAÇÃO DO PROCESSO DE VENTILAÇÃO

Conforme previamente descrito, o autômato instalado no QCV é considerado o cérebro de toda a operação, uma vez que, depois de programado, receberá através de entradas, valores digitais e analógicos. Mediante as leituras irá dar ordens de atuação aos diversos equipamentos.

Este autômato é constituído por 8 módulos interligados e com um display interface, um modulo principal, é considerado o módulo de comando: PM564. Este módulo possui seis entradas digitais, duas entradas analógicas, seis saídas digitais e uma saída analógica. Este módulo receberá valores transmitidos pelas restantes e de acordo com a programação feita, atuará no sistema. Outro módulo deste autômato tem a referência DC523 e possui vinte e quatro canais configuráveis como entradas ou saídas, conforme necessidade de aplicação. Para auxílio nas leituras de valores medidos por equipamentos acessórios, foram instalados quatro módulos com referência AI562. Cada um destes módulos possui duas entradas analógicas com duas termorresistências (RTD). Para possibilidade de envio de sinalização foram também instalados dois módulos AO561. Cada um destes módulos possui duas saídas analógicas com gamas de  $-10...+10V$  ,  $0...20mA$  e  $4...20mA$ .

De forma a colocar em funcionamento este conjunto de dispositivos que constituem o automato de comando do sistema de ventilação, foi desenvolvido um programa, onde constam diversas funções que, invocadas por uma função *main* interligam de forma a colocar o sistema em funcionamento. Este programa pode ser encontrado no anexo F. Para uma breve ilustração e explicação do funcionamento deste programa, é exposto um excerto a titulo exemplificativo para um caso da sala de ventilação 1.

O *AUXILIAR()* é o principal programa onde se encontram os principais comandos de atuação do sistema. Inicialmente são definidas as diferentes escalas de temperatura assim como a variável *MAX\_ANALOGICA*, conforme figura 26, que diz respeito ao valor máximo analógico medido no autômato durante a programação, para evitar uma temperatura máxima igual ou superior a 45°C.

0009	(* CONVERTER TEMPERATURAS *)
0010	(* ESCALAS DE TEMPERATURAS *)
0011	TEMP1:=27.0;
0012	TEMP2:=30.0;
0013	TEMP3:=34.0;
0014	TEMP4:=38.0;
0015	TEMP5:=43.0;
0016	MAX_ANALOGICA:=27648;

**Figura 26 Definição de escala de temperaturas - autômato.**

Para colocar os valores recebidos nas entradas analógicas em formato adequado para calculo, estes foram convertidos de inteiros para reais e atribuídos a uma nova variável. Para exposição em mostrador digital, foi calculado o valor médio real das três sondas. A figura 27 mostra a definição destas funções, atribuídas a uma variável.

0021	(* SALA 1 *)
0022	R_TEMP1_SALA1:=INT_TO_REAL(TEMP1_SALA1)/10.0;
0023	R_TEMP2_SALA1:=INT_TO_REAL(TEMP2_SALA1)/10.0;
0024	R_TEMP_N1:=INT_TO_REAL(TEMP_N1)/10.0;
0025	R_MED_TEMP_SALA1:=(R_TEMP1_SALA1+R_TEMP2_SALA1+R_TEMP_N1)/3;

**Figura 27 Definição de temperaturas Sala 1 - autômato.**

Antes da ordem de atuação devem ser definidas as escalas de atuação dos ventiladores para as diferentes temperaturas. Estas escalas são definidas com recurso a condições do tipo “*if, then, else*” que, mediante valores recebidos invoca diferentes ordens de atuação.

De acordo com o ponto 3.2.1 referido anteriormente, foram identificados diferentes patamares de temperatura para acionamento dos equipamentos de ventilação. Analisando todos os casos ilustrados na figura 28 relativos à sala de ventilação 1, são colocadas as seguintes condições:

- Se a temperatura medida da sala 1 for inferior a 27°C e maior ou igual a 24°C, então é invocado o comando de atuação para o “PATAMAR = 0”, senão mantém desligado;
- Se a temperatura medida da sala 1 for maior ou igual a 27°C e inferior a 30°C, então é invocado o comando de atuação para o “PATAMAR = 1”, senão mantém desligado;

- Se a temperatura medida da sala 1 for maior ou igual a 30°C e inferior a 34°C, então é invocado o comando de atuação para o “PATAMAR = 2”, senão mantém desligado;
- Se a temperatura medida da sala 1 for maior ou igual a 34°C e inferior a 38°C, então é invocado o comando de atuação para o “PATAMAR = 3”, senão mantém desligado;
- Se a temperatura medida da sala 1 for maior ou igual a 38°C e inferior a 43°C, então é invocado o comando de atuação para o “PATAMAR = 4”, senão mantém desligado;
- Se a temperatura medida da sala 1 for maior ou igual a 43°C, então é invocado o comando de atuação para o “PATAMAR = 5”, senão mantém desligado;

```

0033 (*DEFINIR ESCALAS*)
0034 (* SALA 1 *)
0035 IF R_MED_TEMP_SALA1<TEMP1 AND R_MED_TEMP_SALA1>=24.0 THEN AUX0_SALA1:=1; ELSE AUX0_SALA1:=0; END_IF;
0036 IF (R_MED_TEMP_SALA1>=TEMP1 AND R_MED_TEMP_SALA1<TEMP2) THEN AUX1_SALA1:=1; ELSE AUX1_SALA1:=0; END_IF;
0037 IF (R_MED_TEMP_SALA1>=TEMP2 AND R_MED_TEMP_SALA1<TEMP3) THEN AUX2_SALA1:=1; ELSE AUX2_SALA1:=0; END_IF;
0038 IF (R_MED_TEMP_SALA1>=TEMP3 AND R_MED_TEMP_SALA1<TEMP4) THEN AUX3_SALA1:=1; ELSE AUX3_SALA1:=0; END_IF;
0039 IF (R_MED_TEMP_SALA1>=TEMP4 AND R_MED_TEMP_SALA1<TEMP5) THEN AUX4_SALA1:=1; ELSE AUX4_SALA1:=0; END_IF;
0040 IF R_MED_TEMP_SALA1>=TEMP5 THEN AUX5_SALA1:=1; ELSE AUX5_SALA1:=0; END_IF;

```

**Figura 28 Definição de escalas Sala 1 – autômato.**

O caso escolhido refere-se à possibilidade da temperatura subir. Para uma melhor análise, a tabela 4 mostra a variável patamar analisada, referente à variável de temperatura, frequência de funcionamento e o número de ventiladores ativados. Para a escala de temperatura maior ou igual a 30°C e inferior a 34°C, é ativada a variável “PATAMAR\_SALA1\_2”, que diz respeito ao “PATAMAR=2”. Para este caso é ativada a variável “ASUBIR\_SALA1” e desativada a função “ADESCER\_SALA1”.

A tabela 4 mostra a relação de funcionamento para o “PATAMAR=2” lido pelo autômato. Para o patamar em estudo, este funcionará para uma temperatura mínima de 30°C e a uma frequência de 20 Hz. Neste regime, funcionarão os 2 ventiladores em simultâneo.

**Tabela 4 Ordem de funcionamento relativa ao “PATAMAR=3”**

Variável Automato para Patamar	TEMP2	FREQ_SALA1_2_SUBIR	Número de ventiladores em funcionamento
PATAMAR_SALA1_2	30.0	20	2

Para funcionamento do sistema de ventilação do caso em estudo, é invocada a seguinte condição:

- Se o “PATAMAR=2” e a variável “ASUBIR\_SALA1” se encontrarem ativos e, os ventiladores 1 e 2 não se encontrarem em estado de avaria, estes funcionarão com frequência variável de acordo com a temperatura real.

Desta forma temos que, para uma temperatura a subir a partir dos 30°C, os dois ventiladores da sala de ventilação 1 entram em funcionamento a uma determinada frequência tanto maior quanto mais elevada for a temperatura da própria sala. Esta condição encontra-se ilustrada na figura 29 de acordo com a programação feita.

```
0054 IF PATAMAR_SALA1_2=1 AND ASUBIR_SALA1=1 AND NOT I_AVARIA_VF1 AND NOT I_AVARIA_VF2 THEN
0055     QA_VF1:=(MAX_ANALOGICA*FREQ_SALA1_2_SUBIR)/50;
0056     QA_VF2:=(MAX_ANALOGICA*FREQ_SALA1_2_SUBIR)/50;
0057 END_IF;
```

**Figura 29 Definição de saídas para variadores Sala 1 - autómato.**

É importante referir que para o “PATAMAR=1”, apenas é ativado o funcionamento de um ventilador, conforme condição de seleção ilustrada na figura 30 para o caso da sala 1. De forma a não haver desgaste por ativação do mesmo ventilador, esta ativação permite a alternância entre ambas as máquinas, assim para possibilitar esta alternância, foi criada uma variável para cada variador, designada por “ULTIMO\_SALA1” com contactos inversos por defeito. Estes contactos vão alterando de estado consoante o funcionamento dos ventiladores.

Estão assim definidas as seguintes instruções:

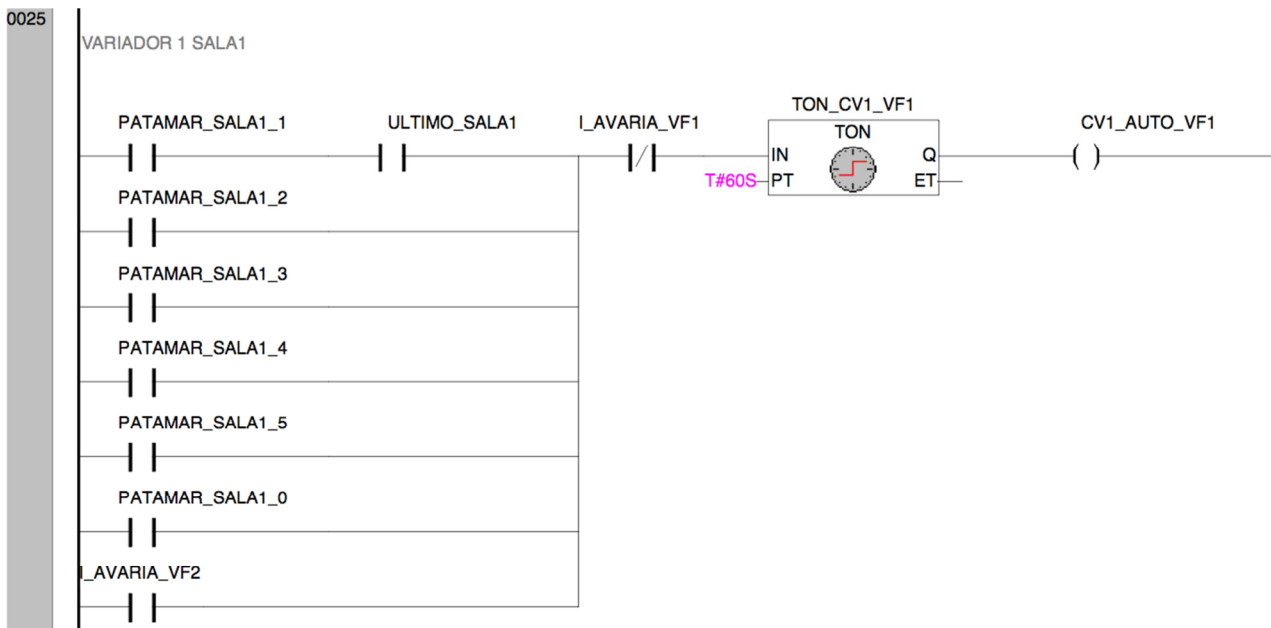
- Se a temperatura medida da sala 1 for maior ou igual a 27°C e inferior a 30°C e o ventilador 1 se encontrar em funcionamento, a variável “ULTIMO\_SALA1”, relativa ao ultimo ventilador em funcionamento da sala 1 passa a zero, de forma que numa próxima ordem não seja escolhido para ventilar;
- Se a temperatura medida da sala 1 for maior ou igual a 27°C e inferior a 30°C e o ventilador 2 se encontrar em funcionamento, a variável “ULTIMO\_SALA1”, relativa ao ultimo ventilador em funcionamento da sala 1 passa a um, de forma que numa próxima ordem não seja escolhido para ventilar;

```
0205 (* DEFINIR PRIORIDADES SALA 1*)
0206 IF PATAMAR_SALA1_1 AND CV1_AUTO_VF1 THEN ULTIMO_SALA1:=0; END_IF;
0207 IF PATAMAR_SALA1_1 AND CV2_AUTO_VF2 THEN ULTIMO_SALA1:=1; END_IF;
```

**Figura 30 Definição de prioridades Sala 1 - autómato.**

Na prática, após as leituras recebidas no autômato, as instruções enviadas para os ventiladores respeitam uma sequência lógica mediante a temperatura medida; a temporização de arranque; e o estado de avaria dos equipamentos.

Foram definidos seis patamares diferentes com diferentes gamas de temperaturas. A figura 31 mostra a definição dos seis patamares, numerados do zero até cinco, assim como as condições de ativação do ventilador 1, no diagrama de programação do autômato.

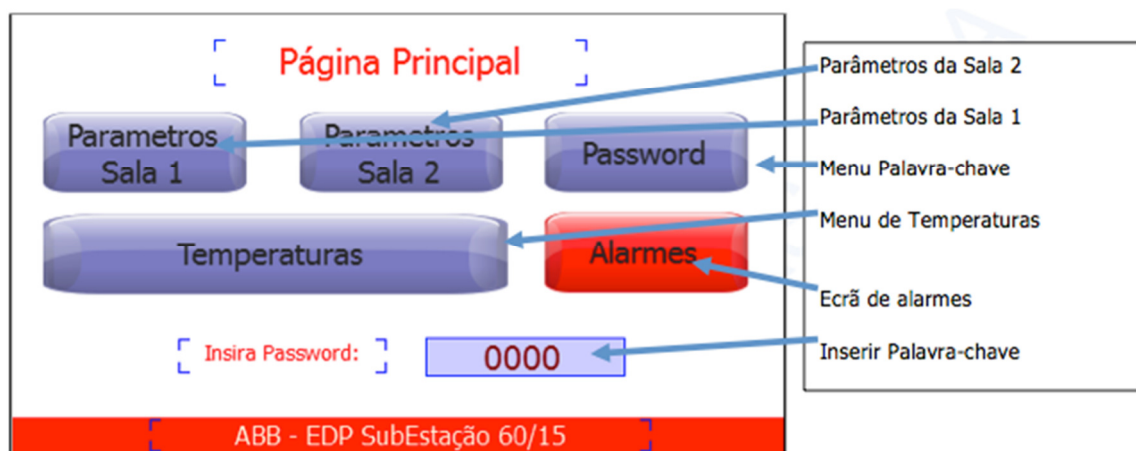


**Figura 31** Definição de funcionamento por patamares Sala 1 - autômato.

Assim, um determinado patamar é ativado de acordo com valores medidos pelas sondas interiores e ativado no ciclo de funcionamento da sala. Dado que o contacto da variável do estado de avaria do ventilador se encontra normalmente fechado, após ser ativado um patamar, inicia-se um processo de temporização de 60 segundos. Esta contagem tem como finalidade a verificação da temperatura durante esse período de tempo e evitar desgaste ou eventual dano dos ventiladores quando a temperatura se encontra no valor limite de mudança de estado. Desta forma, previne-se que seja dada ordem de arranque e de paragem constante para os ventiladores, no caso de atingir a temperatura mínima ou constante variação de frequência de funcionamento para patamares de temperaturas elevadas. Após análise destas condições é ativada a variável “CV1\_AUTO\_VF1” que permite colocar o ventilador 1 em funcionamento. Em caso de avaria de um dos ventiladores, o segundo ventilador é ativado na frequência máxima de funcionamento.

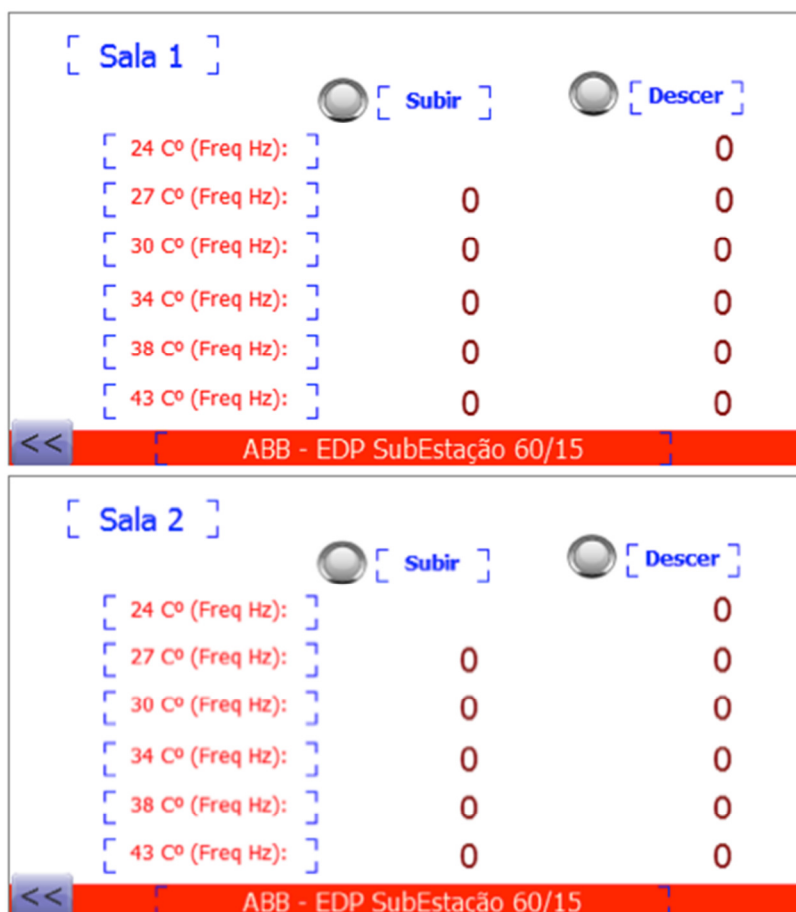
Com a programação do autômato testada para as funções requeridas, houve a necessidade de implementar um dispositivo de interface com o operador, este será de fácil utilização com menús simples e diretos. Desta forma, e com base nos equipamentos compatíveis, foi instalado um *display* da ABB, com referência CP620. Este *display* é do tipo tátil e permite ter acesso a um menu programável com indicação das diferentes temperaturas das diferentes salas. Este *display* permite ainda dar ao utilizador informação instantânea das temperaturas, configuração de parâmetros, gestão de alarmes, assim como configuração de palavra-chave para restringir acessos <sup>[11]</sup>.

Para o auxílio de qualquer operador deste aparelho foi criado um Manual Operador, disponível no anexo G. No primeiro menu, designado como Página Principal, estão disponíveis todos os menus, conforme é possível visualizar na figura 32. Para aceder aos menus de Parâmetros das Salas 1 e 2 e Password é necessário haver uma autenticação da palavra-chave, pois apenas ficará disponível para utilizadores autorizados da EDP e com acesso à mesma. Os restantes menus, apenas informativos são de acesso a qualquer utilizador.



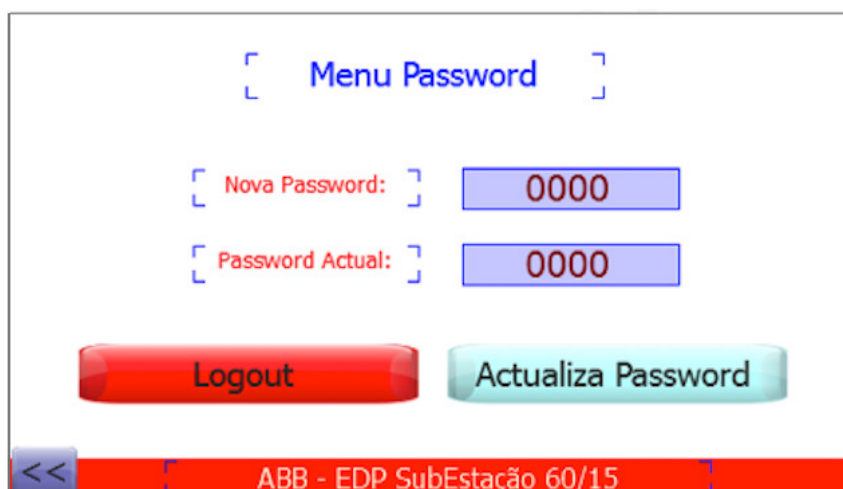
**Figura 32 Menu principal no Display automático.**

Após autenticação, pode ser feito o acesso ao menu dos parâmetros das salas de ventilação 1 e 2, conforme ilustrado na figura 33. Estes parâmetros podem ser alterados de acordo com a necessidade de manipular para simulações ao sistema de ventilação ou mesmo alteração do modo de funcionamento.



**Figura 33 Menu parâmetros de ventilação no Display automático.**

O menu *password* permite ao utilizador alterar a palavra-chave de acesso. A figura 34 mostra o layout do menu password. Para isso é necessário haver uma autenticação no menu principal. Este menu permite também ao utilizador efetuar o fim da sessão após executar todas as tarefas.



**Figura 34 Menu Password no Display automático.**

O menu temperaturas é meramente informativo. Este mostra as temperaturas em tempo real. São ilustradas as temperaturas medidas pelas sete sondas existentes:

- Sonda de temperatura exterior;
- Sondas de temperatura interior Sala 1;
- Sondas de temperatura interior Sala 2.

Uma vez que são medidas três temperaturas em zonas diferentes da mesma sala, foi criado um cálculo para mostrar a média das três temperaturas. A figura 35 mostra a disposição dos valores de temperatura apresentados no display.

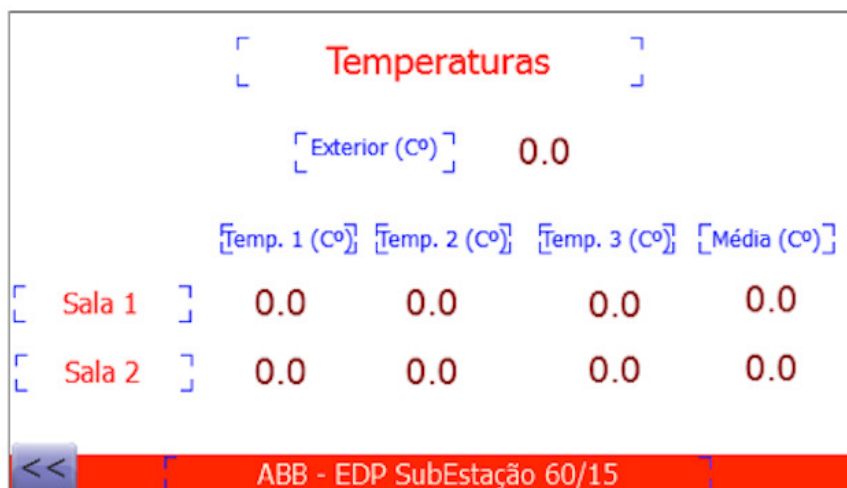


Figura 35 Menu temperaturas no Display automático.

Por fim, o menu alarmes apresentado na figura 36, é de igual forma meramente informativo. Este, mostra os alarmes despoletados pelo sistema de avarias ou anomalias nos equipamentos. Desta forma, o operador consegue detetar de imediato, de forma simples e clara, qualquer anomalia existente no sistema.



Figura 36 Menu alarmes no Display automático.

### **3.2.6. ENSAIOS FINAIS**

Os ensaios finais, realizados em conjunto com responsáveis técnicos da instalação, têm como princípio mostrar todo o pleno funcionamento do equipamento e realização de testes que garantam o cumprimento dos requisitos impostos. De acordo com a filosofia de atuação da EPME, os ensaios finais são, na grande maioria dos casos, apenas revalidação de todo o trabalho realizado, visto que todos os parâmetros são previamente verificados e ensaiados.

Os ensaios ao sistema de ventilação instalado na SE Parceiros dividem-se em três etapas: ensaios mecânicos, ensaios elétricos e ensaios de caudal.

Os ensaios mecânicos são divididos por cada conjunto das duas salas TP e sala ventilação, dada a sua interligação. Em cada um dos dois ventiladores existentes são validados os seguintes pontos:

- Inexistência de ruídos anormais;
- Estado de corrosão;
- Verificação do sentido de rotação;
- Verificação das ligações flexíveis na descarga de ar;
- Verificação da ligação de apoios anti-vibratórios;
- Verificação de abertura/fecho de registo sobrepressão.

Da mesma forma que os ventiladores, para o caso dos filtros de ar é também verificada a abertura/fecho do pressostato diferencial de ar. Estes ensaios foram realizados com o sistema em funcionamento podendo desta forma comprovar todos os parâmetros de avaliação. Todos os pontos avaliados foram validados com sucesso.

Os ensaios elétricos são realizados em cada uma das salas de ventilação e no edifício de comando, onde se localiza o QCV.

Nas salas de transformação, os equipamentos alvo de testes elétricos foram os ventiladores. Todos estes ensaios são realizados junto dos equipamentos e individualmente foram realizados os seguintes testes:

- Verificação de ligação de interruptores de corte local;
- Verificação das ligações equipotenciais;
- Verificação de arranque paragem remota (modo manual);
- Verificação da sinalização funcionamento/paragem no QCV.

Os ensaios realizados no edifício de comando, são dedicados ao funcionamento do QCV. Neste são validados todos os comandos de atuação e sinalizações neste equipamento. Desta forma, são realizados os seguintes testes:

- Verificação de ligações equipotenciais;
- Verificação de eletrificação do QCV de acordo com o esquema desenvolvido (anexo E);
- Arranque/paragem de variadores de frequência;
- Verificação de arranque/paragem do ventilador em estado manual;
- Verificação da sinalização de temperatura alta;
- Verificação de paragem de emergência;
- Verificação de sinalização de filtro colmatado;
- Verificação de paragem por atuação da central de incêndio;
- Verificação da programação do autómato na rampa de subida de temperatura interior, com base nos parâmetros de temperatura/frequência definidos;
- Verificação da programação do autómato com simulação de avaria de um ventilador e arranque do ventilador adjacente na frequência máxima, caso a temperatura se mantenha dentro dos parâmetros de arranque.

Tal como no caso dos ensaios realizados aos ventiladores, o QCV sofreu os referidos ensaios elétricos no próprio painel. Todas as instruções foram forçadas à sua atuação e dada a presença de sinalização local com recurso a indicadores luminosos, os sinais iam sendo visivelmente disponíveis. Todos os ensaios elétricos foram realizados com sucesso, no entanto houve uma solicitação de última hora por parte da equipa técnica da EDP.

Foi identificada a necessidade de visualização de temperaturas instantâneas, assim houve a necessidade de providenciar uma solução a apresentar. Com recurso a mostradores digitais, foi proposto a instalação destes permitindo garantir esta maior-valia no sistema de funcionamento. Dado ao facto de terem sido disponibilizadas portas digitais de reserva no autómato, com recurso às mesmas, foram eletrificados os mostradores que, com uma ligeira alteração na programação permitiram transmitir a informação pretendida.

Esta solução foi aprovada e implementada, o que permitiu disponibilizar um completo funcionamento tanto vantajoso a nível de valorização do sistema instalado, como do agrado de toda a equipa técnica responsável pela SE.

No sistema de ventilação, os ensaios mais ambiciosos e exaustivos foram os ensaios de caudal. Estes ensaios foram realizados com recurso a um equipamento medidor de caudal

da marca KIMO e modelo AMI 300 <sup>[20]</sup>. Este equipamento possui tubos metálicos de medição, que em contacto com a pressão sofrida pelo ar, calcula o caudal de funcionamento. Este ensaio foi realizado por sala de ventilação e por cada ventilador, individualmente.

Para medição dos caudais, foram manipulados no autómato do QCV valores de frequência de funcionamento e valores da temperatura interior. Desta forma, a percentagem de caudal variou e permitiu efetuar medições perante simulações de atuação para diferentes ambientes.

A tabela 5 apresenta valores de referência e valores medidos durante os ensaios finais do sistema de ventilação instalado na sala de ventilação 1. Os presentes ensaios foram realizados respeitando as tabelas 2 e 3, presentes no anterior capítulo 3.2.1. Conforme referido nesse mesmo capítulo, para temperaturas inferiores a 27°C, o sistema de ventilação mantém-se em repouso, não havendo qualquer circulação de ar.

Uma vez atingida a temperatura de 27°C, o sistema de ventilação iniciou o seu processo de funcionamento, garantindo o princípio inicial de funcionamento. Com o autómato devidamente programado, conforme abordado no capítulo 3.2.5 e segundo estudos realizados e ilustrados no capítulo 3.2.4, foram definidos valores referência de caudal, arredondados por excesso perante resultados obtidos em cálculo, para verificação do comportamento dos ventiladores nos diferentes patamares.

Para uma temperatura igual a 27°C e inferior a 30°C, o ventilador 1 efetuou a circulação de 9.665 m<sup>3</sup>/h de caudal e o ventilador 2 obteve o valor de 9.724 m<sup>3</sup>/h de caudal. Uma vez que, conforme referido no capítulo 3.2.1, para o presente patamar apenas funciona um ventilador de cada vez, estes individualmente superaram o valor mínimo estipulado, obtendo um caudal superior aos 8.000 m<sup>3</sup>/h de referência.

Após o valor de 30°C ser recebido no autómato, os dois ventiladores arrancaram em funcionamento simultâneo com 8.838 m<sup>3</sup>/h de caudal no ventilador 1 e 9.259 m<sup>3</sup>/h de caudal no ventilador 2, totalizando 18.097 m<sup>3</sup>/h. Este valor supera o valor mínimo estipulado de 16.000 m<sup>3</sup>/h de caudal.

Uma vez atingida a temperatura de 34°C, a frequência de funcionamento volta automaticamente a aumentar conforme valores programados, e os ventiladores 1 e 2

atingiram valores de 11.967 m<sup>3</sup>/h e 11.594 m<sup>3</sup>/h respetivamente, totalizando um caudal de 23.561 m<sup>3</sup>/h. Este valor é numericamente abaixo do valor valor mínimo referência de 24.000 m<sup>3</sup>/h, no entanto é um valor bastante aproximado, sendo inclusivé igual quando aplicada a regra dos arredondamentos. Este valor não traduz a falta de capacidade dos ventiladores vencerem os requisitos traçados, no entanto, dado ser um valor muito aproximado, é causado por uma diferente propagação de ar junto da grelha de entrada de ar no instante da medição, que terá dificultado a circulação relativamente aos casos anteriores. Na possibilidade de o valor total diferer significativamente do valor mínimo de referência,representaria uma eventual falha de funcionamento.

Para a temperatura de 38°C, nos ventiladores 1 e 2 foram registados valores de 15.531 m<sup>3</sup>/h e 16.964 m<sup>3</sup>/h, totalizando o valor de 32.495 m<sup>3</sup>/h, sendo vencido o caudal de referência de 32.000 m<sup>3</sup>/h, correspondente a 80% do caudal.

Por fim, avaliando o cso extremo, para valores de temperatura iguais ou superiores a 43°C, o ventilador 1 obteve valores de caudal de 20.491 m<sup>3</sup>/h e o ventilador 2 obteve valores de caudal de 19.423 m<sup>3</sup>/h, totalizando o valor de 39.915 m<sup>3</sup>/h. Tal como se verificou no caso da temperatura a 34°C, este valor é numericamente inferior ao valor mínimo de referência 40.000 m<sup>3</sup>/h, no entanto trata-se de umdiferença bastante pequena. De igual forma, a circulação de ar junto da grelha de entrada de ar no instante da medição terá condicionado a captação deste para o interior do edifício. Uma vez que este valor é bastante apróximado, é de igual forma validado.

**Tabela 5 Ensaios finais de caudal – sala de ventilação 1**

Temp. interior (°C)	%	Caudal		Nº de ventiladores em funcionamento	Caudal	Caudal	Caudal
		mínimo referência (m <sup>3</sup> /h)	Frequência (Hz)		medido Ventilador 1 (m <sup>3</sup> /h)	medido Ventilador 2 (m <sup>3</sup> /h)	total medido 2 ventiladores
21	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0
27	20%	8000	20	1	9665 a)	9724 a)	a)
30	40%	16000	20	2	8838	9259	18097
34	60%	24000	24	2	11967	11594	23561
38	80%	32000	32	2	15531	16964	32495
43	100%	40000	37	2	20491	19423	39915

A tabela 6, tal como a tabela 5, apresenta valores de referência e valores medidos durante os ensaios finais do sistema de ventilação da sala de ventilação 2.

O sistema de ventilação iniciou o seu processo de funcionamento após ter sido atingida a temperatura de 27°C. Para esta temperatura, o ventilador 3 obteve o valor de caudal de 11.200 m<sup>3</sup>/h e o ventilador 4 obteve 11.150 m<sup>3</sup>/h. Estes superaram com valores acima do esperado. Apesar de se tratarem de valores superiores ao valor de referência, não condiciona negativamente o funcionamento do sistema de ventilação, na medida em que será benéfico no objetivo da diminuição da temperatura. Esta ligeira variação deve-se, tal como em casos anteriores analisados, à circulação de ar sentida junto das grelhas de entrada de ar.

Para a temperatura de 30°C, com a mesma frequência de funcionamento, entram em funcionamento simultâneo os dois ventiladores, sendo medido para o ventilador 3 o valor de 8.800 m<sup>3</sup>/h e para o ventilador 4 o valor de 8.600 m<sup>3</sup>/h de caudal, totalizando o valor de 17.400 m<sup>3</sup>/h, superior aos 16.000 m<sup>3</sup>/h de referência mínima.

Para a temperatura de 34°C, os ventiladores 3 e 4 obtiveram valores de 12.110 m<sup>3</sup>/h e 12.020 m<sup>3</sup>/h respetivamente, totalizando o valor de 24.130 m<sup>3</sup>/h de caudal, cumprindo a referência mínima de 24.000 m<sup>3</sup>/h de caudal.

Para temperatura de 38°C, os ventiladores 3 e 4 obtiveram valores de 16.400 m<sup>3</sup>/h e 15.780 m<sup>3</sup>/h, totalizando 32.180 m<sup>3</sup>/h, garantindo o valor mínimo de caudal de referência de 32.000 m<sup>3</sup>/h.

Por fim, para o caso menos favorável, uma vez atingida a temperatura de 43°C, o ventilador 3 obteve o valor de 19.359 m<sup>3</sup>/h e o ventilador 4 obteve o valor de 22.105 m<sup>3</sup>/h, totalizando 41.464 m<sup>3</sup>/h de caudal. Este valor garante também o valor mínimo referência de 40.000 m<sup>3</sup>/h.

**Tabela 6 Ensaios finais de caudal – sala de ventilação 2**

<b>Temp. interior (°C)</b>	<b>% Caudal</b>	<b>Caudal mínimo referência (m<sup>3</sup>/h)</b>	<b>Frequência (Hz)</b>	<b>Nº de ventiladores em funcionamento</b>	<b>Caudal medido Ventilador 3 (m<sup>3</sup>/h)</b>	<b>Caudal medido Ventilador 4 (m<sup>3</sup>/h)</b>	<b>Caudal total medido 2 ventiladores</b>
<b>21</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>24</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>27</b>	<b>20%</b>	<b>8000</b>	<b>20</b>	<b>1</b>	<b>11200 a)</b>	<b>11150 a)</b>	<b>a)</b>
<b>30</b>	<b>40%</b>	<b>16000</b>	<b>20</b>	<b>2</b>	<b>8800</b>	<b>8600</b>	<b>17400</b>
<b>34</b>	<b>60%</b>	<b>24000</b>	<b>24</b>	<b>2</b>	<b>12110</b>	<b>12020</b>	<b>24130</b>
<b>38</b>	<b>80%</b>	<b>32000</b>	<b>32</b>	<b>2</b>	<b>16400</b>	<b>15780</b>	<b>32180</b>
<b>43</b>	<b>100%</b>	<b>40000</b>	<b>37</b>	<b>2</b>	<b>19359</b>	<b>22105</b>	<b>41464</b>

a) Apenas arranca um ventilador de cada vez. Estes funcionam em alternância para equilibrar o número de horas de funcionamento de cada ventilador.

Os princípios de funcionamento de ambas as salas, assim como os valores de caudal medidos, podem sofrer uma ligeira variação dado que foram medidos em momentos diferentes e as entradas de ar localizam-se em locais diferentes. Estas diferentes condições de ensaios podem ter influência nos valores medidos, na medida em que há uma forte possibilidade da circulação de ar junto da grelha de entrada de ar deste edifício seja diferente.

Fazendo uma análise geral aos valores obtidos nos ensaios finais das duas salas de ventilação e registados nas tabelas 5 e 6, é possível verificar que, apesar dos valores medidos de caudais serem ligeiramente diferentes, de ventilador para ventilador, o conjunto dos dois ventiladores dedicados à ventilação de cada sala de transformação, são capazes de garantir os caudais necessários para possibilitar uma eficaz e eficiente refrigeração das salas de transformação.

É de salientar que os presentes ensaios foram realizados com valores de vaudal de referência calculados no capítulo 3.2.4 para o caso extremo de temperatura exterior de 32°C na região de Leiria.

Fruto de investigação com vista em bons exemplos preventivos, surgiu o caso da SE Costa da Caparica, situada no concelho de Almada. Esta SE possui um sistema de ventilação com semelhantes características e princípio de funcionamento do sistema de ventilação, alvo do presente estudo. Tal como no projeto da SE Parceiros, todo o sistema após instalado e funcional, foi alvo de ensaios finais.

Contrariamente ao sucesso obtidos nos resultados dos ensaios finais do sistema de ventilação da SE Parceiros, estes tiveram algumas suorasas desfavoráveis ao bom funcionamento.

No presente caso existe apenas uma sala de ventilação equipada, capaz de controlar os níveis de temperatura da sala de transformação, igualmente equipada. Os presentes ensaios foram também realizados com um caudal de referência correspondente a uma determinada percentagem de caudal.

A tabela 7 representa os valores de caudais medidos nos ensaios do sistema de ventilação. Após uma análise dos resultados obtidos, é possível verificar que para os primeiros patamares de funcionamento o sistema foi capaz de vencer o caudal de referência, garantindo assim a capacidade de refrigeração da sala de transformação. No entanto, quando atingida a temperatura de 60°C, a frequência de funcionamento dos ventiladores passou a ser insuficiente na obtenção dos valores mínimos de referência, quer para esta temperatura, quer para os restantes casos superiores. Após análise, foi detetada uma falha fulcral, não no princípio de funcionamento, nem código de programação do sistema de ventilação, mas sim no completo isolamento das grelhas existentes e referentes ao espaço de reserva. Este mau isolamento provocou uma fuga de ar quando os ventiladores elevaram a sua frequência de funcionamento, provocando uma quebra e descontrolo no funcionamento.

**Tabela 7 Ensaios finais de caudal – SE Costa da Caparica**

<b>Temp. interior (°C)</b>	<b>% Caudal</b>	<b>Caudal mínimo referência (m<sup>3</sup>/h)</b>	<b>Frequência (Hz)</b>	<b>Nº de ventiladores em funcionamento</b>	<b>Caudal medido Ventilador 3 (m<sup>3</sup>/h)</b>	<b>Caudal medido Ventilador 4 (m<sup>3</sup>/h)</b>	<b>Caudal total medido 2 ventiladores</b>
<b>21</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>24</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>27</b>	<b>10%</b>	<b>8000</b>	<b>10</b>	<b>2</b>	<b>4580</b>	<b>4387</b>	<b>8967</b>
<b>30</b>	<b>40%</b>	<b>16000</b>	<b>20</b>	<b>2</b>	<b>8150</b>	<b>9109</b>	<b>17259</b>
<b>34</b>	<b>60%</b>	<b>24000</b>	<b>24</b>	<b>2</b>	<b>9950</b>	<b>10590</b>	<b>20540</b>
<b>38</b>	<b>80%</b>	<b>32000</b>	<b>32</b>	<b>2</b>	<b>13762</b>	<b>11438</b>	<b>25200</b>
<b>43</b>	<b>100%</b>	<b>40000</b>	<b>37</b>	<b>2</b>	<b>13400</b>	<b>17580</b>	<b>30980</b>

Dado o presente exemplo, todo o estudo do sistema de ventilação da SE Parceiros foi realizado com vista na prevenção deste tipo de falhas, resultando assim, conforme analisado anteriormente, num exemplar caso de estudo dado o seu sucesso de funcionamento.

### **3.3. SISTEMA DE INSONORIZAÇÃO**

As SE são fonte de ruído acústico e o principal causador é o TP, normalmente as SE situam-se longe dos centros urbanos para não gerar impacto ambiental sobre a população, do ponto de vista de poluição sonora. Com o crescimento das cidades, a população aproxima-se das regiões onde existem SE, chegando a envolvê-las <sup>[27]</sup>. Então, surge a necessidade de controlar e adequar o ruído gerado, para que os níveis sejam tais que não causem desconforto à população local, degradando a qualidade de vida e até a saúde.

O sistema de insonorização da SE Parceiros é essencial para que o desempenho desta não ultrapasse os limites sonoros impostos por lei (Decreto-Lei 9/2007 de 17 de Janeiro <sup>[28]</sup>), de forma a não perturbar a população dos terrenos vizinhos. A SE possui um conjunto de aparelhos associados que, apesar do desenvolvimento tecnológico, produzem um elevado ruído, assim, e com a preocupação de evitar excessos de ruído para além das fronteiras da propriedade, foi desenvolvido um sistema de insonorização.

#### **3.3.1. OBJETIVOS E PRINCIPIO DE FUNCIONAMENTO**

O sistema de insonorização deve assegurar que do funcionamento da SE não resulte num acréscimo exagerado do nível de ruído no seu exterior. O presente sistema tem em vista a atenuação do ruído provocado pelos equipamentos das salas de transformação e das salas de ventilação. Como já foi referido anteriormente, estas salas possuem a principal máquina de funcionamento de uma SE, o TP, que por sua vez é o equipamento capaz de produzir mais ruído. A necessidade da existência de um circuito de refrigeração das divisões de funcionamento das máquinas, implica a utilização de aparelhos que, com a evolução tecnológica os torna cada vez menos ruidosos, mas, geram sempre alguma perturbação que pode ser um problema para o bom e correto funcionamento da SE. Esta situação particular é um caso de estudo objetivo do presente projeto, pelo que, foram realizados estudos de insonorização às áreas em causa. Mediante os resultados obtidos, será desenvolvida uma solução de isolamento acústico baseada em atenuadores, filtros e jogo de grelhas, instalados nas áreas consideradas críticas.

Conforme descrito anteriormente, as Salas TP e as Salas de Ventilação encontram-se interligadas por meio de grelhas que permitem a passagem de ar. Uma vez que o ar quente sobe, foi criada uma entrada de ar ao nível do pavimento por cada sala TP, onde é feita a captação do ar exterior ao nível do pavimento numa grelha exterior associada a um filtro

montado com uma bateria e um atenuador de ruído. Foi criada também uma saída de ar em cada uma das salas de ventilação, onde é feita a descarga de ar ao nível alto, havendo encaminhamento do ar a exaurir para a cota alta por meio das referidas grelhas de interligação. Este ar será devolvido ao exterior em grelha fechada interligada a um atenuador acústico.

Nas entradas de ar serão colocados filtros de ar para proteção do material de insonorização e limitando assim a entrada de poeiras nas salas TP. Estes filtros deverão ter uma eficiência igual ou superior a 80% e devem ter a capacidade necessária para a passagem do caudal máximo total dos ventiladores para cada sala de transformação, em regime permanente, sem que, tal reduza de maneira significativa o seu tempo de vida útil.

Para proteção dos filtros e sinalização da sua progressiva colmatação, foi providenciado um sistema de alarme e disparo envolvendo dois pressostatos. O primeiro atuará na necessidade de proceder à substituição ou lavagem dos filtros e servindo o segundo para o disparo dos ventiladores quando tiver sido atingida a situação crítica. Para assegurar o acesso aos filtros de insonorização, as grelhas de entrada de ar são dotadas de dobradiças e fechaduras para permitir a sua abertura.

Cada ventilador possuirá um pavilhão de aspiração com rede a montante e um registo de sobrepressão a jusante de modo a não haver refluxo de ar entre ventiladores, sendo a descarga de ar feita para uma superfície que interliga com o atenuador. À saída do atenuador, o ar encontra uma grelha de estrutura curvada, que reforça a quebra de ruído já feita no atenuador acustico.

Os ventiladores funcionarão a elevadas rotações, o que irá provocar uma grande vibração do equipamento. Dessa forma, estes equipamentos possuirão pés de fábrica onde serão interpostos cinoblocos de isolamento das vibrações com a laje de assentamento. Para efeitos da descarga de ar, serão colocadas telas imputrescíveis e antivibratórias para isolamento acústico e vibrático com as condutas que se interligam.

Todos os equipamentos foram alvo de testes individuais para garantirem a eficácia e eficiência da sua função a nível sonoro.

### 3.3.2. ÁREAS ABRANGIDAS

O sistema em estudo, com o objetivo de atenuar o ruído provocado pelos equipamentos de funcionamento nas salas de transformação e ventilação, concentrou os seus equipamentos de atuação nos compartimentos designados por Sala de Ventilação 1, Sala de Ventilação 2, Sala de Transformação 1 e Sala de transformação 2. Conforme descrito anteriormente, estas salas são um espelho uma da outra e estão interligadas por intermédio de grelhas que permitem efetuar a circulação de ar, Sala de transformação 1 com Sala de Ventilação 1 e Sala de Transformação 2 com Sala de Ventilação 2.

Todos os equipamentos que fazem parte integrante deste sistema encontram-se instalados nas principais entradas/saídas de ar, de forma a haver uma considerável quebra de decibéis de ruído produzido e encaminhado para o exterior, provocado pelos equipamentos em funcionamento e pela própria circulação do ar.

Nas figuras 37 e 38 são identificadas as áreas da SE onde se encontram instalados os equipamentos adjacentes ao sistema de insonorização.

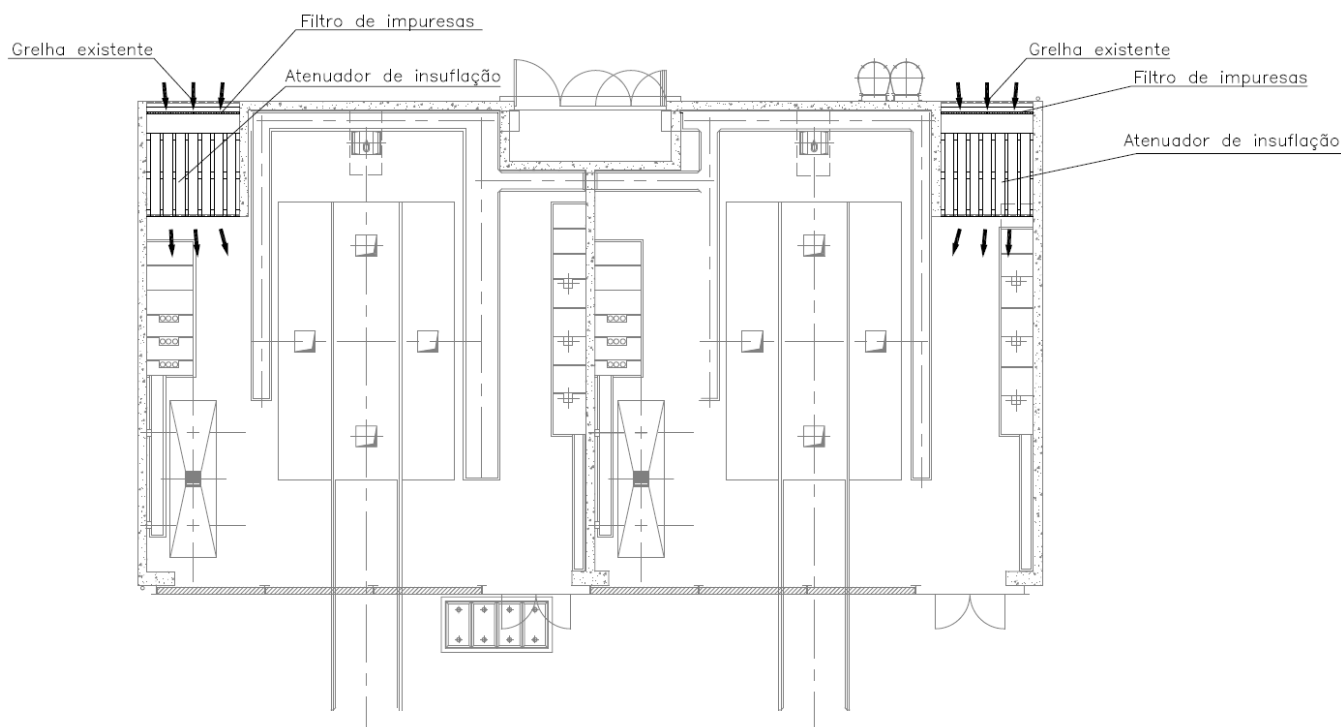
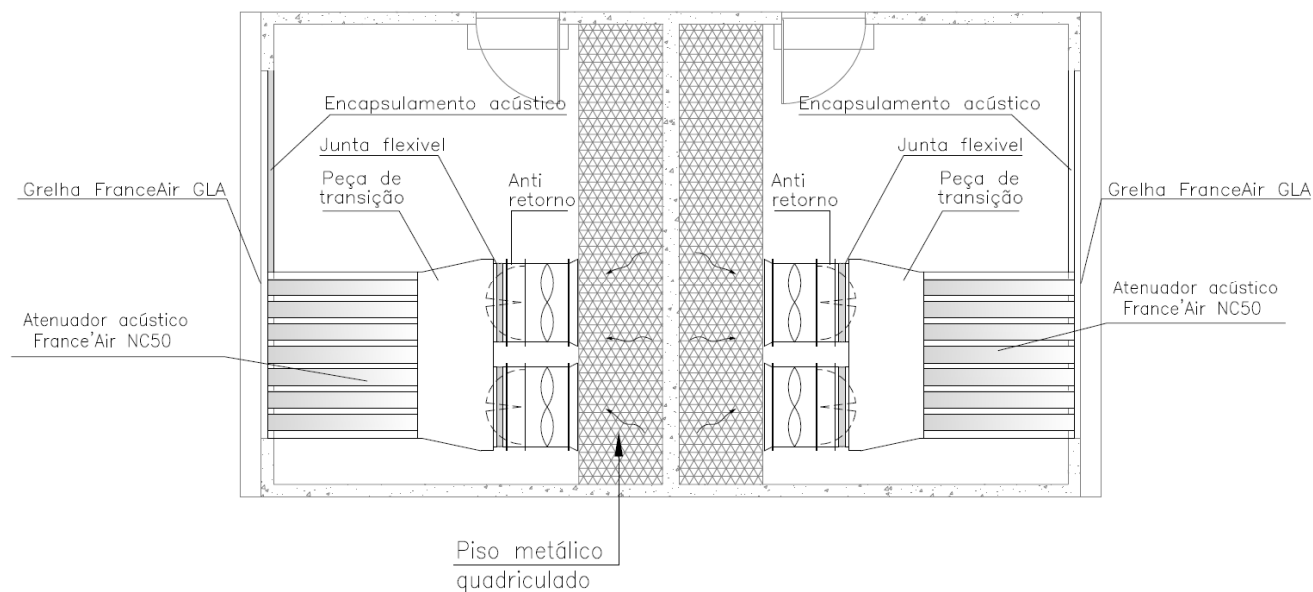


Figura 37 Planta das áreas abrangidas do sistema de insonorização – Salas de Transformação



**Figura 38 Planta das áreas abrangidas do sistema de insonorização – Salas de Ventilação**

A localização destas salas, situando-se de forma a possibilitar uma interligação direta, revelou-se uma mais-valia para o bom funcionamento do sistema de insonorização uma vez que a trajetória da circulação do ar tinha um percurso bem definido, não sendo necessário haver diversos circuitos de ar desde a sua entrada no edifício, até a sua saída, que iria provocar um aumento de ruído.

### **3.3.3. COMPONENTES FÍSICOS DO SISTEMA DE INSONORIZAÇÃO**

Para o eficaz funcionamento do sistema de insonorização, foram equacionados equipamentos que garantissem eficiência na quebra da passagem de ruído para o exterior. Para condicionar este entrave tecnológico foi providenciado um sistema de equipamentos que atenuavam qualquer ruído nas entradas e saídas de ar.

Cada sala de transformação possui uma entrada de ar, cada uma equipada com um conjunto de atenuadores de insuflação e um filtro de impurezas. O atenuador de insuflação, ilustrado na figura 39, é da marca FranceAir e tem a referência SRB arpège M0. Este equipamento é instalado em painéis monobloco e possui características acústicas testadas e cantos arredondados para diminuição de perdas de carga <sup>[21]</sup>.



**Figura 39 Atenuador de insuflação – Salas TP, Leiria, Setembro de 2014**

O filtro usado para impedir a entrada de impurezas é da marca FranceAir e modelo FR SPG, com uma espessura de 50mm. Este filtro encontra-se ilustrado na entrada do atenuador de insuflação e é usado em conjunto com um porta-filtro para grelha exterior da mesma marca e com referência PFG <sup>[22]</sup>.

As salas de ventilação, de forma a finalizar o circuito percorrido pelo ar, possuem uma saída de ar cada, equipadas com atenuadores acústicos, filtro anti-retorno e encapsulamento acústico. Os atenuadores acústicos são da marca FranceAir e tem a referência NC50 <sup>[8]</sup>.

O último equipamento antes do ar ser liberto para o exterior são as grelhas anti-retorno. Estas grelhas possuem uma estrutura robusta e grelhas anti-chuva e permitem a extração de ar. A sua forma curva funciona também como quebra na velocidade de extração do ar, funcionando também como elemento acústico. A figura 40 pretende ilustrar estas características físicas da grelha. Estas grelhas são também da marca FranceAir e tem a referência GLA <sup>[23]</sup>.



**Figura 40 Grelha anti-retorno FranceAir GLA – Sala Ventilação 2, Leiria, Setembro de 2014**

Dado que as presentes salas de ventilação estão preparadas com um espaço de reserva para futura expansão do sistema de ventilação, a estrutura civil possui de igual forma uma grelha para extração de ar. No entanto, não passa de uma reserva e deve ser devidamente encapsulada para evitar passagem de ruído para o exterior e provocar em simultâneo um descontrolo no funcionamento do sistema de ventilação. Este painel é constituído por núcleo em lã mineral de alta densidade e faces revestidas por chapa de aço lacadas que isola todo o espaço de libertação de ar para o exterior para uso futuro, conforme ilustrado na figura 41. Foi então usado um encapsulamento acústico da marca Silent Systems e referência Silent Panel <sup>[24]</sup>.



**Figura 41 Painel acústico Silent System Silent Panel – Sala Ventilação 1, Leiria, Setembro de 2014**

Dada a elevada velocidade de funcionamento dos ventiladores, existe grande vibração destes. Para evitar a rápida degradação do material e conseqüente provocação de ruído, foram colocados apoios anti-vibratórios que não só protegem o material, como dão liberdade de funcionamento e evitam um acréscimo de decibéis de ruído produzido. Estes apoios são da marca FranceAir e o modelo BCA <sup>[25]</sup>.

Todos os equipamentos escolhidos, cumprindo todos os requisitos técnicos necessários para a sua função, apresentaram um valor de custo benéfico para o cumprimento dos limites orçamentais. Desta forma foi possível não só obter os equipamentos necessários com uma excelente relação de custo capaz de cumprir as metas orçamentais, como foi possível obter os equipamentos considerados mais adequados tecnicamente para enquadrar no presente projeto.

#### **3.3.4. ESTUDOS REALIZADOS**

No caso particular da insonorização, o sucesso dos resultados obtidos estará sempre dependente das características e do estado de conservação dos equipamentos envolventes, dado que, se trata de uma solução mecânica, apesar de alguns destes equipamentos sinalizarem o estado de avaria para o QCV ou necessidade de manutenção. Dada a necessidade de atenuar a saída do ruído para o exterior para valores inferiores a 45dB (período noturno) e 55dB (período diurno), imposto pelo Decreto-Lei 9/2007 de 17 de Janeiro, nomeadamente no seu artigo 3º, alínea p)<sup>[28]</sup>, foi escolhida uma gama de atenuadores acústicos testados pelo fabricante para valores normalizados. De forma a evitar um retorno de ar, foi escolhida uma grelha anti-retorno que ajuda a controlar do sistema de ventilação.

Com o sistema de ventilação em funcionamento, foram efetuados testes acusticos de montagem, de forma a comprovar as características dos equipamentos. Estes testes acústicos foram realizados com recurso a um anemómetro da marca Testo e referência 435 <sup>[26]</sup>, que permitiu obter os décibéis obtidos com o sistema em funcionamento.

### 3.3.5. ENSAIOS FINAIS

Os ensaios finais do sistema de insonorização, da mesma forma que os ensaios finais da ventilação, são realizados no local e na presença dos responsáveis técnicos da instalação e têm como princípio mostrarem a eficácia do sistema em causa na sua função de atenuar os ruídos provocados pelos equipamentos em funcionamento.

De acordo com a filosofia de atuação da EPME, os ensaios finais são, na grande maioria dos casos, apenas revalidação de todo o trabalho realizado, visto que todos os parâmetros são previamente verificados e ensaiados. O presente caso não fugiu à regra e, com recurso ao anemómetro usado nos estudos realizados, foram comprovados os níveis de ruído nos limites da propriedade da SE Parceiros.

Estes ensaios foram realizados entre as 17h30 e as 18h30. A determinação deste horário deve-se ao facto de ser o período de maior movimentação local e por sua vez a produção do maior nível de ruído ambiente. Inicialmente foram medidos níveis de ruído ambiente e posteriormente, nos mesmos locais, foram medidos níveis de ruído com o sistema de ventilação em funcionamento com máxima frequência. Os resultados obtidos, ilustrados na figura 42, revelam a eficácia do sistema instalado.

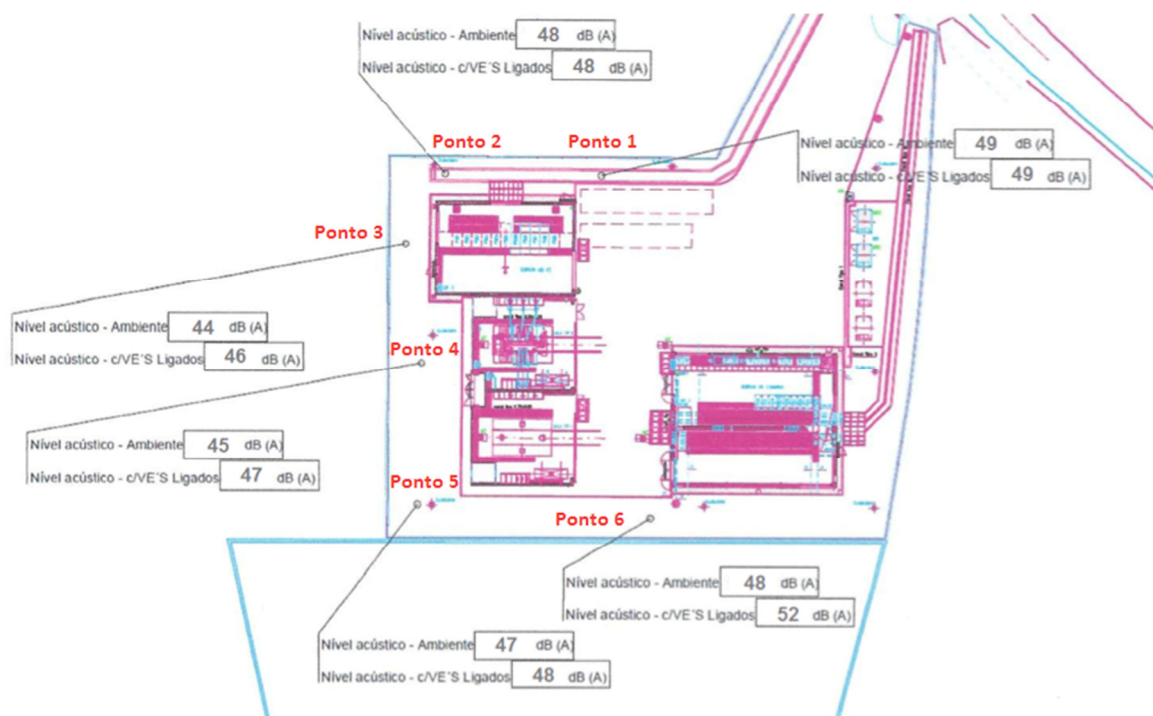


Figura 42 Níveis de ruído - ensaios finais sistema de insonorização

De acordo com o Decreto-Lei 9/2007 de 17 de Janeiro, nomeadamente no seu artigo 11º, número 1, alínea b)<sup>[28]</sup>, a zona onde foi instalada a SE Parceiros, é uma zona sensível devido à existência de propriedades circundantes de densidade habitacional e criação animal, as quais não devem ficar expostas a ruído ambiente exterior superior a 55dB(A) durante o período diurno e 45dB(A) durante o período noturno, conforme anteriormente referido. Estes períodos são definidos igualmente pelo mesmo Decreto-Lei, no seu artigo 3º, alínea p)<sup>[28]</sup>.

Neste sentido, e para verificação do valores de ruído na SE Parceiros se encontravam dentro dos limites impostos por lei, foram definidos seis pontos de medição do nível acústico, de acordo com a figura 47.

Estas medições foram realizadas para verificação do ruído ambiente e do ruído ambiente com ventiladores em funcionamento máximo. Os seis pontos de medição apenas dizem respeito aos limites da propriedade que circundam os edifícios que alojam os equipamentos capazes de provocar ruído. Os restantes limites da propriedade não foram alvo de medições, uma vez que circundam zonas que não contém equipamentos capazes de produzir qualquer tipo de ruído.

**Tabela 8 Ensaio finais acústicos**

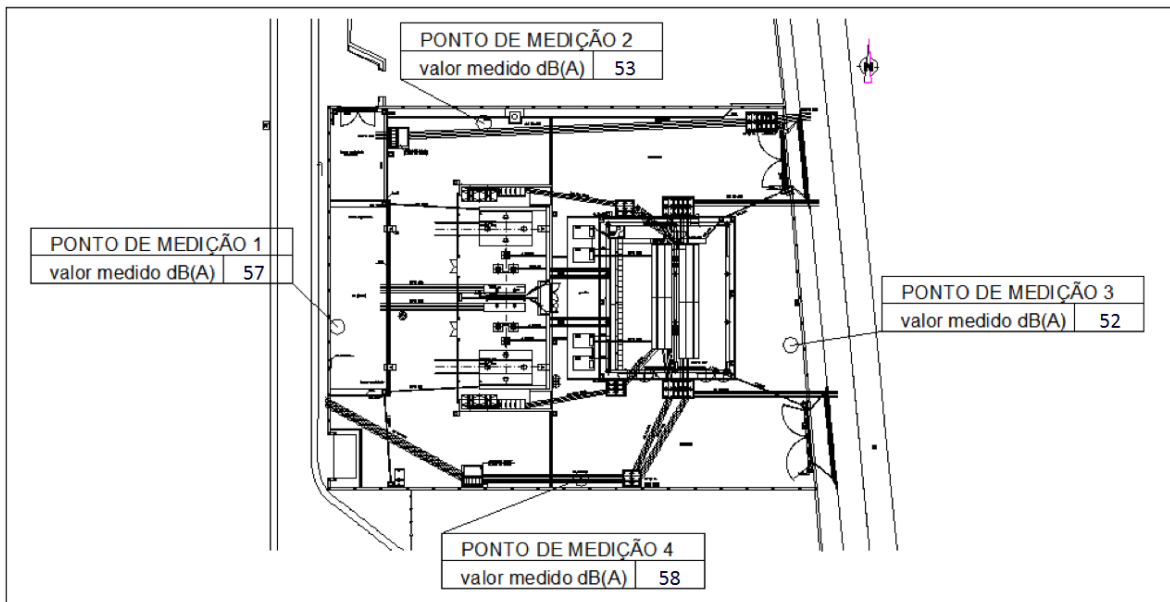
<b>Ponto de Medição</b>	<b>Nível Acústico Ambiente [dB(A)]</b>	<b>Nível Acústico Ambiente com Ventiladores em Funcionamento Máximo [dB(A)]</b>
<b>1</b>	<b>49</b>	<b>49</b>
<b>2</b>	<b>48</b>	<b>48</b>
<b>3</b>	<b>44</b>	<b>46</b>
<b>4</b>	<b>45</b>	<b>47</b>
<b>5</b>	<b>47</b>	<b>48</b>
<b>6</b>	<b>48</b>	<b>52</b>

Dado que os ensaios finais, realizados, realizados com entidades responsáveis, foram efetuados em horário de maior volume de ruído ambiente, foi considerado o limite máximo de ruído ambiente exterior, 55dB(A), como referência para os valores medidos. Todos os pontos medidos obtiveram valores dentro dos limites, respeitando assim a legislação em vigor. A diferença entre os valores de ruído ambiente obtidos, deve-se ao facto de haver uma maior ou menor proximidade dos pontos de medição em questão com as zonas de maior produção de ruído ambiente. No entanto, os pontos de medição 1 e 6 obtiveram um ligeiro valor acústico medido superior aos pontos de medição 2, 3, 4 e 5, conforme se pode verificar na tabela 8. Esta diferença deve-se ao tipo de isolamento presente na estrutura civil do próprio edifício onde se encontram instalados os equipamentos. A presença de uma parede móvel, garante um menor isolamento acústico que as restantes paredes de bloco único. Apesar da existência da diferença de capacidade de isolamento acústico entre diferentes paredes do mesmo edifício, foram garantidos legalmente os valores de ruído produzido.

De igual forma ao caso comparativo nos ensaios finais do sistema de ventilação, presente no capítulo 3.2.6, foram analisados alguns exemplos de casos de sucesso na função de atenuação de ruído, assim como exemplos de casos menos bem sucedidos.

A SE Vilamoura, situada na região do Algarve, dada a proximidade com uma zona de elevada densidade populacional, necessitou da mesma forma que a SE Parceiros, de atenuar todo o ruído produzido, fruto do funcionamento dos diversos equipamentos.

A figura 43 apresenta os resultados obtidos em quatro pontos de medição da SE Vilamoura. Analisando os valores medidos é possível verificar que tanto no ponto de medição 1, como no ponto de medição 4, foram medidos valores acima do limite imposto por lei. Analisando a origem do problema, verificou-se que para o ponto de medição 1 (zona situada em frente à entrada do TP), a parede amovível para movimentação do TP não possuía isolamento minimamente aproximado do restante edifício, de forma a possibilitar a passagem de ruídos produzidos. Já no ponto de medição 4 (zona onde se localiza a grelha de entrada de ar), verificou-se que a inexistência de um atenuador de insuflação na grelha de entrada de ar, provocava um enorme ruído quer por parte do funcionamento dos equipamentos, quer na entrada do ar no edifício.



**Figura 43 Níveis de ruído - ensaios finais SE Vilamoura**

Estas falhas provocaram um atraso na entrada em funcionamento da SE, de forma que, para evitar a repetição de erros semelhantes, estas duas falhas foram desde início alertados e considerados nos estudos realizados. Desta forma, o sistema de insonorização instalado na SE Parceiros resultou num exemplo a seguir para futuros trabalhos com condicionantes semelhantes ao presente projeto.



## 4. CONCLUSÕES

No decorrer da dissertação foram apresentados diversos casos de estudo, soluções, estudos realizados, implementação dos diferentes sistemas, entre outros. Várias decisões e opções foram analisadas e fomentadas, justificando as suas escolhas. Neste ultimo capítulo serão analisados as vantagens e desvantagens das opções escolhidas, assim como a capacidade de futuro alargamento do sistema da SE.

De uma forma geral, este projeto colocou à prova a capacidade de adaptar um sistema de funcionamento, respeitando características técnicas, requisitos de funcionamento, estrutura civil disponível e, acima de tudo, conseguir enquadrar toda a envolvente tecnológica respeitando os limites legais de ruído além limites da propriedade.

Inicialmente, a maior condicionante no arranque da elaboração dos estudos foi a condicionante das estruturas civis disponíveis. O facto de haver dois edifícios fisicamente separados obrigou a prever uma maior articulação nas interligações entre edifícios, que não se resumiu apenas à quantidade astronómica de cabo utilizado para além do habitualmente usado em SE convencionais, como também obrigou a recursos de alguns equipamentos de interligação e/ou distribuição. No seguimento da análise ao espaço disponível, o edifício GIS por sua vez, foi alvo de grande articulação para a escolha do equipamento a propor. Com o principal objetivo de cumprir com requisitos técnicos, deveria ser escolhido um

equipamento capaz de respeitar dimensões e limites para instalação e, não menos importante, que tivesse um preço competitivo no mercado em que se insere. No entanto, nem todos os aspetos representaram um problema na fase de projeto. A idealização da construção das salas de transformação e de ventilação revelaram ser uma mais-valia. A interligação entre as salas permitiu prever um simples e eficaz circuito de circulação de ar e com dimensões adequadas para instalação de todos os equipamentos necessários para o correto funcionamento.

Não sendo da principal competência da EPME o fornecimento do equipamento GIS, foi esta entidade que se encarregou da completa instalação mecânica e física deste equipamento. Completamente envolvidos nesta fase do projeto, é de salientar a fantástica escolha e aceitação da proposta feita pelo equipamento proposto. Tendo a capacidade de comparação de anteriores projetos realizados, sem dúvida que este equipamento mostrou ser o mais funcional para qualquer operador, assim como para qualquer intervenção de manutenção necessária, conseguindo cumprir todos os requisitos técnicos exigidos.

A complexidade de requisitos expostos adjacentes ao presente projeto para soluções de ventilação e insonorização, trouxe a este projeto uma elevada motivação de cariz de engenharia. Dois sistemas independentes um do outro, mas por outro lado completamente interligados. Todo o projeto assenta num prévio estudo da estrutura civil existente. As salas existentes nesta estrutura são completamente fechadas, não possuindo qualquer janela e não havendo qualquer condicionante de sobreaquecimento dos espaços interiores por sobreaquecimento face a exposição solar. Assim sendo, o principal e maior elemento de produção de ruído e calor é a máquina caracterizada como “coração” da SE, o TP. Este possui no seu interior uma elevada quantidade de óleo que, no decorrer do seu funcionamento, é capaz de atingir temperaturas elevadas. Por sua vez, este aquecimento provoca uma alteração da temperatura da sala onde se insere. Quando esta temperatura atinge valores limites acima estudados, irá colocar em ação todo o sistema de ventilação e consequentemente de insonorização. Dada velocidade de funcionamento da ventilação do próprio transformador, que conta com oito ventiladores em funcionamento simultâneo, é provocado um ruído acima do aceitável por lei. Por sua vez, o sistema de ventilação acionado por temperatura, aumentará este valor para valores inaceitáveis e perturbadores para a vizinhança. O equipamento escolhido para insonorizar esta instalação revelou ser um garantido sucesso e referência para futuros projetos pelo pleno cumprimento dos

valores obtidos pelo anemómetro. Um ponto negativo para o isolamento usado na parede de entrada do transformador que não garante as mesmas características do restante edifício, no entanto, os valores obtidos foram dentro dos limites propostos.

O ponto alto desenvolvido neste trabalho foi o completo e complexo sistema de ventilação, dada a quantidade de requisitos que este obrigatoriamente teria que cumprir. O processo de desempenho revelou ser o melhor para o desenvolvimento deste estudo, sendo que o QCV seria o armário que concentraria todo o controlo do sistema em questão. Dessa forma foi desenvolvido e aprovado um esquema elétrico com todos os comandos, ações, sinalizações e alarmes que os equipamentos deveriam obedecer. O autómato escolhido não ficou aquém das expectativas criadas, respondendo a todos os comandos impostos por código, sem margem para falhas. Todos os equipamentos mecânicos selecionados responderam também positivamente ao funcionamento esperado, fazendo dessa forma vigorar a veracidade de todos os estudos previamente elaborados.

Não menos importante foram os casos exemplo estudados que permitiram identificar pormenores fundamentais que poderiam representar graves falhas no funcionamento de ambos os sistemas.

Em suma, este aliciente e árduo projeto de engenharia foi capaz de colocar à prova diversos e diferentes parâmetros, todos interligados entre si. Dada a experiência adquirida, é relevante mencionar que o acondicionamento acústico nunca estará dependente apenas dos equipamentos escolhidos como ideais para formar uma barreira de som, mas também de todos os materiais presentes no meio envolvente, que mesmo invisível a olho nu, são capazes de ter uma elevada influência na permissão de passagem de ruído.

É também de louvar os grandes profissionais envolvidos no projeto que contribuíram com o seu *know-how*, e responsáveis da EDP sempre abertos a novas e eficazes sugestões técnicas de funcionamento, capazes de valorizar o projeto.

Dado o sucesso obtido no projeto desenvolvido e instalado, este tornou-se um ótima referência para trabalhos a serem desenvolvidos futuramente.



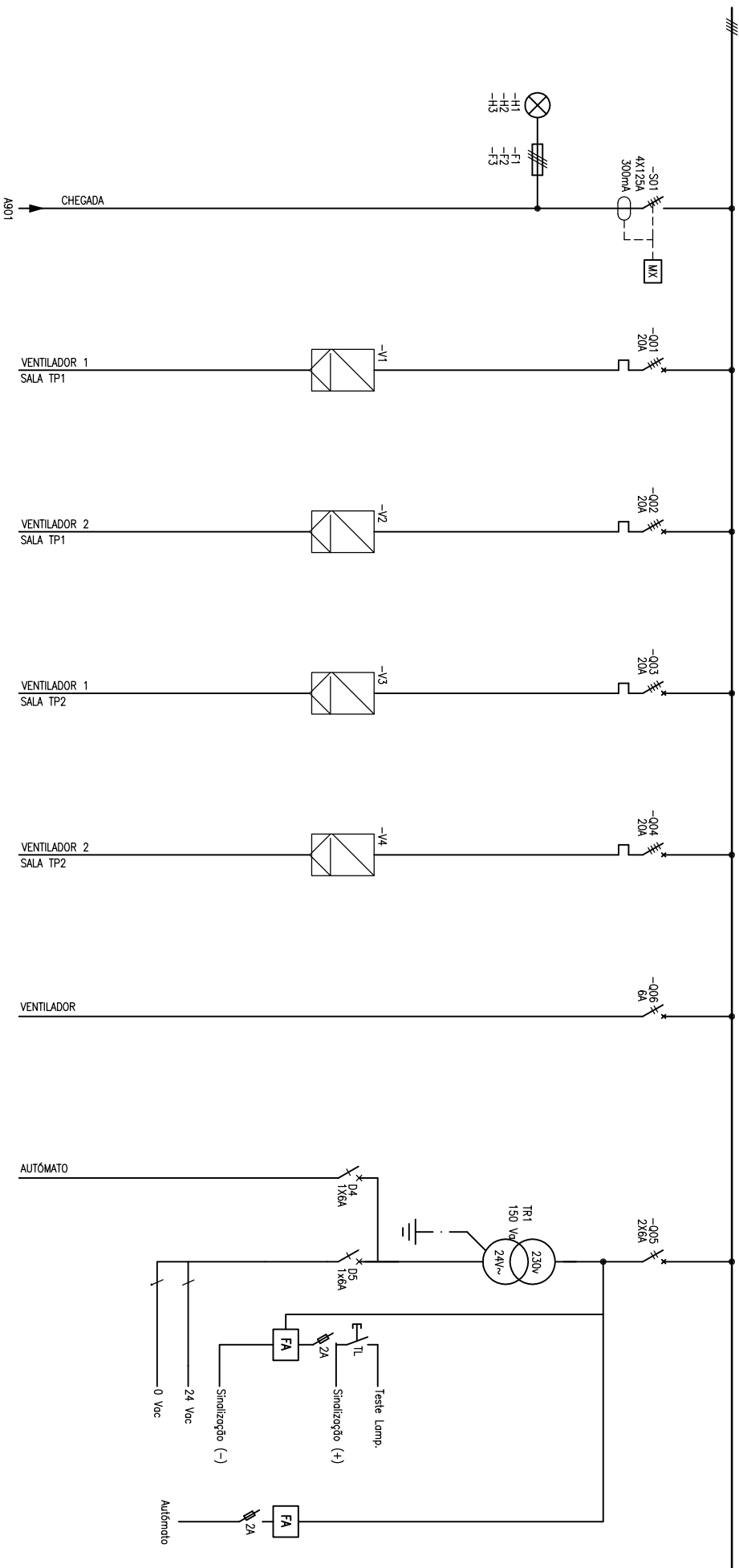
## *Referências Documentais*

- [1] MARTINS DA SILVA, P. – Nota de Apresentação In «Engenharia Acústica». Lisboa. Ingenium Edições, Lda., 2007. ISBN 978-972-98843-9-9. Pág. 4
- [2] EPME – Quem Somos [a empresa]. Disponível na WWW:URL: <http://www.epme.com/#!epme/c10fk>
- [3] MARTINS DA SILVA, P. – A componente acústica do ambiente In «Engenharia Acústica». Lisboa. Ingenium Edições, Lda., 2007. ISBN 978-972-98843-9-9. Pág. 24
- [4] ABB - Gas Insulated Switchgear, Modular and flexible, 52-1100 kV, 15 de Maio, 2013
- [5] VASCONCELOS, Tiago - Consulta para Empreitada de Montagem de Subestações - ECPT - Caderno de Encargos Particular, pág. 31, EDP, 16 de Setembro 2011
- [6] FRANCEAIR – Ventilador AXALU 2 – 1000AX/25/4/6/14, Agosto de 2013.
- [7] S&P – Caixas de Ventilação Axiais com Hélice de Ângulo Variável, Série CGT. Ventiladores helicoidais tubulares, págs. 232 – 239. Disponível na WWW:URL: [http://www.solerpalau.pt/docs/catalogo\\_general/pt\\_232\\_239\\_cgt\\_fid5811.pdf](http://www.solerpalau.pt/docs/catalogo_general/pt_232_239_cgt_fid5811.pdf)
- [8] FRANCEAIR – Atenuador Acústico – 57EAE6G8JQ, Agosto de 2013.
- [9] ACUSTERMIA – Atenuadores Sonoros de Ventilação. Disponível na WWW:URL: <http://pt.scribd.com/doc/178538883/ACUSTERMIA-atenuadores-sonoros-ventilacao-pdf>
- [10] Planeta sustentável. Disponível na WWW:URL: [http://planetasustentavel.abril.com.br/pops/como\\_se\\_distribui\\_pop\\_2253x1474.shtml](http://planetasustentavel.abril.com.br/pops/como_se_distribui_pop_2253x1474.shtml)
- [11] ABB – Gas Insulated Switchgear, Modular and flexible, 52-1100 kV, 15 de Maio, 2013.
- [12] VASCONCELOS, Tiago - Consulta para Empreitada de Montagem de Subestações - ECPT - Caderno de Encargos Particular, pág. 7, EDP, 16 de Setembro 2011
- [13] CANCELA MEIRELES, Vítor – Variação da Resistência com a Temperatura In «Circuitos Elétricos». Lisboa. LIDEL – edições técnicas, lda., Fevereiro 2007. ISBN 978-972-757-457-5. Pág. 32 – 34.

- [14] VASCONCELOS, Tiago - Consulta para Empreitada de Montagem de Subestações - ECPT - Caderno de Encargos Particular, pág. 32, EDP, 16 de Setembro 2011
- [15] CONATEC – Sonda de Temperatura PT100, Termopar J/K – Dep. Indústria e Ambiente, Catálogo Instrumentação – Medição e Controlo de Pressão e Temperatura, pág. 102.
- [16] BECK – Pressostato Diferencial para Ar – Dep. Ar Condicionado, Janeiro de 2014.
- [17] ABB – Conversores de frequência standard ABB, ACS310, 0,37 a 22 kW / 0,5 a 30 hp, Catálogo, 06 de Setembro de 2010.
- [18] CLIMATE-DATA, Disponível na WWW:URL: <http://pt.climate-data.org/location/140/>
- [19] IPMA – Boletim Climatológico Mensal, Portugal Continental, Agosto 2013. Disponível na WWW:URL: [https://www.ipma.pt/resources.www/docs/im.publicacoes/edicoes.online/20140516/GOEYOaIVtlmMgsvPPoI/cli\\_20130801\\_20130831\\_pcl\\_mm\\_co\\_pt.pdf](https://www.ipma.pt/resources.www/docs/im.publicacoes/edicoes.online/20140516/GOEYOaIVtlmMgsvPPoI/cli_20130801_20130831_pcl_mm_co_pt.pdf)
- [20] KIMO – AMI 300 Multifunction, Technical Data Sheet. Disponível na WWW:URL: [http://www.kimo.fr/produits/265/ami\\_300.html](http://www.kimo.fr/produits/265/ami_300.html).
- [21] FRANCEAIR – SRB arpège M0, Baffles acústicos para médias e altas frequências – Conduatas, acessórios & acústica, pág. 254, 2009.
- [22] FRANCEAIR – PFG, Porta-filtro para grelha exterior – Difusão, pág. 176, 2009.
- [23] FRANCEAIR – GLA, Grelha exterior em alumínio – Difusão, pág. 170, 2009.
- [24] SILENT SYSTEMS, Ruído e Vibrações LDA – Pannel Acústico Silent Panel, 2012.
- [25] FRANCEAIR – BCA, Apoios anti-vibráticos em borracha, pág. 256, 2011.
- [26] TESTO 435, Multifunction measuring instrument. Disponível na WWW:URL: [http://www.testo.pt/resources/media/global\\_media/produkte/testo\\_435/435\\_IM\\_0977\\_4350\\_en\\_06.pdf](http://www.testo.pt/resources/media/global_media/produkte/testo_435/435_IM_0977_4350_en_06.pdf)
- [27] FARIAS et al., 1997
- [28] Decreto-Lei nº 9/2007 de 17 de Janeiro, Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional – Regulamento Geral do Ruído. Diário da República – 1ª série – N°12

## Anexo A. Esquema Desenvolvido Quadro de Comando da Ventilação

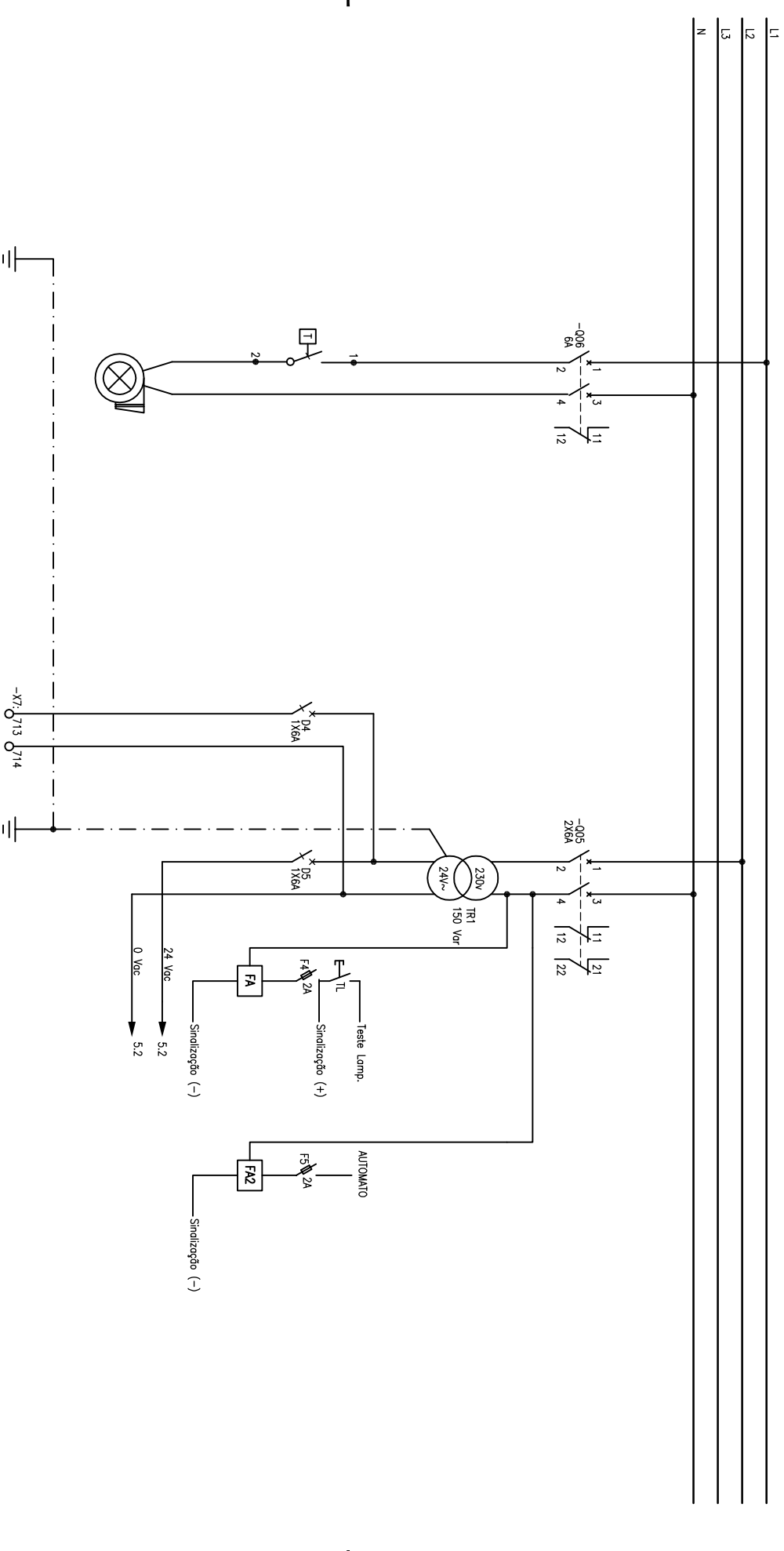




OBRA N° <b>P.0253.2</b>		INDICE <b>A</b>	
CONDIÇÃO EXECUTADO		DESCRIÇÃO	
DATA 09-2014		EPME	
ALTERAÇÃO		EPME	
APROVADO		PROJ. DES. VERIF.	
		<b>SUBESTAÇÃO 60/15 kV PARCEIROS</b>	
QUADRO COMANDO E VENTILAÇÃO		CÓDIGO DO CAMPO DE APLICAÇÃO <b>10 09 SS 0233 00</b>	
ESQUEMA DE PRINCÍPIO DESENVOLVIDO		FOLHA N° 02/21	
ESQUEMA UNIFILAR		DOCUMENTO N° <b>09 145 01 02</b>	
SUBSTITUI		OUTPUT FT A4	
INDICE <b>A</b>		INDICE <b>A</b>	



1	2	3	4	5	6	7	8
		VENTILADOR			TRANSFORMADOR 230 / 24V AC		
					AUTOMATO		
					GTC		



OPERA N°  
P.0253.2

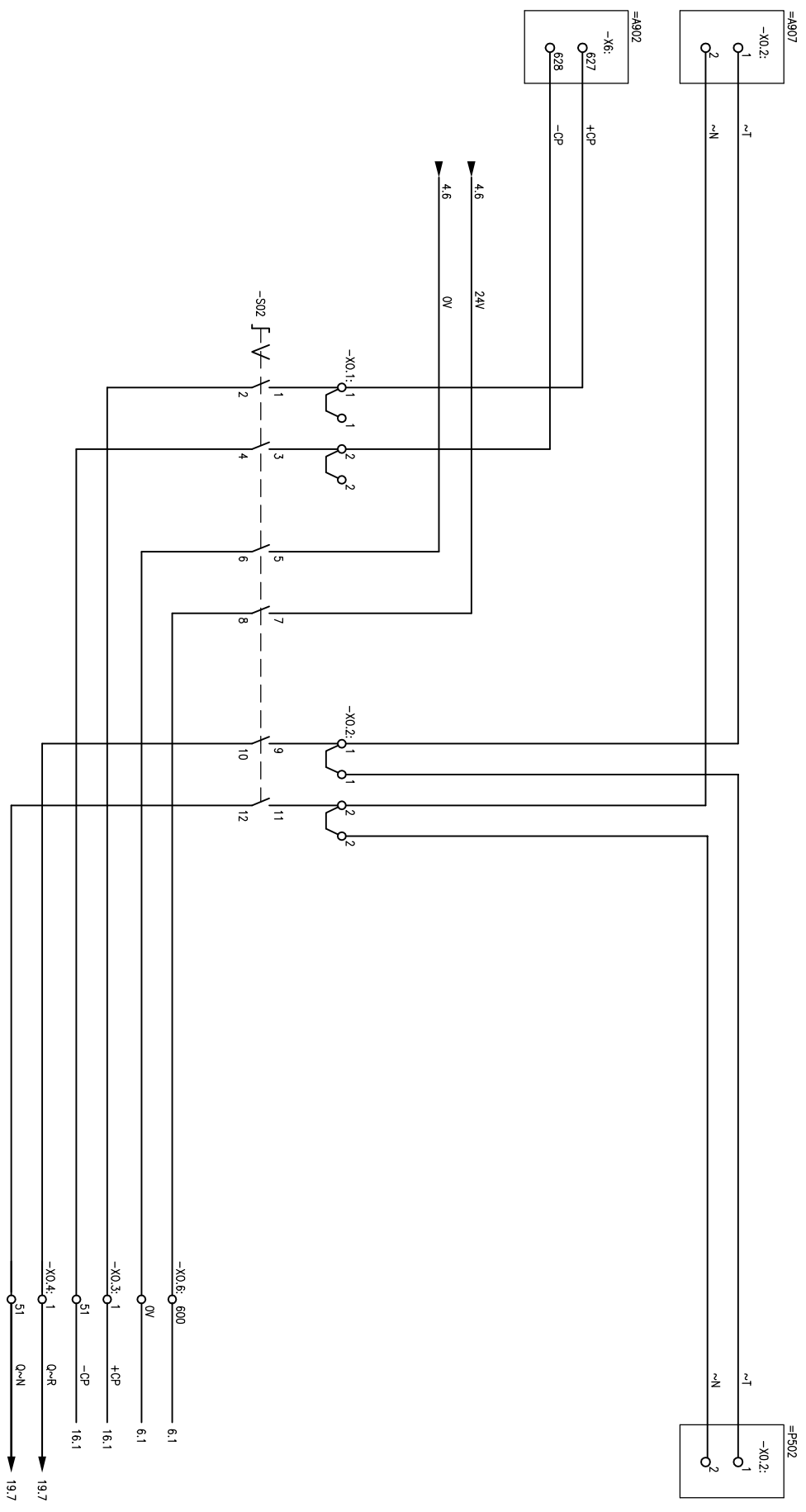
INDICE	A	CONFORME EXECUTADO	DESCRICO	09-2014	EPME	EPME
				DATA	ALTERAÇÃO	APROVADO



PROJ.	
DES.	
VERIF.	

SUBESTAÇÃO 60/15 KV PARCEIROS	
QUADRO COMANDO E VENTILAÇÃO	
ESQUEMA DE PRINCIPIO DESENVOLVIDO	
CIRCUITO DE POTENCIA	
SUBSTITUI	CODIGO DO CAMPO DE APLICAO
	10 09 SS 0233 00
ISO 5457-43-ESQ	09 145 01 04
FOLHA N° 04/21	DOCUMENTO N°
OUTPUT FT A4	INDICE
	A

ORIGEM	INTERUPTOR DE PAINEL	POLARIDADES DE PAINEL	ORIGEM
PAINEL AT ANTERIOR			PAINEL AT POSTERIOR



OBRA N°  
P.0253.2

INDICE	CONFORME EXECUTADO	DESCRICAO	DATA	EPME	EPME
A			09-2014	ALTERAÇÃO	APROVADO

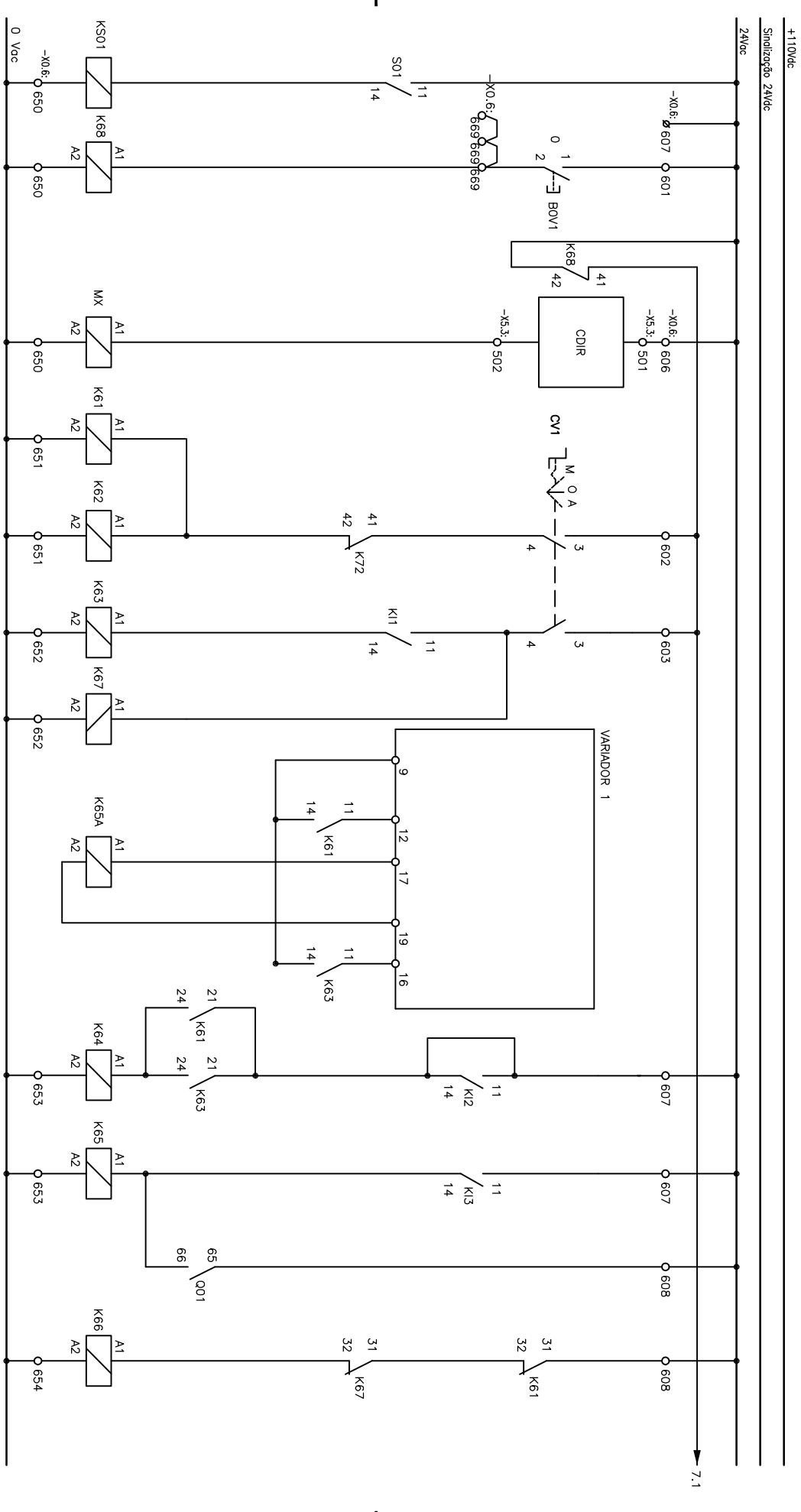


PROJ.		
DES.		
VERIF.		

**SUBESTAÇÃO 60/15 KV PARCEIROS**  
**QUADRO COMANDO E VENTILAÇÃO**  
**ESQUEMA DE PRINCÍPIO DESENVOLVIDO**  
 CIRCULO DE POTENCIA

SUBSTITUI	CODIGO DO CAMPO DE APLICACAO	ISO 5457-43-ESQ	OUTPUT	FT A4
	10 09 SS 0233 00			
		09 145 01 05		
				INDICE A

FILTRO	PARAGEM	CORTE DE ENERGIA	COMUTADOR	COMANDO	COMANDO	VARIAÇÃO VELOCIDADE	SINALIZAÇÃO AUTOMATO
SUIO	EMERGENCIA	PELA CENTRAL DE	COMANDO	COMANDO	MANUAL	MANUAL	CAUDAL
NIVEL	SALA 1	EXTINÇÃO DE INCENDIO	MANUAL	AUTOMATICO	AVARIA		AVARIA
							SINALIZAÇÃO
							DESIGNADO
							VEV 1



OPERA N°  
P.0253.2

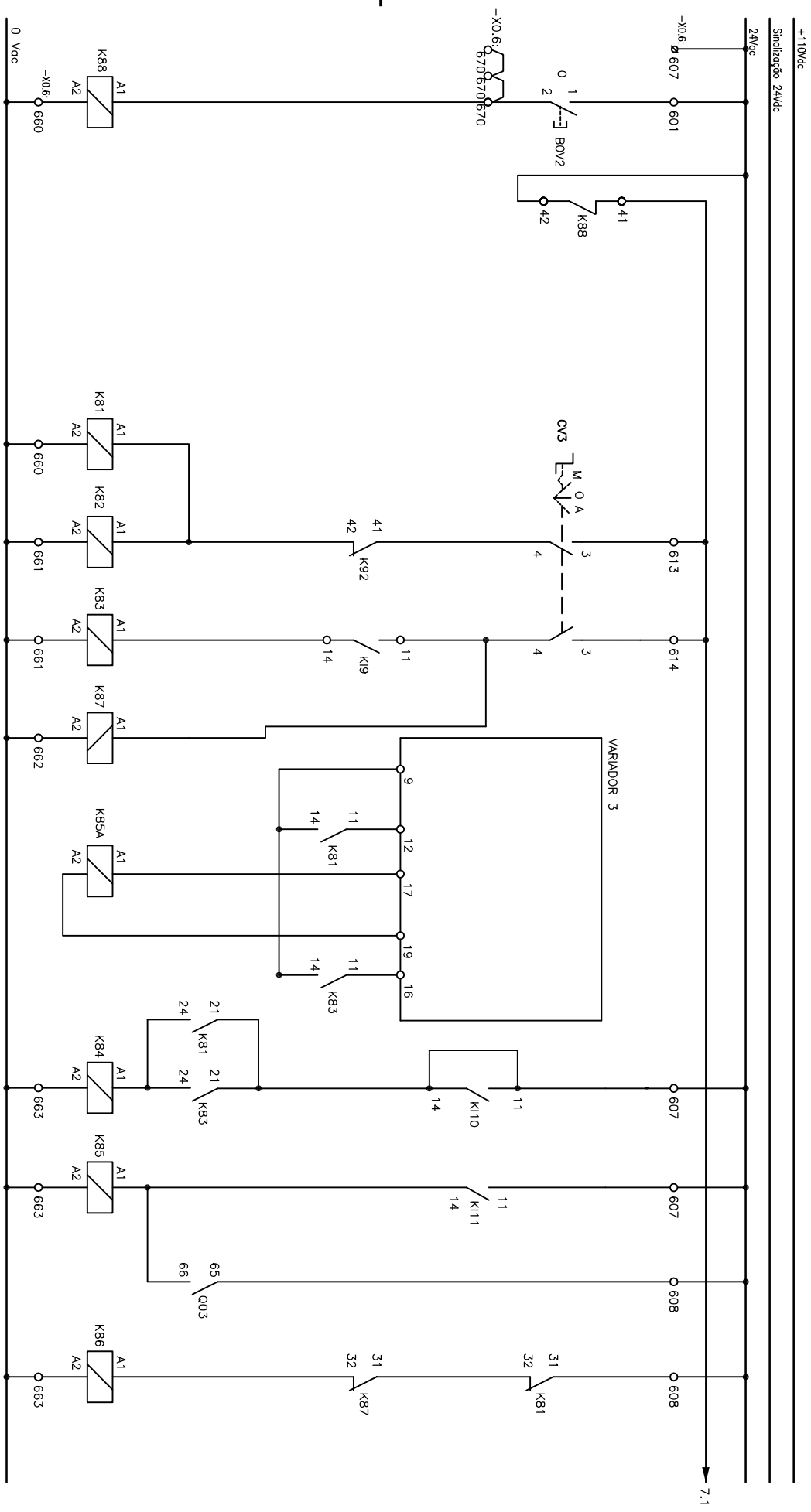
INDICE	CONFORME EXECUCION	DESCRICAO	DATA	EPME	EPME
A			09-2014		



SUBESTAÇÃO 60/15 kV PARCEIROS		QUADRO COMANDO E VENTILAÇÃO		ESQUEMA DE PRINCÍPIO DESENVOLVIDO		CIRCUITO DE COMANDO	
PROJ.		DES.		VERIF.		CÓDIGO DO CAMPO DE APLICAÇÃO	10 09 SS 0233 00
FOLHA N° 06/21				DOCUMENTO N° 09 145 01 06			
INDICE				INDICE			
A				A			



PARAGEM	COMUTADOR	COMANDO	VARIAÇÃO VELOCIDADE	SINALIZAÇÃO AUTOMATO
EMERGENCIA	COMANDO	COMANDO	MANUAL	CAUDAL
SALA 2	MANUAL	AUTOMATICO	AVARIA	AVARIA
				SINALIZAÇÃO DESLIGADO
				VEV 3



OPERA N°  
P.0253.2

INDICE	CONFORME EXECUTADO	DESCRIÇÃO	DATA	EPME	EPME
A			09-2014		



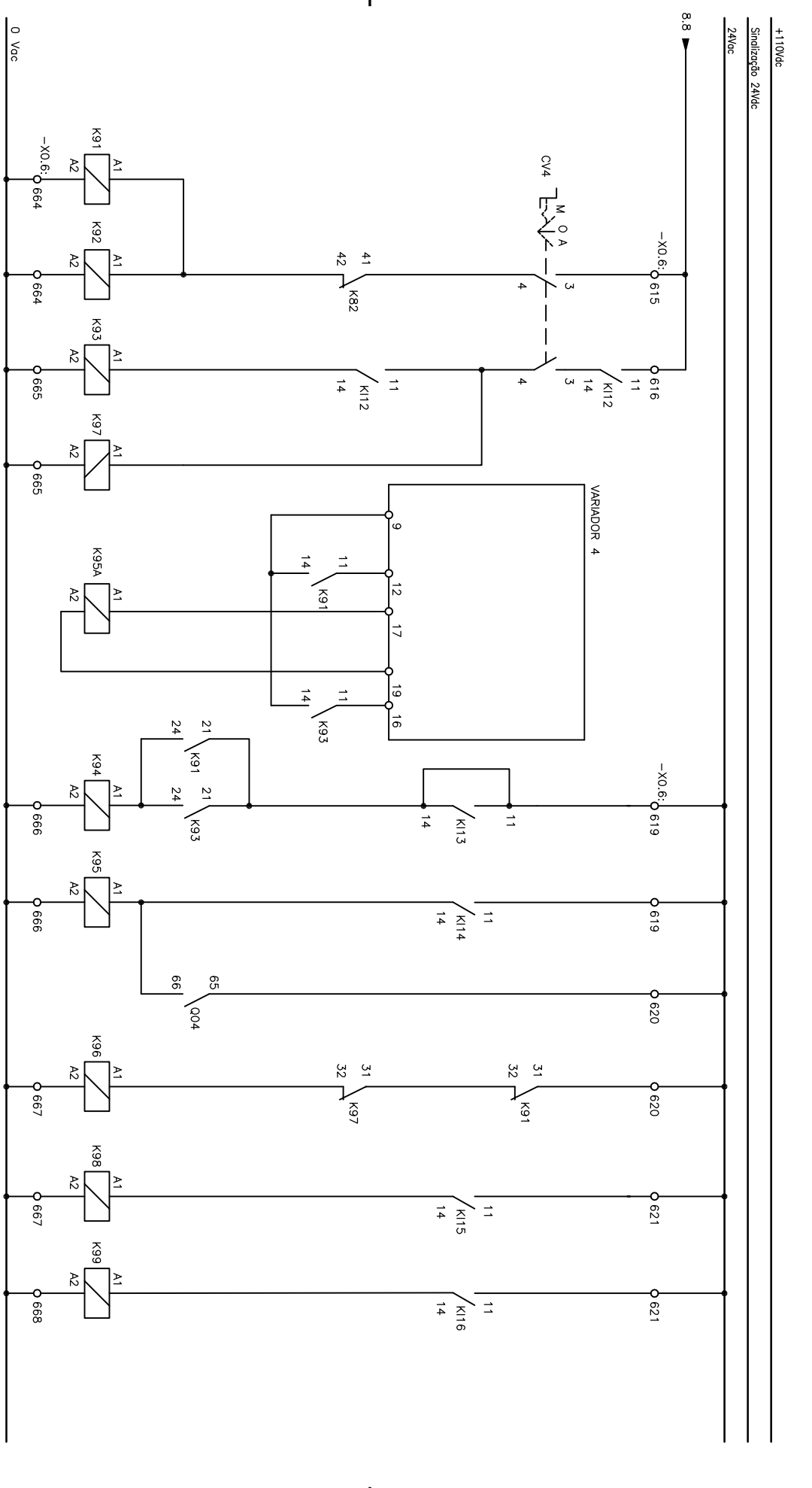
PROJ.	DES.	VERIF.

**SUBESTAÇÃO 60/15 kV PARCEIROS**

QUADRO COMANDO E VENTILAÇÃO  
ESQUEMA DE PRINCÍPIO DESENVOLVIDO  
CIRCUITO DE COMANDO

SUBSTITUI	CÓDIGO DO CAMPO DE APLICAÇÃO	ISO 5457-43-ESQ	OUTPUT	FT A4
	10 09 SS 0233 00			
		09 145 01 08		

	COMUTADOR	COMANDO	MANUAL	AVARIA	CAUDAL	AVARIA	COMANDO DESLIGADO 2	TEMPERATURA ALTA	FILTRO COLMATADO
	MANUAL	AUTOMÁTICO	AVARIA				VEV 4	SALA 2	SALA 2



OPERA N°  
P.0253.2

INDICE	CONFORME EXECUCION	DESCRICAO	DATA	EPME	EPME
A			09-2014		



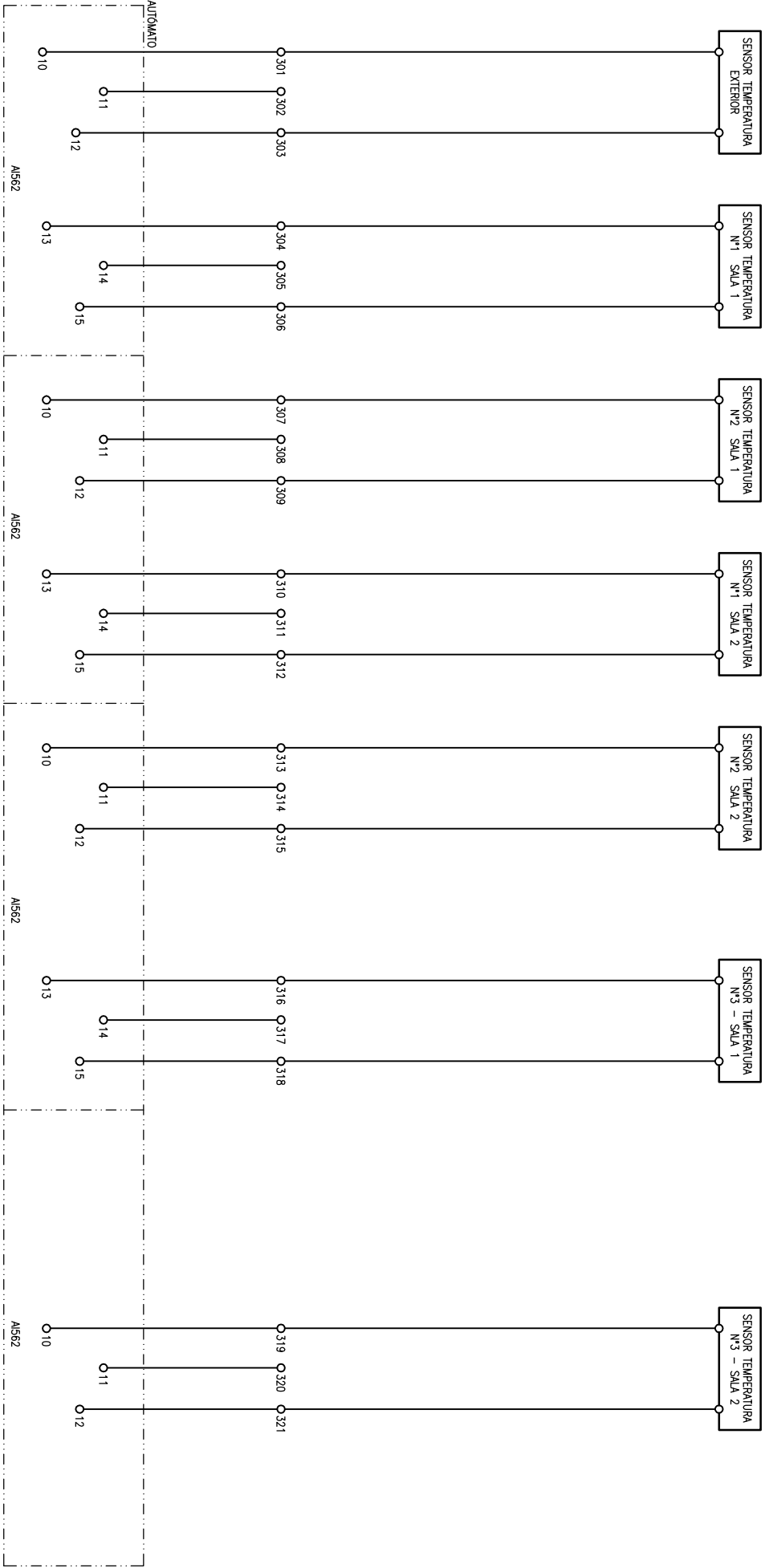
PROJ.	VERIF.	APROVADO


**SUBESTAÇÃO 60/15 kV PARCEIROS**

QUADRO COMANDO E VENTILAÇÃO  
ESQUEMA DE PRINCÍPIO DESENVOLVIDO  
CIRCUITO DE COMANDO

ISO 5457-43-ESQ	OUTPUT FT A4
DOCUMENTO N°	09 145 01 09
INDICE	A

ENTRADAS ANALÓGICAS		SENSORES DE TEMPERATURA		PRESSOSTATOS SALA 1		PRESSOSTATOS SALA 2	
DISPLAY TEMPERATURA EXTERIOR	SALA 1 INTERIOR	SALA 1 INTERIOR	SALA 2 INTERIOR	SALA 2 INTERIOR	NIVEL 2 COLMATADOS	NIVEL 2 COLMATADOS	NIVEL 2 COLMATADOS





OPERA N° P.0253.2

INDICE A


CONFORME EXECUTADO

DESCRICO

DATA 09-2014

ALTERADO

APROVADO



PROJ. DES. VERIF.

SUBSTITUI

CODIGO DO CAMPO DE APLICAO

10 09 SS 0233 00

DOCUMENTO N° 09 145 01 10

INDICE A

**SUBESTAÇÃO 60/15 kV PARCEIROS**

QUADRO COMANDO E VENTILAÇÃO

ESQUEMA DE PRINCÍPIO DESENVOLVIDO

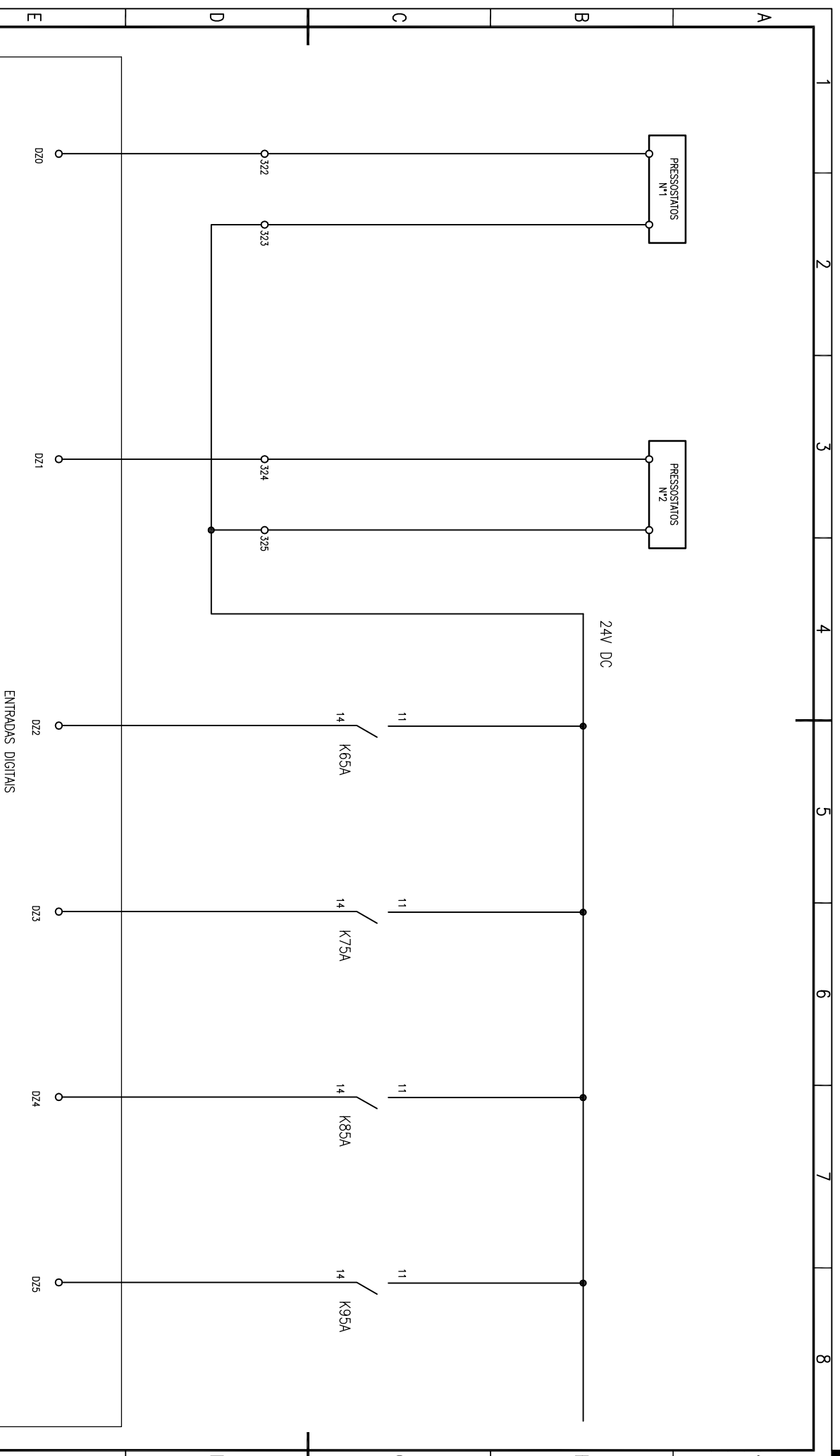
LIGAÇÃO DOS SENSORES/ENTRADAS ANALÓGICAS

FOLHA N° 10/21

ISO 5457-43-ESQ

OUTPUT FT A4

+



OPERA N°  
P.0253.2

INDICE	CONFORME EXECUTADO	DESCRIÇÃO	DATA	EPME ALTERAÇÃO	EPME APROVADO
A			09-2014		



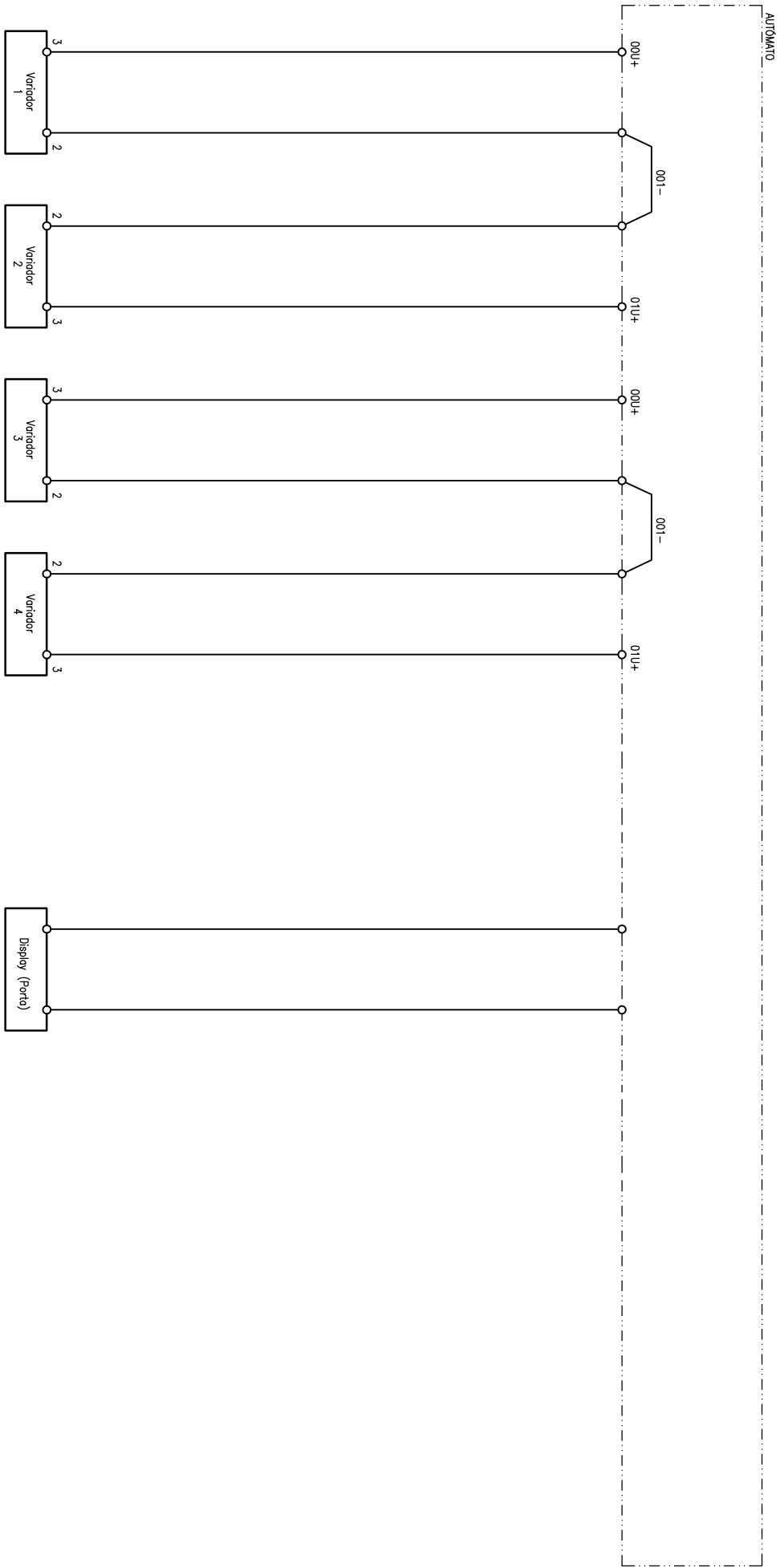
PROJ.	DES.	VERIF.

**SUBESTAÇÃO 60/15 KV PARCEIROS**  
 QUADRO COMANDO E VENTILAÇÃO  
 ESQUEMA DE PRINCÍPIO DESENVOLVIDO  
 LIGAÇÃO DOS SENSORES/ENTRADAS ANALÓGICAS

+	=
FOLHA N° 11/21	DOCUMENTO N° 09 145 01 11
OUTPUT FT A4	INDICE A

1 2 3 4 5 6 7 8

SALA 1		SALA 2		SAIDAS ANALOGICAS	
VARADOR 1	VARADOR 2	VARADOR 3	VARADOR 4	DISPLAY DE TEMPERATURA INTERIOR	SALA 2



OPERA N°  
P.0253.2

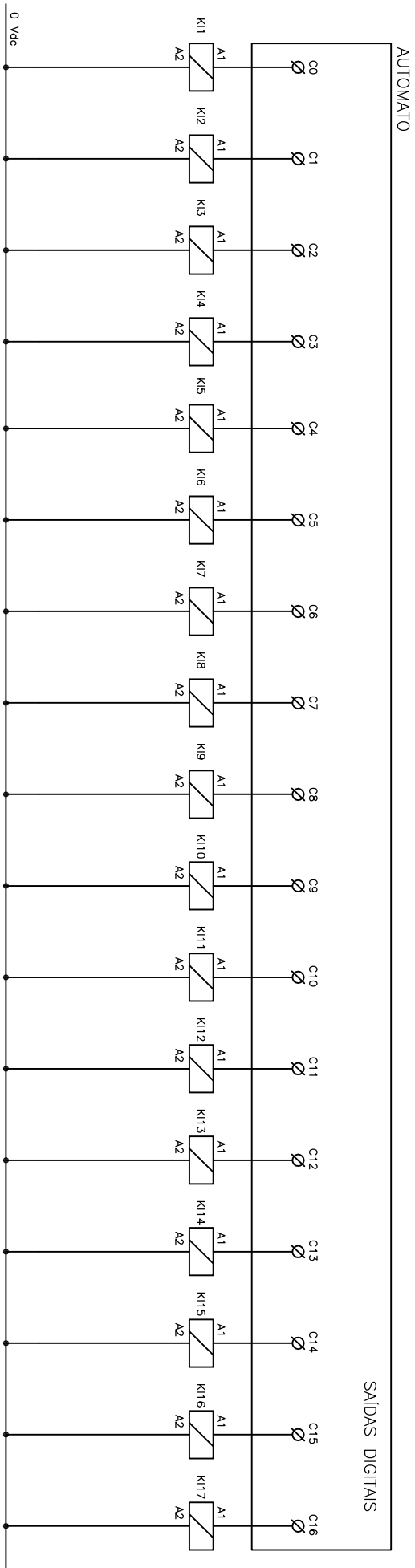
INDICE	A	CONFORME EXECUCION	DESCRICAO	09-2014	EPME	EPME
				DATA	ALTERACO	APROVADO




PROJ.	
DES.	
VERIF.	

SUBESTAÇÃO 60/15 KV PARCEIROS	
QUADRO COMANDO E VENTILAÇÃO	
ESQUEMA DE PRINCIPIO DESENVOLVIDO	
SAIDAS ANALOGICAS	
SUBSTITUI	CODIGO DO CAMPO DE APLICACAO
	10 09 SS 0233 00
ISO 5457-43-ESQ	DOCUMENTO N°
	09 145 01 12
OUTPUT FT A4	INDICE
	A

C/1 AUTOMÁTICO	CAUDAL	AVARIA	C/2 AUTOMÁTICO	CAUDAL	AVARIA	TEMPERATURA ALTA SALA 1	FILTRO CULMINADO SALA 1	C/3 AUTOMÁTICO	CAUDAL	AVARIA	C/4 AUTOMÁTICO	CAUDAL	AVARIA	TEMPERATURA ALTA SALA 2	FILTRO CULMINADO SALA 2	AVARIA AUTOMATO
VARADOR 1		VARADOR 2		VARADOR 3		VARADOR 4										





OPERA N°  
**P.0253.2**

INDICE

A CONFORME EXECUTADO

DESCRICO

09-2014 DATA

EPME ALTERADO

EPME APROVADO

PROL. DES. VERIF.

EPME

EPME

**epm** distribuição

**SUBESTAÇÃO 60/15 kV PARCEIROS**

QUADRO COMANDO E VENTILAÇÃO 1

ESQUEMA DE PRINCIPIO DESENVOLVIDO

SINALIZAÇÕES LOCAIS

SUBSTITUI

CODIGO DO CAMPO DE APLICACAO

**10 09 SS 0233 00**

ISO 5457-43-ESQ

DOCUMENTO N°

**09 145 01 13**

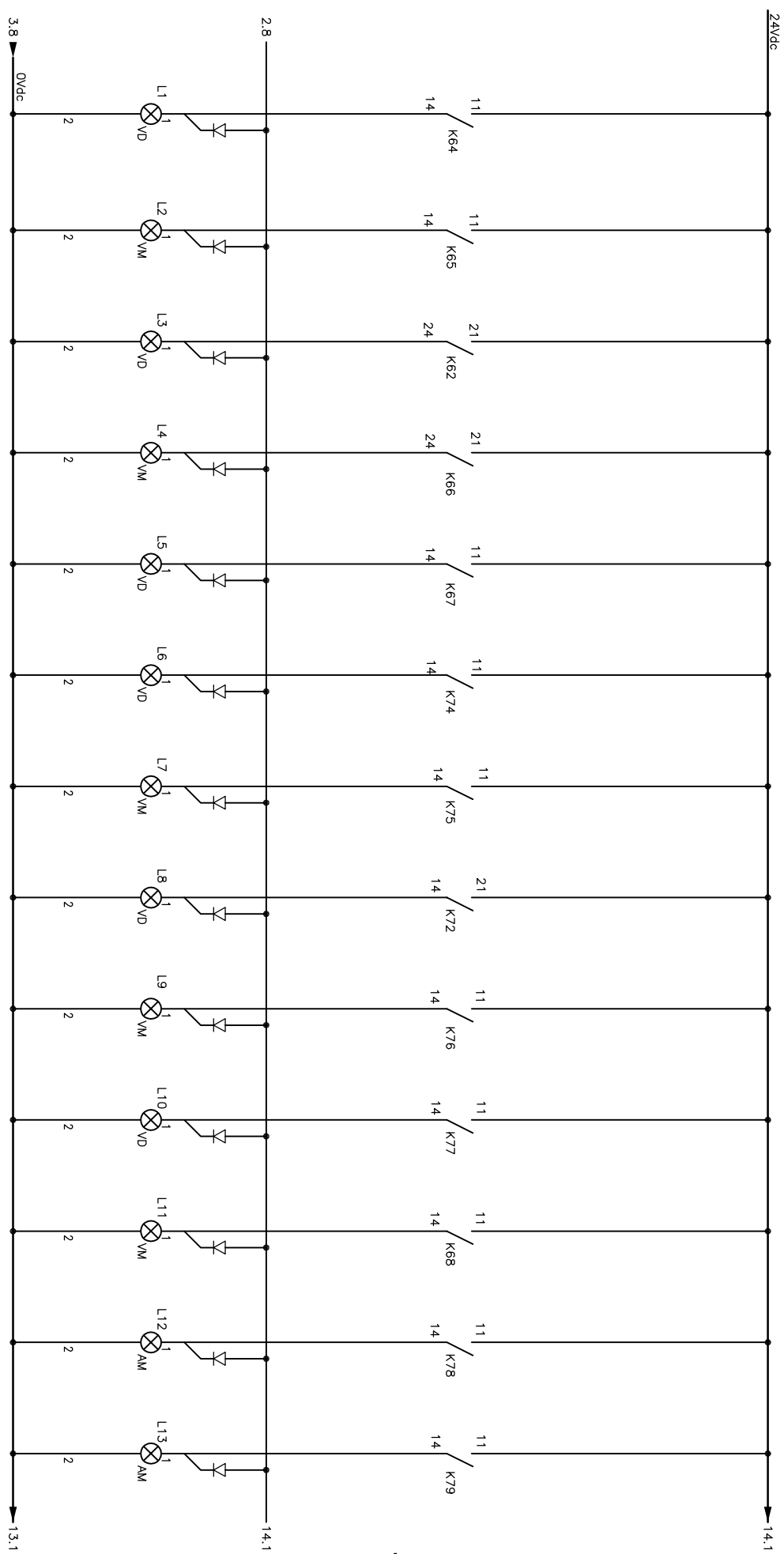
FOLHA N° 13/21

OUTPUT FT A4

INDICE

A

SINALIZAÇÕES LOCAIS				VENTILADOR 2				PARAGEM		SALA 1	
EM FUNCIONAMENTO	AVARIA	FUNCIONAMENTO	DESLIGADO	EM FUNCIONAMENTO	AVARIA	FUNCIONAMENTO	DESLIGADO	EMERGENCIA	TEMPERATURA ALTA	FILTRO COLMATADO	
VEV 1	VEV 1	EM MANUAL	VEV 2	VEV 2	EM MANUAL	VEV 2	EM MANUAL	SALA 1			



**EPME**  
empresamento para projetos

**ABB**

OBRA N° P.0253.2

INDICE	CONFORME EXECUTADO	DESCRIÇÃO	DATA	EPME	EPME	PROJ. DES. VERIF.	SUBSTITUI	CÓDIGO DO CAMPO DE APLICAÇÃO	ISO 5457-43-ESQ	OUTROS	DOCUMENTO N°	INDICE
1	2	3	4	5	6	7	8					

**distribuição**

**SUBESTAÇÃO 60/15 kV PARCEIROS**

QUADRO COMANDO E VENTILAÇÃO 1

ESQUEMA DE PRINCÍPIO DESENVOLVIDO

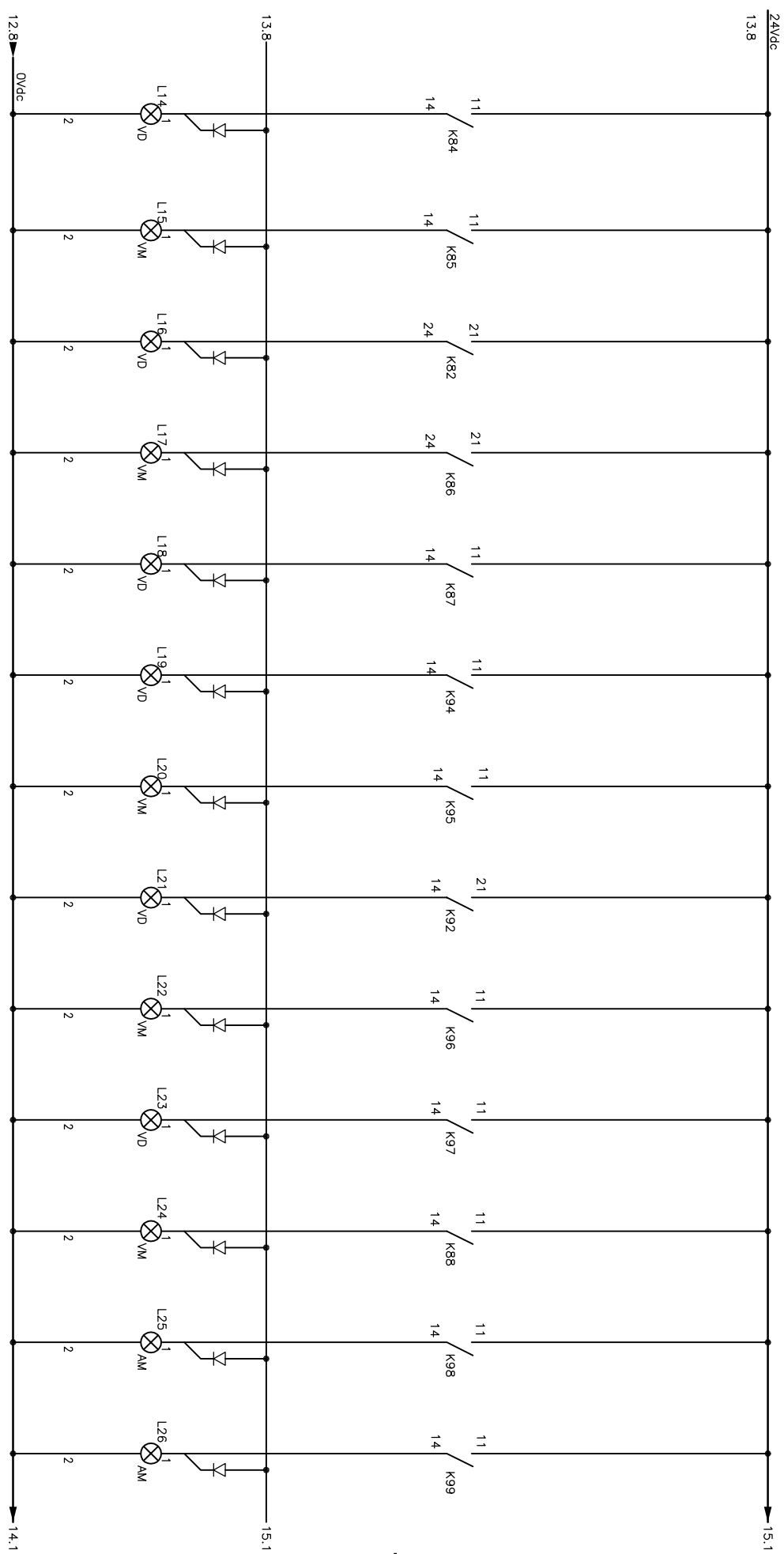
SINALIZAÇÕES LOCAIS


FOLHA N° 14/21

DOCUMENTO N° 09 145 01 14

INDICE A

SINALIZAÇÕES LOCAIS				VENTILADOR 3				VENTILADOR 4				PARAQUÊM SALA 2				
EM FUNCIONAMENTO	AVARIA	FUNCIONAMENTO	DESLIGADO	FUNCIONAMENTO	EM FUNCIONAMENTO	AVARIA	FUNCIONAMENTO	DESLIGADO	FUNCIONAMENTO	EMERGENCIA	TEMPERATURA ALTA	FILTRO COLMATADO				
VEV 3	VEV 3	EM MANUAL		VEV 4	VEV 4	EM MANUAL				SALA 2						





OPERA N°  
**P.0253.2**

INDICE

A	CONDICIONE EXECUTADO	DESCRICAO	DATA	EPME	EPME
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					

**distribuição**

PROUL. \_\_\_\_\_

DES. \_\_\_\_\_

VERIF. \_\_\_\_\_

SUBSTITUI \_\_\_\_\_

CODIGO DO CAMPO DE APLICACAO  
**10 09 SS 0233 00**

ISO 5457-43-ESQ

DOCUMENTO N° **09 145 01 15**

OUTPUT FT A4

INDICE **A**

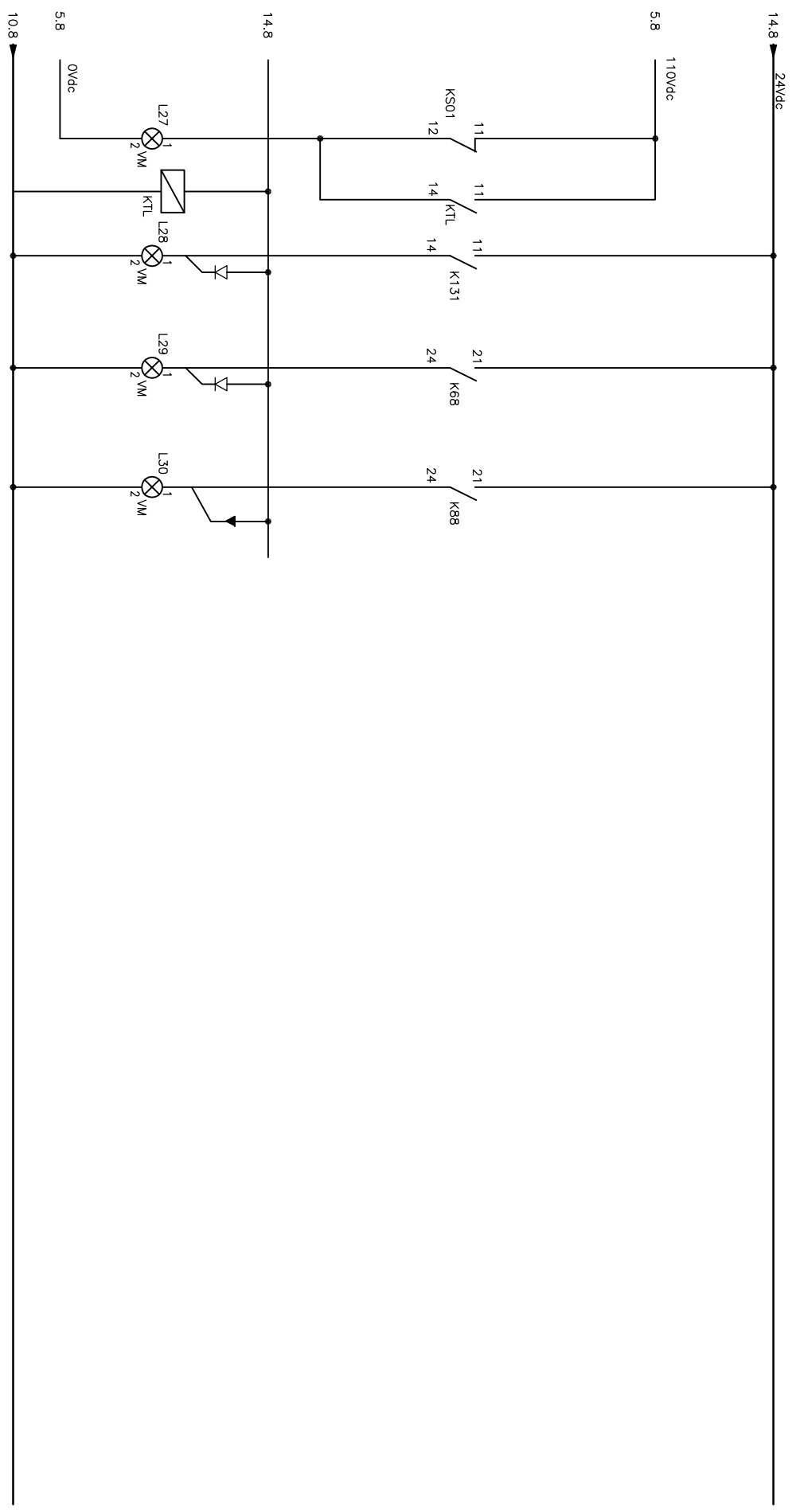
**SUBESTAÇÃO 60/15 kV PARCEIROS**

QUADRO COMANDO E VENTILAÇÃO 1

ESQUEMA DE PRINCÍPIO DESENVOLVIDO

SINALIZAÇÕES LOCAIS

SINALIZAÇÕES GERAIS				SINALIZAÇÕES LOCAIS			
ABERTURA DISJUNTOR	ALARMA AUTOMATO	ALARMA SALA 1	ALARMA SALA 2				
ALIMENTAÇÃO							



OPERA N°  
P.0253.2

INDICE	CONDIÇÃO EXECUTADO	DESCRIÇÃO	DATA	EPME	EPME
A			09-2014	EPME	EPME



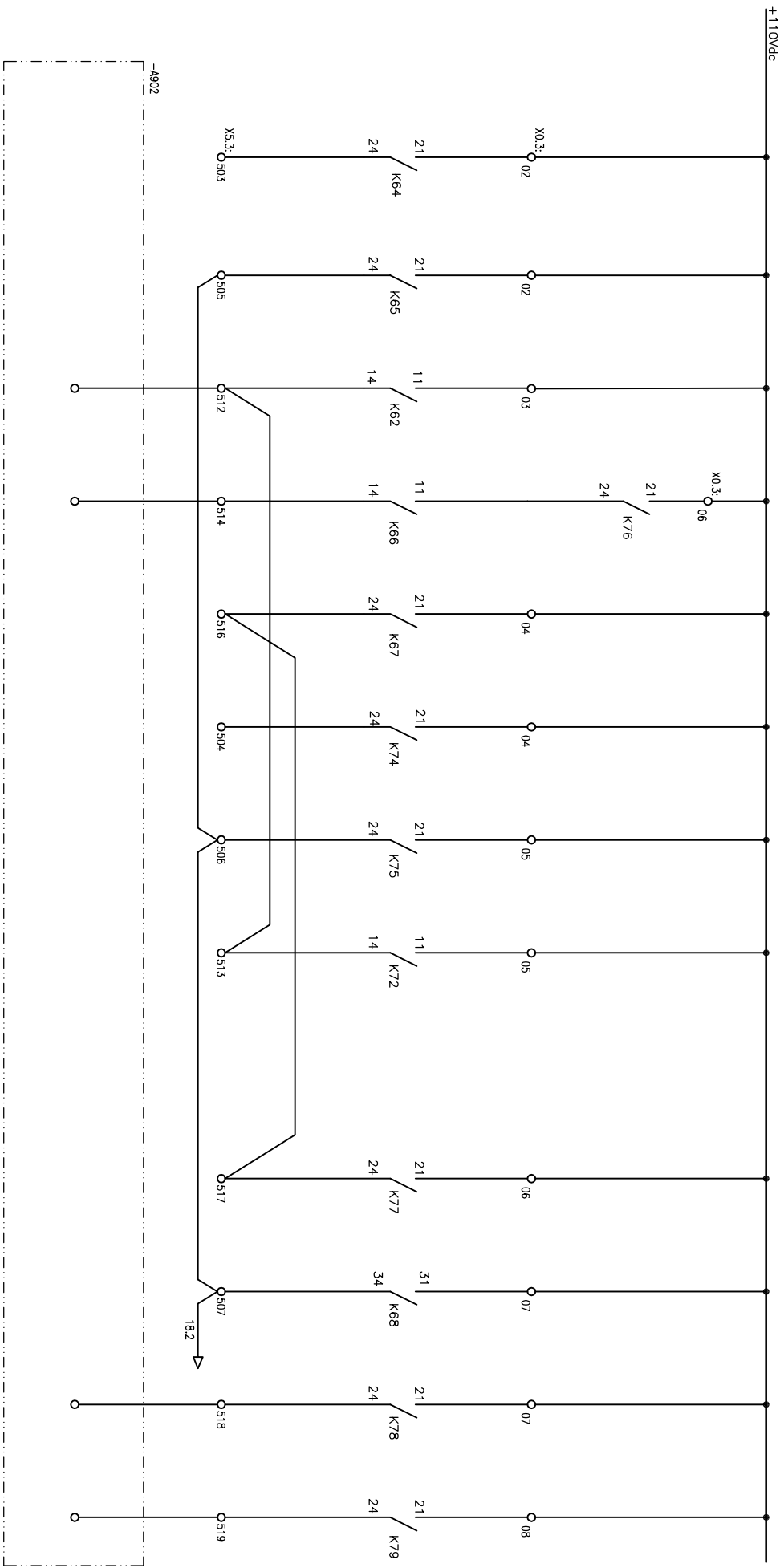
SUBESTAÇÃO 60/15 KV PARCEIROS  
QUADRO COMANDO E VENTILAÇÃO  
ESQUEMA DE PRINCÍPIO DESENVOLVIDO  
SINALIZAÇÕES LOCAIS

PROJ. DES. VERIF.  
CÓDIGO DO CAMPO DE APLICAÇÃO  
10 09 SS 0233 00

ISO 5457-43-ESQ  
DOCUMENTO N°  
09 145 01 16

FOLHA N° 16/21  
DOCUMENTO N° 09 145 01 16  
INDICE A

SINALIZAÇÕES			
EM FUNCIONAMENTO	ALARMA	VENTILADOR 1	PARAGEM
VEV 1	VEV 1	EM MANUAL	SALA 1
DESLIGADO	FUNCIONAMENTO AUTOMÁTICO	FUNCIONAMENTO AUTOMÁTICO	TEMPERATURA ALTA
ALARMA	ALARMA	ALARMA	FILTRO SUOS
VEV 2	EM MANUAL	VEV 2	



**EPME**  
Engineering Your Ideas

**ABB**

OPERA. N°  
P.0253.2

INDICE

A CONFORME EXECUTADO

INDICE

DESCRICO

09-2014

DATA

EPME

ALTERO

EPME

APROVADO

PROL.

DOS.

VERIF.

10 09 SS 0233 00

CODIGO DO CAMPO DE APLICAO

09 145 01 17

DOCUMENTO N°

INDICE

A

**edf** **distribuição**

**SUBESTAÇÃO 60/15 kV PARCEIROS**

QUADRO COMANDO E VENTILAÇÃO

ESQUEMA DE PRINCÍPIO DESENVOLVIDO

SINALIZAÇÕES TELECOMANDO

1

2

3

4

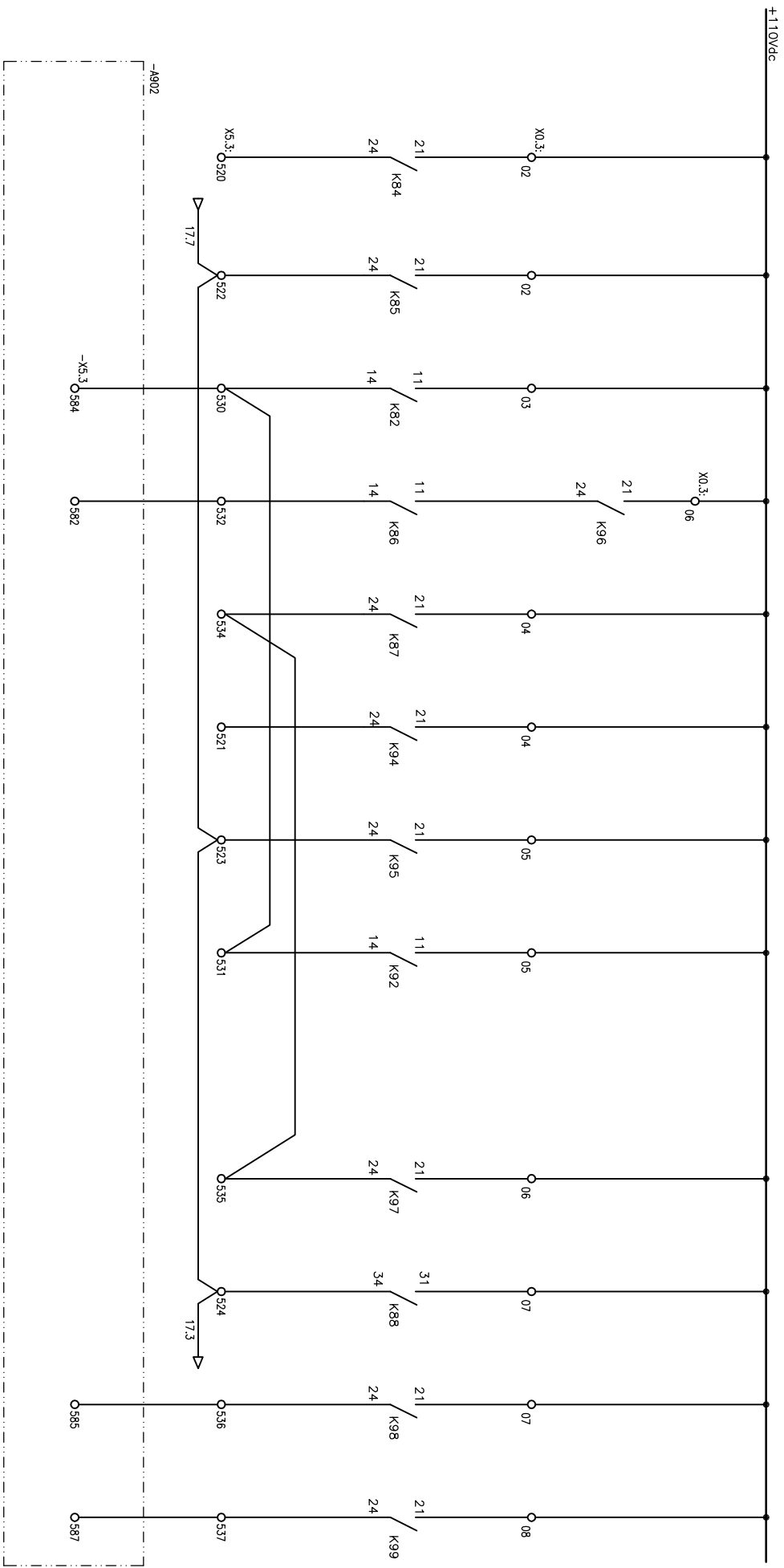
5

6

7

8

SIMALIZAÇÕES			
VENTILADOR 3		VENTILADOR 4	
EM FUNCIONAMENTO	ALARMA	FUNCIONAMENTO	ALARMA
VEV 3	EM MANUAL	VEV 4	EM MANUAL
DESLIGADO	FUNCIONAMENTO AUTOMÁTICO	FUNCIONAMENTO AUTOMÁTICO	EMERGENCIA SALA 2
			TEMPERATURA ALTA
			FILTRO SUOS



**EPME**  
 Associação Profissional  
**ABB**  
 OBRAS N.º  
**P.0253.2**

ÍNDICE	CONFORME EXECUTADO	DESCRIÇÃO	DATA	EPME	EPME
				ALTERAÇÃO	APROVADO
A			06-2014		

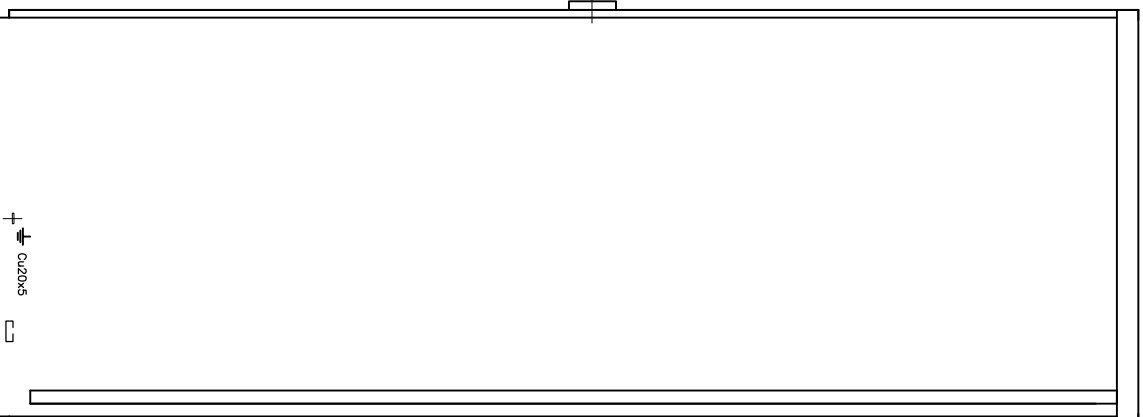
**edp**  
**distribuição**

**SUBESTAÇÃO 60/15 KV PARCEIROS**  
 QUADRO COMANDO E VENTILAÇÃO  
 ESQUEMA DE PRINCÍPIO DESENVOLVIDO  
 SIMALIZAÇÕES TELECOMANDO

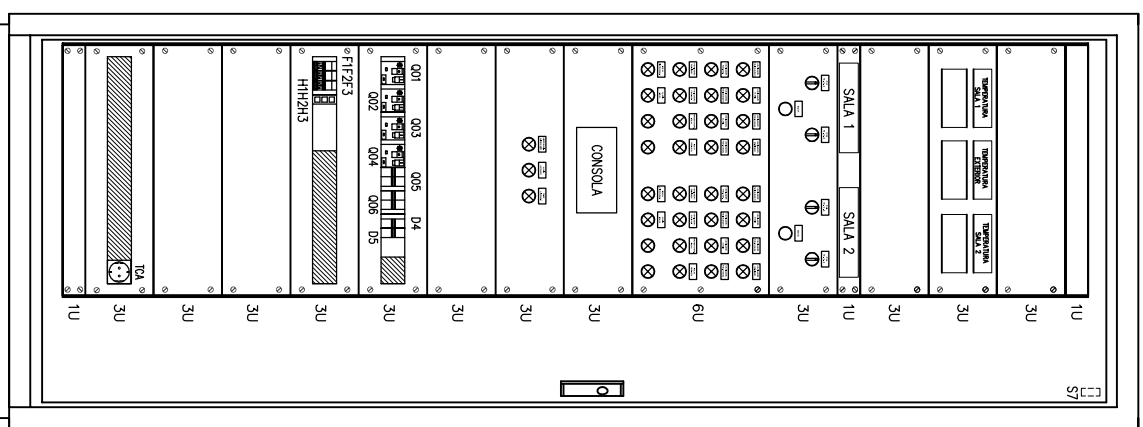
PROJ. DES. VERIF.			
CÓDIGO DO CAMPO DE APLICAÇÃO	10 09 SS 0233 00		
ISO 5457-43-ESQ		DOCUMENTO N.º	09 145 01 18
OUTPUT	FR A4	ÍNDICE	A



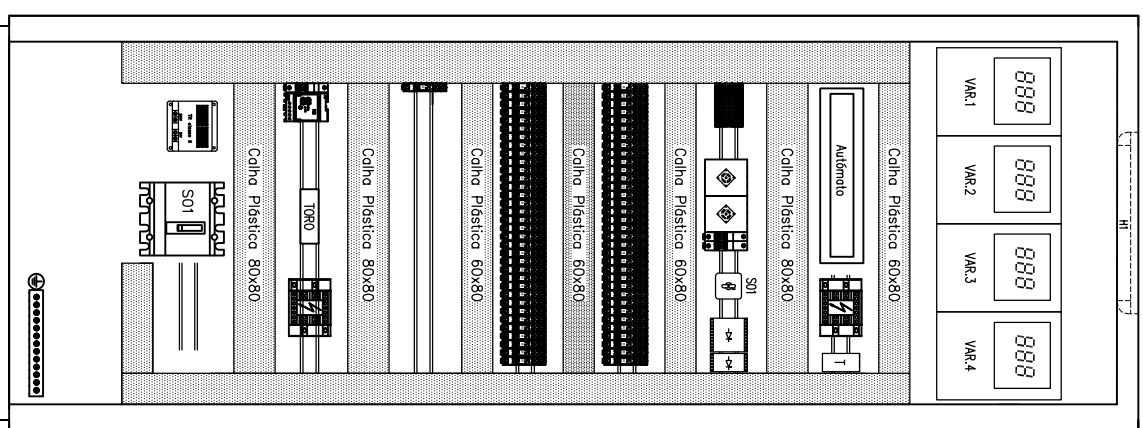
FACE INTERIOR ESQUERDA



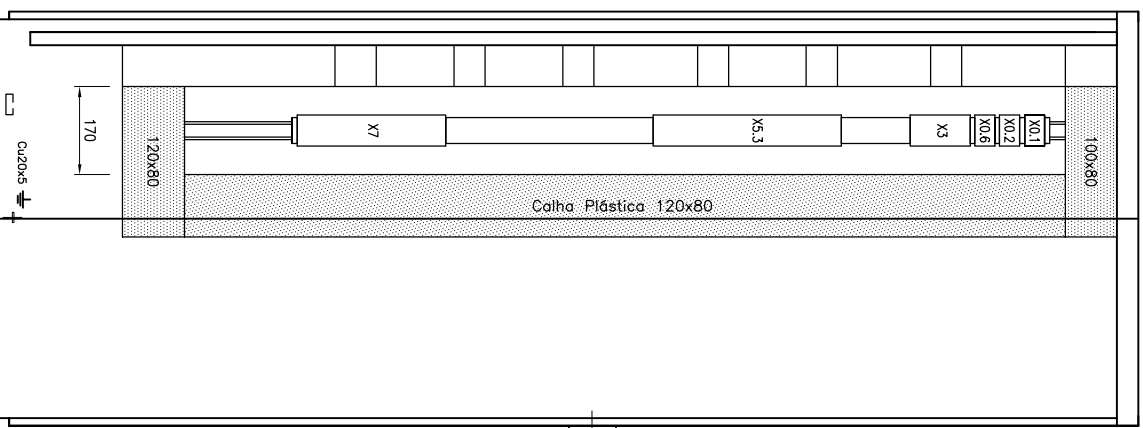
VISTA FRONTAL



VISTA INTERIOR (SEM PORTA BASCULANTE)



FACE INTERIOR DIREITA



ARMÁRIO TIPO IS2 - ABB  
DIMENSÕES : 2200x800x800mm



OPERA N°	INDICE	DESCRICAO	DATA	EPME	EPME
P.0253.2	A	CONDICIONALE EXECUCIONADO	09-2014	ALTERACAO	APROVADO

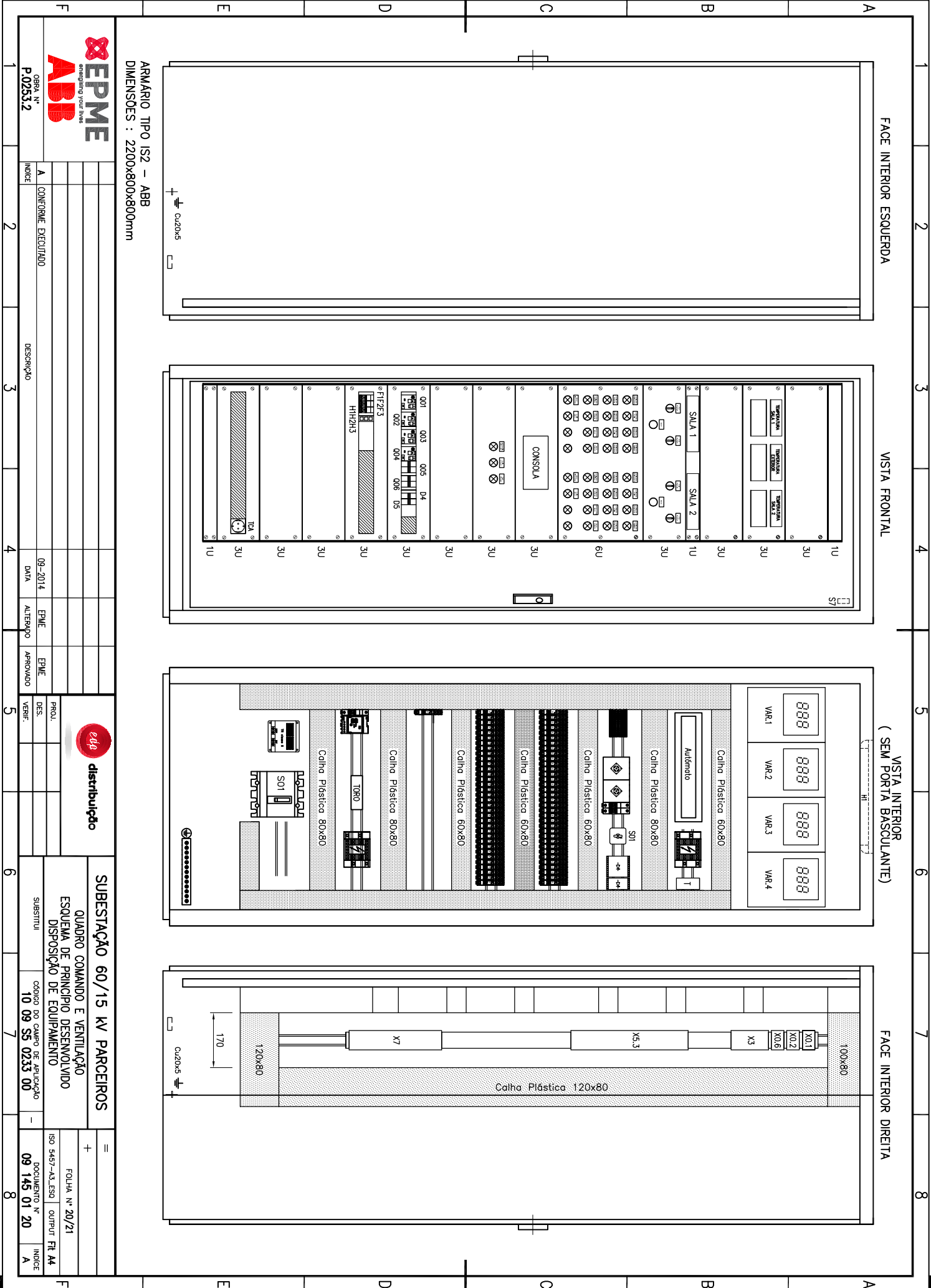


PROJ.	DES.	VERIF.

SUBESTAÇÃO 60/15 KV PARCEIROS

QUADRO COMANDO E VENTILAÇÃO	CODIGO DO CAMPO DE APLICACAO
ESQUEMA DE PRINCIPIO DESENVOLVIDO	10 09 SS 0233 00
DISPOSICAO DE EQUIPAMENTO	

FOLHA N° 20/21	DOCUMENTO N°	INDICE
09 5457-43-ESQ	09 145 01 20	A



1	2	3	4	5	6	7	8
REP*	DESIGNAÇÃO	TIPO	CARACTERÍSTICAS	FABRICANTE	QUANTIDADE	LOCAL	OBSERVAÇÕES
S01	INTERRUPTOR 4X160A	X1D 160		ABB	1	ACC	
MX	BOBINA DE DISPARO	SOR-C		ABB	1	ACC	
R0	TAPA BORNES	1SDA066665R1		ABB	2	ACC	
	RELE TOROIDAL	RQ110		ABB	1	ACC	
	TOROIDAL Ø70 M/M	WG70		ABB	1	ACC	
F1/F2/F3	BOTONEIRA COQUELEO	MPET310R		ABB	2	ACC	
	SECCIONADOR FUSIVEL	E91/32		ABB	5	ACC	
H'S	FUSIVELS	13302		LEGRAND	5	ACC	
	SINALIZADORES	MLBL-07R		ABB	4	ACC	
H'S	SINALIZADORES	MLBL-07G		ABB	1	ACC	
H'S	SINALIZADORES	MLBL-07Y		ABB	1	ACC	
003/004	DISJUNTORES MAGNETICOS	M013220		ABB	4	ACC	
V1/V2	VARIADOR DE FREQUENCIA	ACS31003E25A44		ABB	4	ACC	
005/006	DISJUNTOR MAGNETOTERMICO	S202-C6		ABB	2	ACC	
001/002	DISJUNTOR MAGNETOTERMICO	M013220		ABB	1	ACC	
T	TERMOSTATO	TS0112		ABB	1	ACC	
	VENTILADOR	EN1250K		ABB	1	ACC	
	GRELHA	EN0250K		FINDER	1	ACC	
	Fonte de alimentação 230-24V DC 2,5A	783612302401		FINDER	1	ACC	
D4/D5	TRANSFORMADOR CLASSE II	230/24-150VA		ABB	2	ACC	
KA'S	DISJUNTOR MAGNETOTERMICO	S201-C6		FINDER	17	ACC	
	RELES AUXILIARES	553480240040		FINDER	41	ACC	
	BASES RELE	9404SPA		FINDER	37	ACC	
R'S	RELES AUXILIARES	553480240040		FINDER	4	ACC	
	BASES RELE	9404SPA		ABB	4	ACC	
SI/SZ	COMUTADORES DE COMANDO	M3SS110B		ABB	4	ACC	
TL	TESTA DE LAMPADAS	MP110L		ABB	1	ACC	
	Fonte de alimentação 24V DC 48W 2A	8739140000		WIEDMULLER	1	ACC	
	SINALIZADOR TRICOLOR	E2193-CDE		ABB	1	ACC	
	ARMARIO H2000XLB00XP800	EK8080KN		ABB	1	ACC	
	PLATINE	EA2280		ABB	1	ACC	
	PORTA INTERIOR	EG2203K		ABB	1	ACC	
	PAINEL LATERAIS	EL2280K		ABB	1	ACC	
	BORNES	1020100000		WIEDMULLER	125	ACC	
S01	COMUTADOR DE ISOLAMENTO	TO-3-8342/E	2 POSIÇÕES (0-1) C/ 6 CONTACTOS 16A, FIXAÇÃO PELO ESPELHO	EATON-MOELLER	1	ACC	
	BORNES	ZDU4		WIEDMULLER	14	ACC	
SI	SINALIZADORES	MLBL01G		ABB	12	ACC	
SI	SINALIZADORES	MLBL01R		ABB	14	ACC	
SI	SINALIZADORES	MLBL01Y		ABB	4	ACC	
	TOMADA	ML1178		ABB	1	ACC	



OPERA N°  
P.0253.2

INDICE	A	CONFORME EXECUTADO	DESCRICO	DATA	ALTERAÇÃO	EPME	EPME	APROVADO
				09-2014				



PROJ.	2009-12	EDP
DES. VERIF.		

**SUBESTAÇÃO 60/15 KV PARCEIROS**

QUADRO COMANDO E VENTILAÇÃO  
ESQUEMA DE PRINCIPIO DESENVOLVIDO  
LEGENDA DA APARELHAGEM

SUBSTITUI	CODIGO DO CAMPO DE APLICAÇÃO	10 09 SS 0233 00
-----------	------------------------------	------------------

FOLHA N° 21/21  
DOCUMENTO N° 09 105 01 21

INDICE	A
--------	---

## Anexo B. Programa do Autómato do Sistema de Ventilação

0001 PROGRAM PLC\_PRG

0002 VAR

0003

0004 END\_VAR

0005

0006

0001 AUXILIAR();

0002 Alarmes();

0003 SALA1();

0004 SALA2();

0005 UM:=1;

0001	PROGRAMAUXILIAR
0002	VAR
0003	END_VAR
0001	(* SAIDAS COMUNS *)
0002	CAUDAL_VF1:=CV1_AUTO_VF1;
0003	CAUDAL_VF2:=CV2_AUTO_VF2;
0004	
0005	CAUDAL_VF3:=CV3_AUTO_VF3;
0006	CAUDAL_VF4:=CV4_AUTO_VF4;
0007	
0008	
0009	(* CONVERTER TEMPERATURAS *)
0010	(* ESCALAS DE TEMPERATURAS *)
0011	TEMP1:=27.0;
0012	TEMP2:=30.0;
0013	TEMP3:=34.0;
0014	TEMP4:=38.0;
0015	TEMP5:=43.0;
0016	MAX_ANALOGICA:=27648;
0017	
0018	(* TEMPERATURA EXTERIOR*)
0019	R_TEMP_EXT:=INT_TO_REAL(TEMP_EXT)/10.0;
0020	
0021	(* SALA 1 *)
0022	R_TEMP1_SALA1:=INT_TO_REAL(TEMP1_SALA1)/10.0;
0023	R_TEMP2_SALA1:=INT_TO_REAL(TEMP2_SALA1)/10.0;
0024	R_TEMP_N1:=INT_TO_REAL(TEMP_N1)/10.0;
0025	R_MED_TEMP_SALA1:=(R_TEMP1_SALA1+R_TEMP2_SALA1+R_TEMP_N1)/3;
0026	
0027	(* SALA2 *)
0028	R_TEMP1_SALA2:=INT_TO_REAL(TEMP1_SALA2)/10.0;
0029	R_TEMP2_SALA2:=INT_TO_REAL(TEMP2_SALA2)/10.0;
0030	R_TEMP_N2:=INT_TO_REAL(TEMP_N2)/10.0;
0031	R_MED_TEMP_SALA2:=(R_TEMP1_SALA2+R_TEMP2_SALA2+R_TEMP_N2)/3;
0032	
0033	(*DEFINIR ESCALAS*)
0034	(* SALA 1 *)
0035	IF R_MED_TEMP_SALA1<TEMP1 AND R_MED_TEMP_SALA1>=24.0 THEN AUX0_SALA1:=1; ELSE AUX0_SALA1:=0; END_IF
0036	IF (R_MED_TEMP_SALA1>=TEMP1 AND R_MED_TEMP_SALA1<TEMP2) THEN AUX1_SALA1:=1; ELSE AUX1_SALA1:=0; EN
0037	IF (R_MED_TEMP_SALA1>=TEMP2 AND R_MED_TEMP_SALA1<TEMP3) THEN AUX2_SALA1:=1; ELSE AUX2_SALA1:=0; EN
0038	IF (R_MED_TEMP_SALA1>=TEMP3 AND R_MED_TEMP_SALA1<TEMP4) THEN AUX3_SALA1:=1; ELSE AUX3_SALA1:=0; EN
0039	IF (R_MED_TEMP_SALA1>=TEMP4 AND R_MED_TEMP_SALA1<TEMP5) THEN AUX4_SALA1:=1; ELSE AUX4_SALA1:=0; EN
0040	IF R_MED_TEMP_SALA1>=TEMP5 THEN AUX5_SALA1:=1; ELSE AUX5_SALA1:=0; END_IF;
0041	
0042	(* DEFINIR SAIDAS PARA VARIADORRES SALA 1 *)
0043	(* TEMPERATURA A SUBIR *)
0044	IF (PATAMAR_SALA1_0=1 AND ASUBIR_SALA1=1) AND NOT I_AVARIA_VF1 AND NOT I_AVARIA_VF2 THEN
0045	QA_VF1:=0;
0046	QA_VF2:=0;
0047	END_IF;
0048	
0049	IF PATAMAR_SALA1_1=1 AND ASUBIR_SALA1=1 AND NOT I_AVARIA_VF1 AND NOT I_AVARIA_VF2 THEN
0050	QA_VF1:=(MAX_ANALOGICA*FREQ_SALA1_1_SUBIR)/50;
0051	QA_VF2:=0;
0052	END_IF;
0053	
0054	IF PATAMAR_SALA1_2=1 AND ASUBIR_SALA1=1 AND NOT I_AVARIA_VF1 AND NOT I_AVARIA_VF2 THEN
0055	QA_VF1:=(MAX_ANALOGICA*FREQ_SALA1_2_SUBIR)/50;
0056	QA_VF2:=(MAX_ANALOGICA*FREQ_SALA1_2_SUBIR)/50;
0057	END_IF;
0058	
0059	IF PATAMAR_SALA1_3=1 AND ASUBIR_SALA1=1 AND NOT I_AVARIA_VF1 AND NOT I_AVARIA_VF2 THEN
0060	QA_VF1:=(MAX_ANALOGICA*FREQ_SALA1_3_SUBIR)/50;
0061	QA_VF2:=(MAX_ANALOGICA*FREQ_SALA1_3_SUBIR)/50;
0062	END_IF;
0063	

;  
ID\_IF;  
ID\_IF;  
ID\_IF;  
ID\_IF;

```

0064 IF PATAMAR_SALA1_4=1 AND ASUBIR_SALA1=1 AND NOT I_AVARIA_VF1 AND NOT I_AVARIA_VF2 THEN
0065     QA_VF1:=(MAX_ANALOGICA*FREQ_SALA1_4_SUBIR)/50;
0066     QA_VF2:=(MAX_ANALOGICA*FREQ_SALA1_4_SUBIR)/50;
0067 END_IF;
0068
0069 IF PATAMAR_SALA1_5=1 AND ASUBIR_SALA1=1 AND NOT I_AVARIA_VF1 AND NOT I_AVARIA_VF2 THEN
0070     QA_VF1:=(MAX_ANALOGICA*FREQ_SALA1_5_SUBIR)/50;
0071     QA_VF2:=(MAX_ANALOGICA*FREQ_SALA1_5_SUBIR)/50;
0072 END_IF;
0073
0074 (* TEMPERATURA A DESCER *)
0075 IF (PATAMAR_SALA1_0=1 AND ADESCER_SALA1=1) AND NOT I_AVARIA_VF1 AND NOT I_AVARIA_VF2 THEN
0076     QA_VF1:=(MAX_ANALOGICA*FREQ_SALA1_0_DESCER)/50;
0077     QA_VF2:=0;
0078 END_IF;
0079
0080 IF PATAMAR_SALA1_1=1 AND ADESCER_SALA1=1 AND NOT I_AVARIA_VF1 AND NOT I_AVARIA_VF2 THEN
0081     QA_VF1:=(MAX_ANALOGICA*FREQ_SALA1_1_DESCER)/50;
0082     QA_VF2:=0;
0083 END_IF;
0084
0085 IF PATAMAR_SALA1_2=1 AND ADESCER_SALA1=1 AND NOT I_AVARIA_VF1 AND NOT I_AVARIA_VF2 THEN
0086     QA_VF1:=(MAX_ANALOGICA*FREQ_SALA1_2_DESCER)/50;
0087     QA_VF2:=(MAX_ANALOGICA*FREQ_SALA1_2_DESCER)/50;
0088 END_IF;
0089
0090 IF PATAMAR_SALA1_3=1 AND ADESCER_SALA1=1 AND NOT I_AVARIA_VF1 AND NOT I_AVARIA_VF2 THEN
0091     QA_VF1:=(MAX_ANALOGICA*FREQ_SALA1_3_DESCER)/50;
0092     QA_VF2:=(MAX_ANALOGICA*FREQ_SALA1_3_DESCER)/50;
0093 END_IF;
0094
0095 IF PATAMAR_SALA1_4=1 AND ADESCER_SALA1=1 AND NOT I_AVARIA_VF1 AND NOT I_AVARIA_VF2 THEN
0096     QA_VF1:=(MAX_ANALOGICA*FREQ_SALA1_4_DESCER)/50;
0097     QA_VF2:=(MAX_ANALOGICA*FREQ_SALA1_4_DESCER)/50;
0098 END_IF;
0099
0100 IF PATAMAR_SALA1_5=1 AND ADESCER_SALA1=1 AND NOT I_AVARIA_VF1 AND NOT I_AVARIA_VF2 THEN
0101     QA_VF1:=(MAX_ANALOGICA*FREQ_SALA1_5_DESCER)/50;
0102     QA_VF2:=(MAX_ANALOGICA*FREQ_SALA1_5_DESCER)/50;
0103 END_IF;
0104
0105 (* FALHA DE UM DOS VARIADORES *)
0106 IF R_MED_TEMP_SALA1>=TEMP1 THEN
0107     IF I_AVARIA_VF1 THEN QA_VF2:=MAX_ANALOGICA; END_IF;
0108     IF I_AVARIA_VF2 THEN QA_VF1:=MAX_ANALOGICA; END_IF;
0109 END_IF;
0110
0111
0112
0113
0114
0115
0116
0117
0118
0119
0120
0121
0122
0123 (*DEFINIR ESCALAS*)
0124 (* SALA 2 *)
0125 IF R_MED_TEMP_SALA2<TEMP1 AND R_MED_TEMP_SALA2>=24.0 THEN AUX0_SALA2:=1; ELSE AUX0_SALA2:=0; END_IF
0126 IF (R_MED_TEMP_SALA2>=TEMP1 AND R_MED_TEMP_SALA2<TEMP2) THEN AUX1_SALA2:=1; ELSE AUX1_SALA2:=0; EN
0127 IF (R_MED_TEMP_SALA2>=TEMP2 AND R_MED_TEMP_SALA2<TEMP3) THEN AUX2_SALA2:=1; ELSE AUX2_SALA2:=0; EN
0128 IF (R_MED_TEMP_SALA2>=TEMP3 AND R_MED_TEMP_SALA2<TEMP4) THEN AUX3_SALA2:=1; ELSE AUX3_SALA2:=0; EN
0129 IF (R_MED_TEMP_SALA2>=TEMP4 AND R_MED_TEMP_SALA2<TEMP5) THEN AUX4_SALA2:=1; ELSE AUX4_SALA2:=0; EN

```

;  
ID\_IF;  
ID\_IF;  
ID\_IF;  
ID\_IF;

```

0130 IF R_MED_TEMP_SALA2>=TEMP5 THEN AUX5_SALA2:=1; ELSE AUX5_SALA2:=0; END_IF;
0131
0132 (* DEFINIR SAIDAS PARA VARIADORRES SALA 2 *)
0133 (* TEMPERATURA A SUBIR *)
0134 IF (PATAMAR_SALA2_0=1 AND ASUBIR_SALA2=1) AND NOT I_AVARIA_VF3 AND NOT I_AVARIA_VF3 THEN
0135     QA_VF3:=0;
0136     QA_VF4:=0;
0137 END_IF;
0138
0139 IF PATAMAR_SALA2_1=1 AND ASUBIR_SALA2=1 AND NOT I_AVARIA_VF3 AND NOT I_AVARIA_VF4 THEN
0140     QA_VF3:=(MAX_ANALOGICA*FREQ_SALA2_1_SUBIR)/50;
0141     QA_VF4:=0;
0142 END_IF;
0143
0144 IF PATAMAR_SALA2_2=1 AND ASUBIR_SALA2=1 AND NOT I_AVARIA_VF3 AND NOT I_AVARIA_VF4 THEN
0145     QA_VF3:=(MAX_ANALOGICA*FREQ_SALA2_2_SUBIR)/50;
0146     QA_VF4:=(MAX_ANALOGICA*FREQ_SALA2_2_SUBIR)/50;
0147 END_IF;
0148
0149 IF PATAMAR_SALA2_3=1 AND ASUBIR_SALA2=1 AND NOT I_AVARIA_VF3 AND NOT I_AVARIA_VF4 THEN
0150     QA_VF3:=(MAX_ANALOGICA*FREQ_SALA2_3_SUBIR)/50;
0151     QA_VF4:=(MAX_ANALOGICA*FREQ_SALA2_3_SUBIR)/50;
0152 END_IF;
0153
0154 IF PATAMAR_SALA2_4=1 AND ASUBIR_SALA2=1 AND NOT I_AVARIA_VF3 AND NOT I_AVARIA_VF4 THEN
0155     QA_VF3:=(MAX_ANALOGICA*FREQ_SALA2_4_SUBIR)/50;
0156     QA_VF4:=(MAX_ANALOGICA*FREQ_SALA2_4_SUBIR)/50;
0157 END_IF;
0158
0159 IF PATAMAR_SALA2_5=1 AND ASUBIR_SALA2=1 AND NOT I_AVARIA_VF3 AND NOT I_AVARIA_VF4 THEN
0160     QA_VF3:=(MAX_ANALOGICA*FREQ_SALA2_5_SUBIR)/50;
0161     QA_VF4:=(MAX_ANALOGICA*FREQ_SALA2_5_SUBIR)/50;
0162 END_IF;
0163
0164 (* TEMPERATURA A DESCER *)
0165 IF (PATAMAR_SALA2_0=1 AND ADESCER_SALA2=1) AND NOT I_AVARIA_VF3 AND NOT I_AVARIA_VF4 THEN
0166     QA_VF3:=(MAX_ANALOGICA*FREQ_SALA2_0_DESCER)/50;
0167     QA_VF4:=0;
0168 END_IF;
0169
0170 IF PATAMAR_SALA2_1=1 AND ADESCER_SALA2=1 AND NOT I_AVARIA_VF3 AND NOT I_AVARIA_VF4 THEN
0171     QA_VF3:=(MAX_ANALOGICA*FREQ_SALA2_1_DESCER)/50;
0172     QA_VF4:=0;
0173 END_IF;
0174
0175 IF PATAMAR_SALA2_2=1 AND ADESCER_SALA2=1 AND NOT I_AVARIA_VF3 AND NOT I_AVARIA_VF4 THEN
0176     QA_VF3:=(MAX_ANALOGICA*FREQ_SALA2_2_DESCER)/50;
0177     QA_VF4:=(MAX_ANALOGICA*FREQ_SALA2_2_DESCER)/50;
0178 END_IF;
0179
0180 IF PATAMAR_SALA2_3=1 AND ADESCER_SALA2=1 AND NOT I_AVARIA_VF3 AND NOT I_AVARIA_VF4 THEN
0181     QA_VF3:=(MAX_ANALOGICA*FREQ_SALA2_3_DESCER)/50;
0182     QA_VF4:=(MAX_ANALOGICA*FREQ_SALA2_3_DESCER)/50;
0183 END_IF;
0184
0185 IF PATAMAR_SALA2_4=1 AND ADESCER_SALA2=1 AND NOT I_AVARIA_VF3 AND NOT I_AVARIA_VF4 THEN
0186     QA_VF3:=(MAX_ANALOGICA*FREQ_SALA2_4_DESCER)/50;
0187     QA_VF4:=(MAX_ANALOGICA*FREQ_SALA2_4_DESCER)/50;
0188 END_IF;
0189
0190 IF PATAMAR_SALA2_5=1 AND ADESCER_SALA2=1 AND NOT I_AVARIA_VF3 AND NOT I_AVARIA_VF4 THEN
0191     QA_VF3:=(MAX_ANALOGICA*FREQ_SALA2_5_DESCER)/50;
0192     QA_VF4:=(MAX_ANALOGICA*FREQ_SALA2_5_DESCER)/50;
0193 END_IF;
0194
0195 (* FALHA DE UM DOS VARIADORES *)

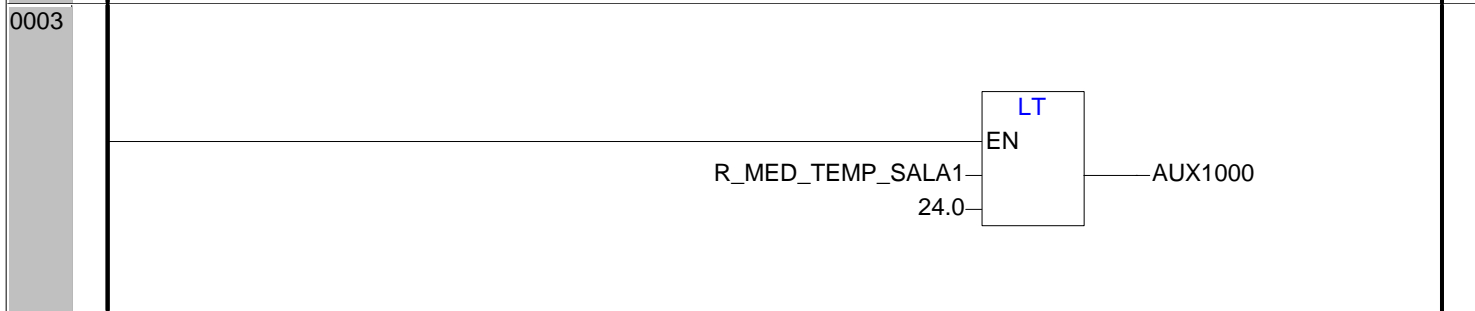
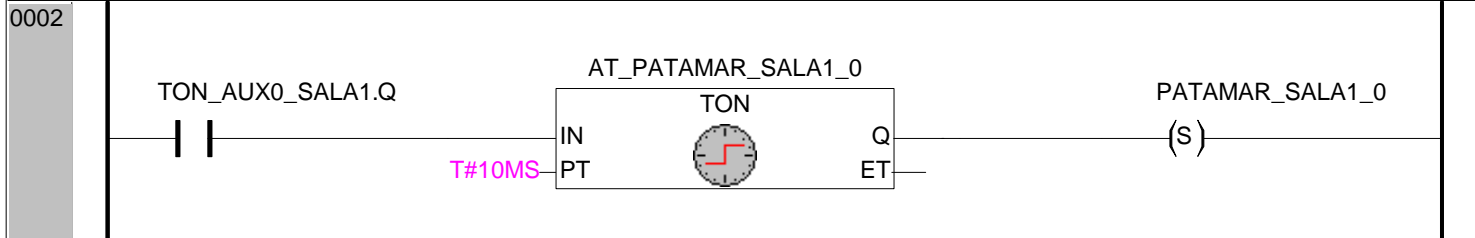
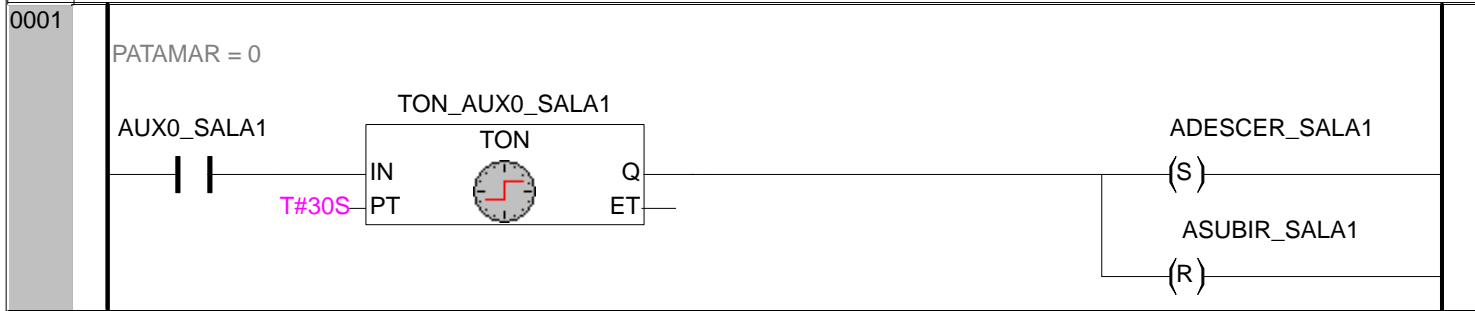
```

```
0196 IF R_MED_TEMP_SALA2>=TEMP2 THEN
0197     IF I_AVARIA_VF3 THEN QA_VF4:=MAX_ANALOGICA; END_IF;
0198     IF I_AVARIA_VF4 THEN QA_VF3:=MAX_ANALOGICA; END_IF;
0199 END_IF;
0200
0201 (*PASSWORD *)
0202 IF ACT_PASS=1 THEN PASSWORD:=NOVA_PASSWORD; ACT_PASS:=0; END_IF;
0203 IF ESCRITA_PASS=PASSWORD THEN PASS_OK:=1; ESCRITA_PASS:=0000; END_IF;
0204
0205 (* DEFINIR PRIORIDADES SALA 1*)
0206 IF PATAMAR_SALA1_1 AND CV1_AUTO_VF1 THEN ULTIMO_SALA1:=0; END_IF;
0207 IF PATAMAR_SALA1_1 AND CV2_AUTO_VF2 THEN ULTIMO_SALA1:=1; END_IF;
0208
0209 (* DEFINIR PRIORIDADES SALA 2*)
0210 IF PATAMAR_SALA2_1 AND CV3_AUTO_VF3 THEN ULTIMO_SALA2:=0; END_IF;
0211 IF PATAMAR_SALA2_1 AND CV4_AUTO_VF4 THEN ULTIMO_SALA2:=1; END_IF;
0212
0213
```

```

0001 PROGRAM SALA1
0002 VAR
0003     AUX1000:BOOL;
0004     TON_AUX0_SALA1: TON;
0005     TON_AUX1_SALA1: TON;
0006     TON_AUX2_SALA1: TON;
0007     TON_AUX3_SALA1: TON;
0008     TON_AUX4_SALA1: TON;
0009     TON_AUX5_SALA1: TON;
0010     TON_CV1_VF1: TON;
0011     TON_CV2_VF2:TON;
0012     TON_PRES_N1:TON;
0013
0014     AT_PATAMAR_SALA1_0: TON;
0015     AT_PATAMAR_SALA1_1: TON;
0016     AT_PATAMAR_SALA1_2: TON;
0017     AT_PATAMAR_SALA1_3: TON;
0018     AT_PATAMAR_SALA1_4: TON;
0019     AT_PATAMAR_SALA1_5: TON;
0020 END_VAR

```



0005

TON\_AUX0\_SALA1.Q



PATAMAR\_SALA1\_1

(R)

PATAMAR\_SALA1\_2

(R)

PATAMAR\_SALA1\_3

(R)

PATAMAR\_SALA1\_4

(R)

PATAMAR\_SALA1\_5

(R)

0006

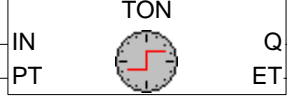
PATAMAR=1

AUX1\_SALA1



T#30S

TON\_AUX1\_SALA1



PATAMAR\_SALA1\_0



ASUBIR\_SALA1

(S)

ADESCER\_SALA1

(R)

0007

AUX1\_SALA1



TON\_AUX1\_SALA1.Q



PATAMAR\_SALA1\_2



ADESCER\_SALA1

(S)

ASUBIR\_SALA1

(R)

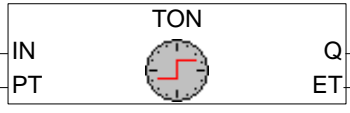
0008

TON\_AUX1\_SALA1.Q



T#10MS

AT\_PATAMAR\_SALA1\_1



PATAMAR\_SALA1\_1

(S)

0009

TON\_AUX1\_SALA1.Q



AT\_PATAMAR\_SALA1\_1.Q



PATAMAR\_SALA1\_0

(R)

PATAMAR\_SALA1\_1

(R)

PATAMAR\_SALA1\_2

(R)

PATAMAR\_SALA1\_3

(R)

PATAMAR\_SALA1\_4

(R)

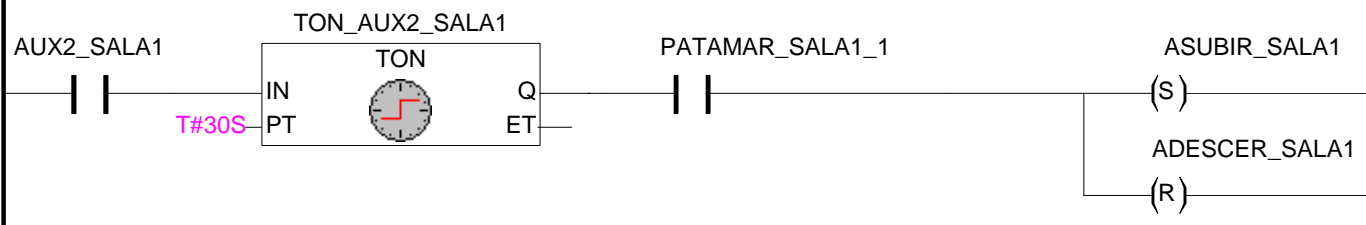
PATAMAR\_SALA1\_5

(R)

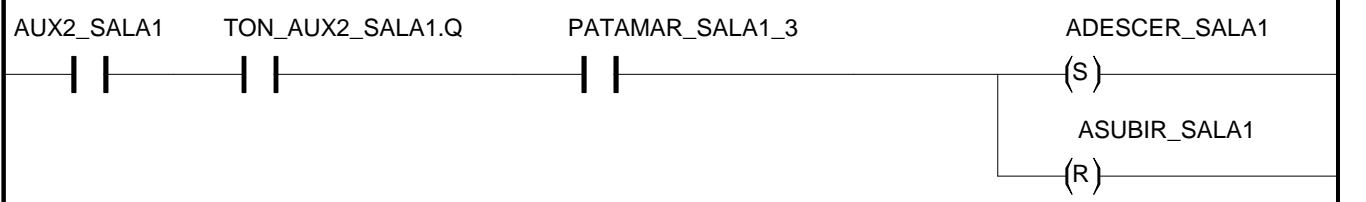


0010

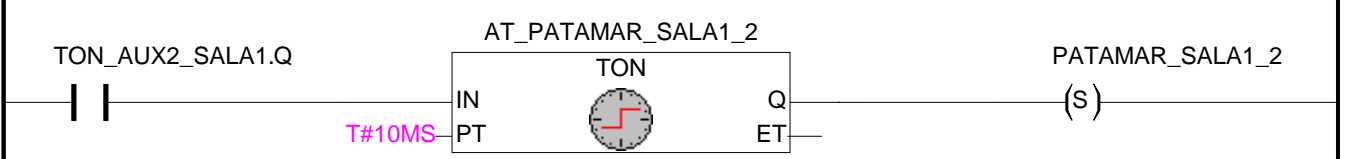
PATAMAR=2



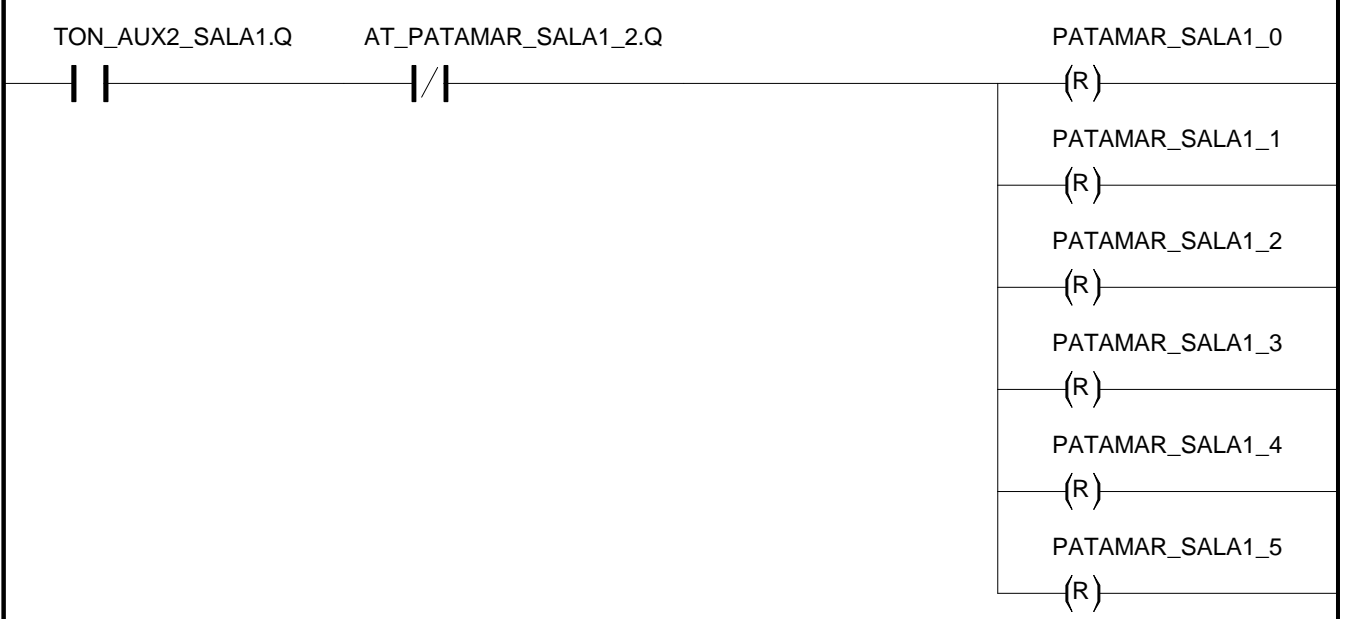
0011



0012

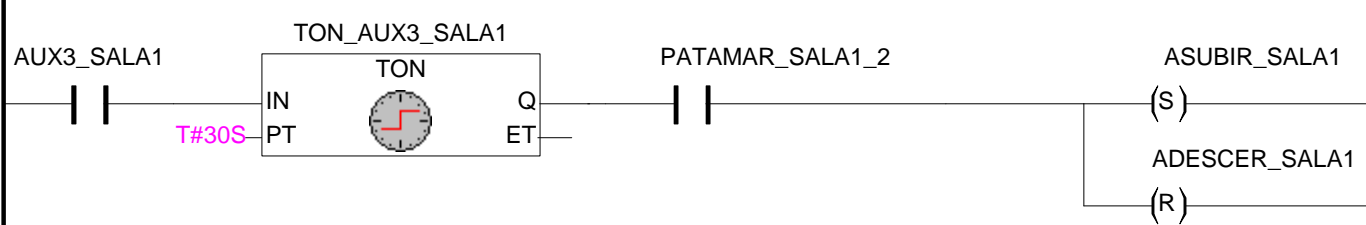


0013

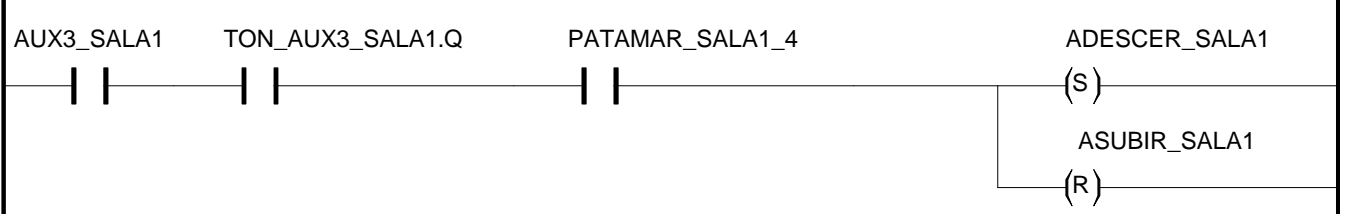


0014

PATAMAR=3



0015




--	--

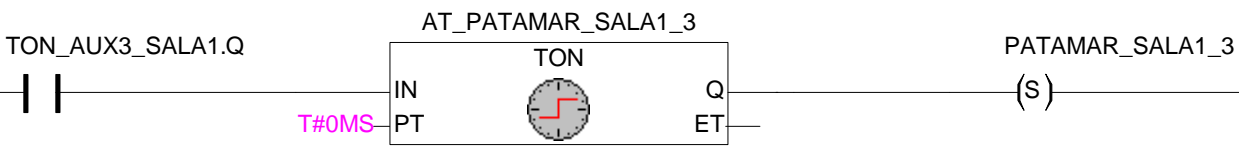
--	--

--	--

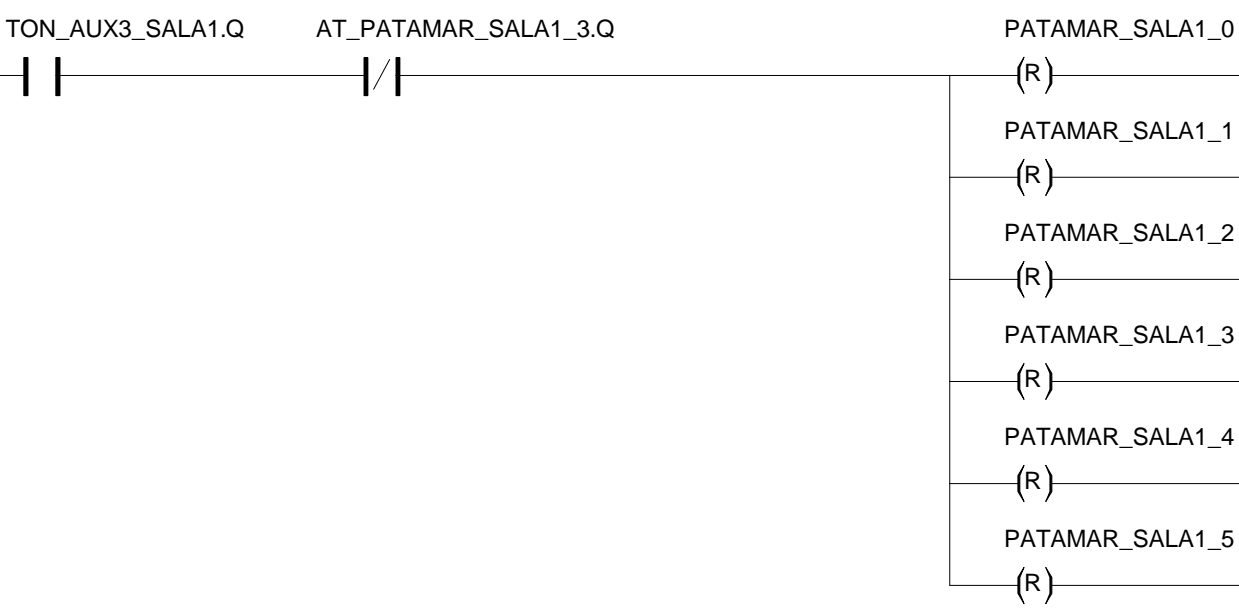

--	--

--	--

0016

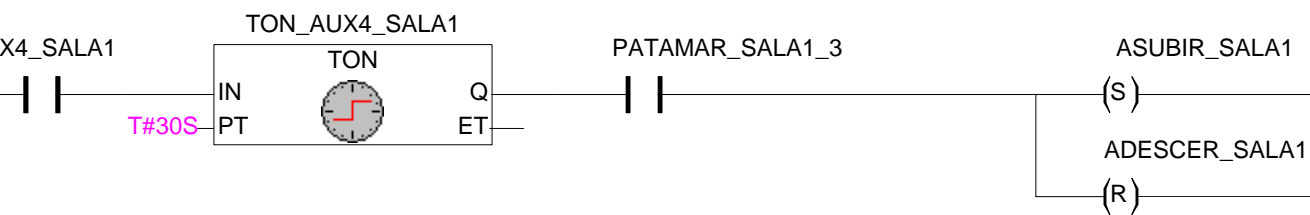


0017

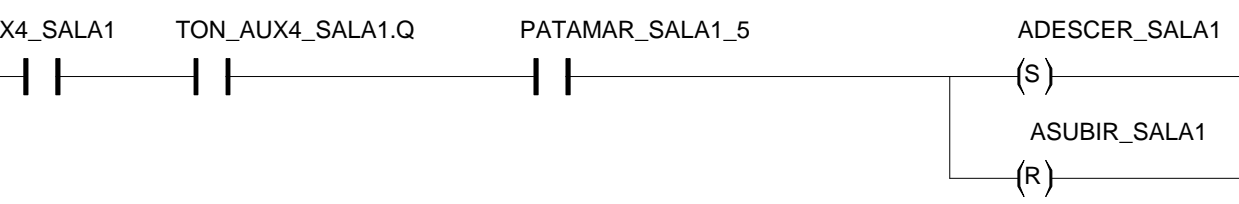


0018

PATAMAR=4



0019



0020





0021

TON\_AUX4\_SALA1.Q

AT\_PATAMAR\_SALA1\_4.Q

PATAMAR\_SALA1\_0



(R)

PATAMAR\_SALA1\_1

(R)

PATAMAR\_SALA1\_2

(R)

PATAMAR\_SALA1\_3

(R)

PATAMAR\_SALA1\_4

(R)

PATAMAR\_SALA1\_5

(R)

0022

PATAMAR=5

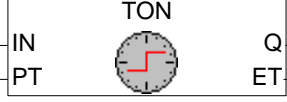
AUX5\_SALA1

TON\_AUX5\_SALA1

ASUBIR\_SALA1



T#30S



(S)

ADESCER\_SALA1

(R)

0023

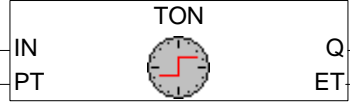
TON\_AUX5\_SALA1.Q

AT\_PATAMAR\_SALA1\_5

PATAMAR\_SALA1\_5



T#0MS



(S)

0024

TON\_AUX5\_SALA1.Q

AT\_PATAMAR\_SALA1\_5.Q

PATAMAR\_SALA1\_0



(R)

PATAMAR\_SALA1\_1

(R)

PATAMAR\_SALA1\_2

(R)

PATAMAR\_SALA1\_3

(R)

PATAMAR\_SALA1\_4

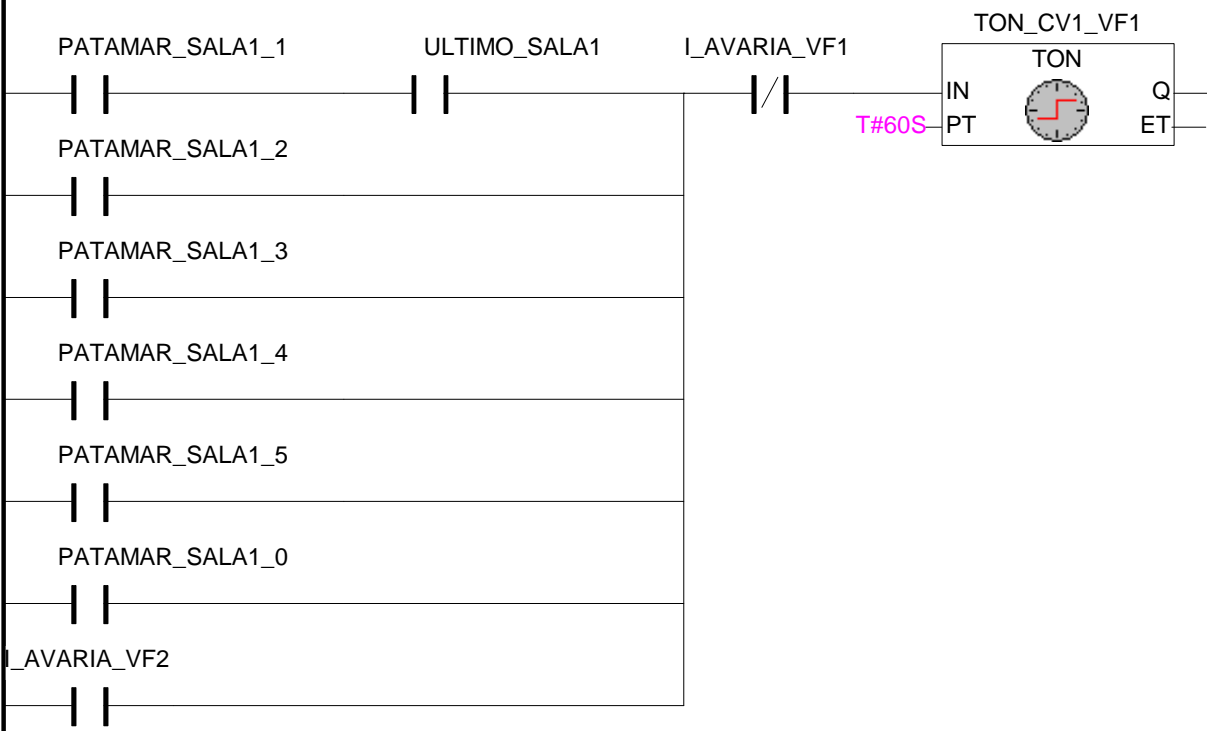
(R)

PATAMAR\_SALA1\_5

(R)

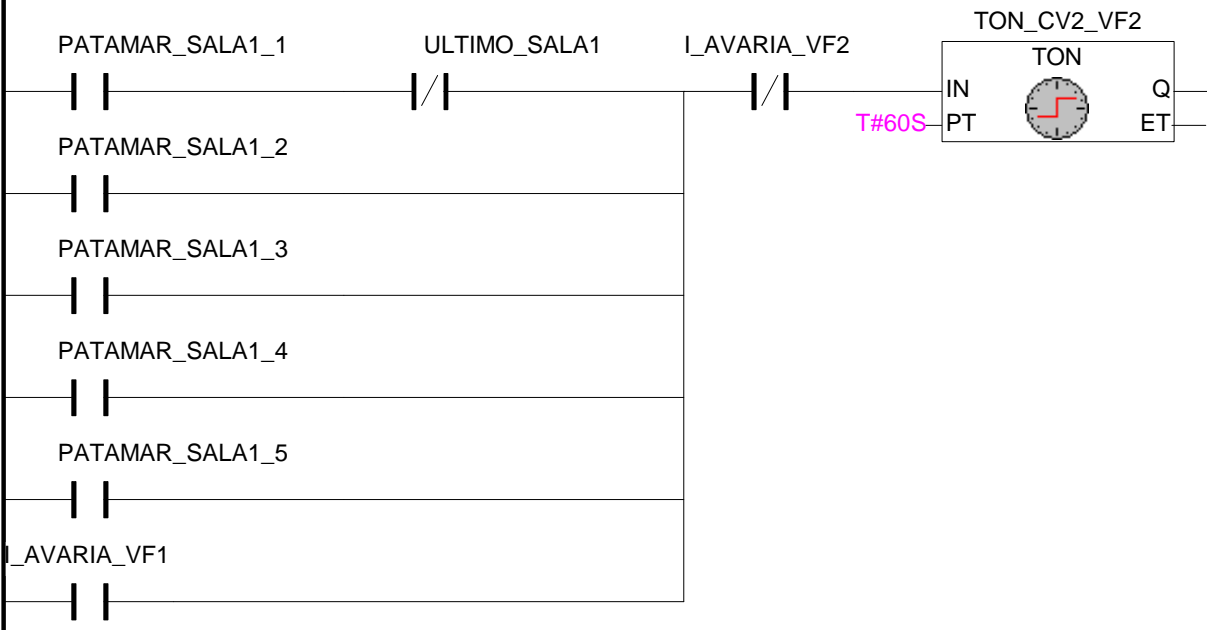
0025

VARIADOR 1 SALA1



0026

VARIADOR 2 SALA1



0027



CV1\_AUTO\_VF1

( )

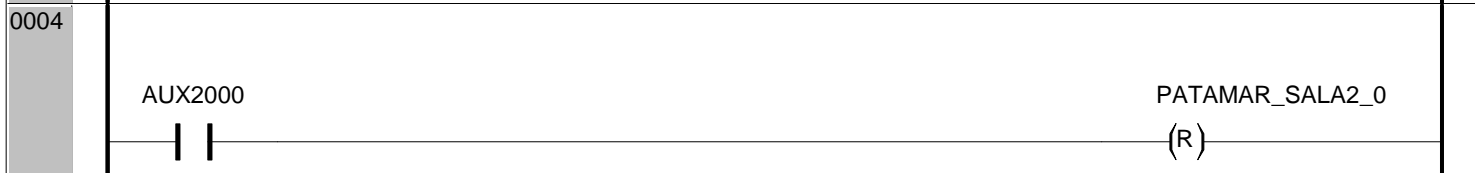
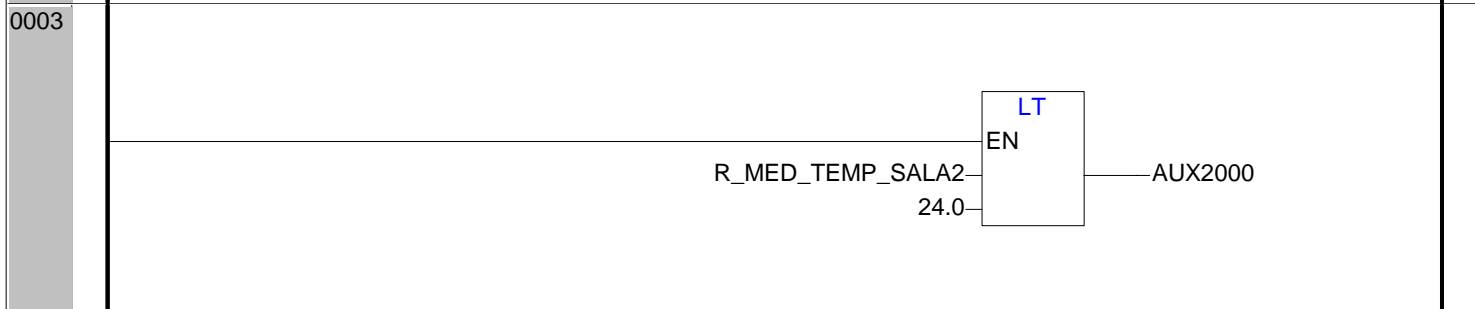
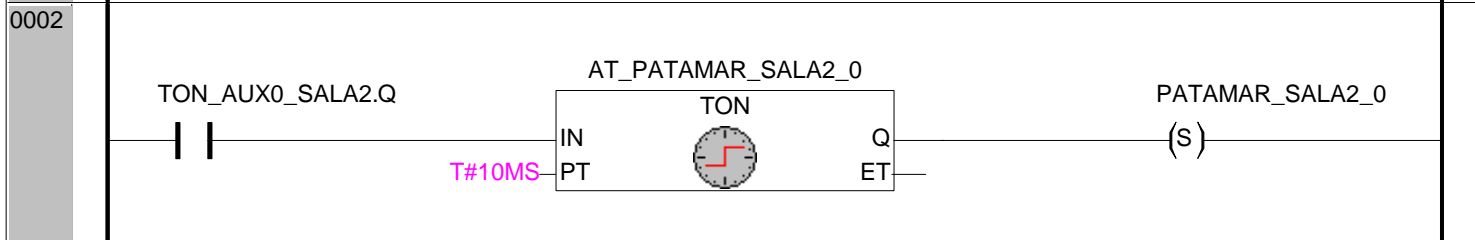
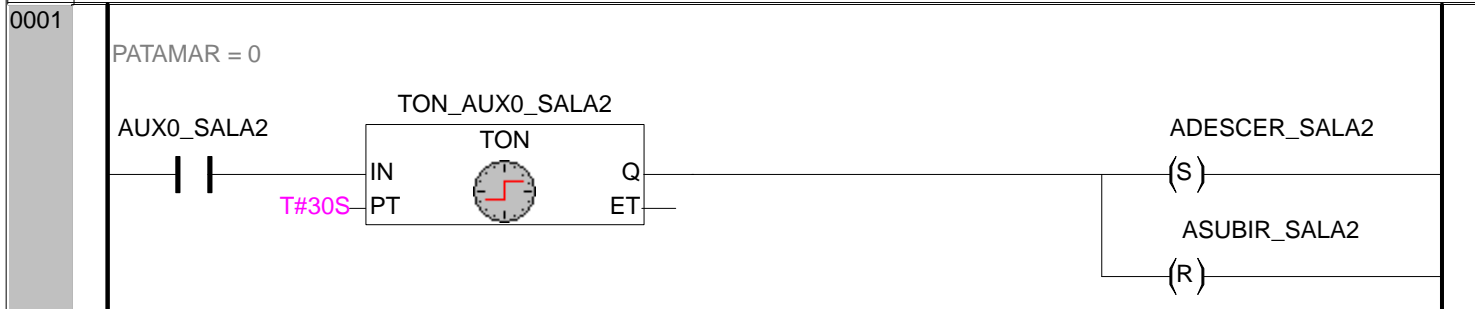
CV2\_AUTO\_VF2

( )

```

0001 PROGRAM SALA2
0002 VAR
0003     AUX2000:BOOL;
0004     TON_AUX0_SALA2: TON;
0005     TON_AUX1_SALA2: TON;
0006     TON_AUX2_SALA2: TON;
0007     TON_AUX3_SALA2: TON;
0008     TON_AUX4_SALA2: TON;
0009     TON_AUX5_SALA2: TON;
0010     TON_CV3_VF3: TON;
0011     TON_CV4_VF4:TON;
0012     TON_PRES_N2:TON;
0013
0014     AT_PATAMAR_SALA2_0: TON;
0015     AT_PATAMAR_SALA2_1: TON;
0016     AT_PATAMAR_SALA2_2: TON;
0017     AT_PATAMAR_SALA2_3: TON;
0018     AT_PATAMAR_SALA2_4: TON;
0019     AT_PATAMAR_SALA2_5: TON;
0020 END_VAR

```



0005

TON\_AUX0\_SALA2.Q



PATAMAR\_SALA2\_1

(R)

PATAMAR\_SALA2\_2

(R)

PATAMAR\_SALA2\_3

(R)

PATAMAR\_SALA2\_4

(R)

PATAMAR\_SALA2\_5

(R)

0006

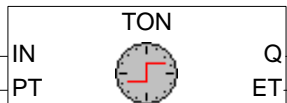
PATAMAR=1

AUX1\_SALA2



T#30S

TON\_AUX1\_SALA2



PATAMAR\_SALA2\_0



ASUBIR\_SALA2

(S)

ADESCER\_SALA2

(R)

0007

AUX1\_SALA2



TON\_AUX1\_SALA2.Q



PATAMAR\_SALA2\_2



ADESCER\_SALA2

(S)

ASUBIR\_SALA2

(R)

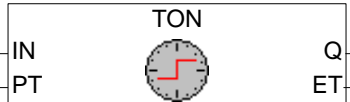
0008

TON\_AUX1\_SALA2.Q



T#10MS

AT\_PATAMAR\_SALA2\_1



PATAMAR\_SALA2\_1

(S)

0009

TON\_AUX1\_SALA2.Q



AT\_PATAMAR\_SALA2\_1.Q



PATAMAR\_SALA2\_0

(R)

PATAMAR\_SALA2\_1

(R)

PATAMAR\_SALA2\_2

(R)

PATAMAR\_SALA2\_3

(R)

PATAMAR\_SALA2\_4

(R)

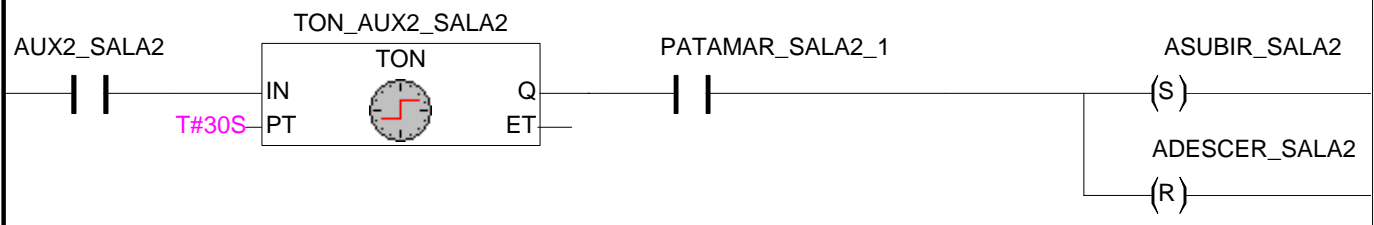
PATAMAR\_SALA2\_5

(R)

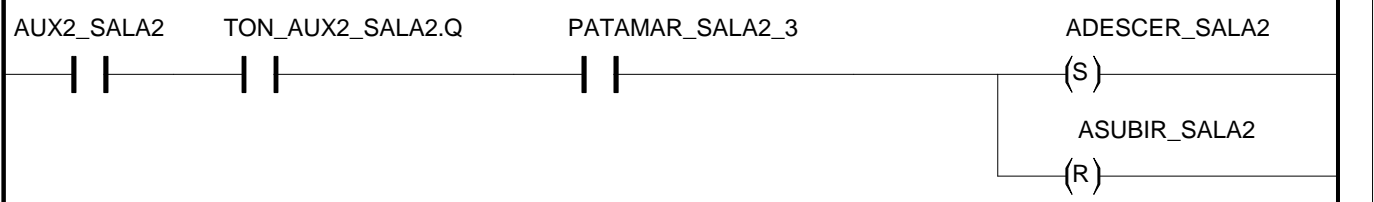


0010

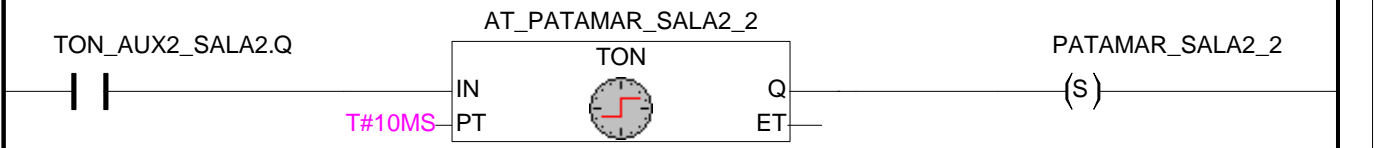
PATAMAR=2



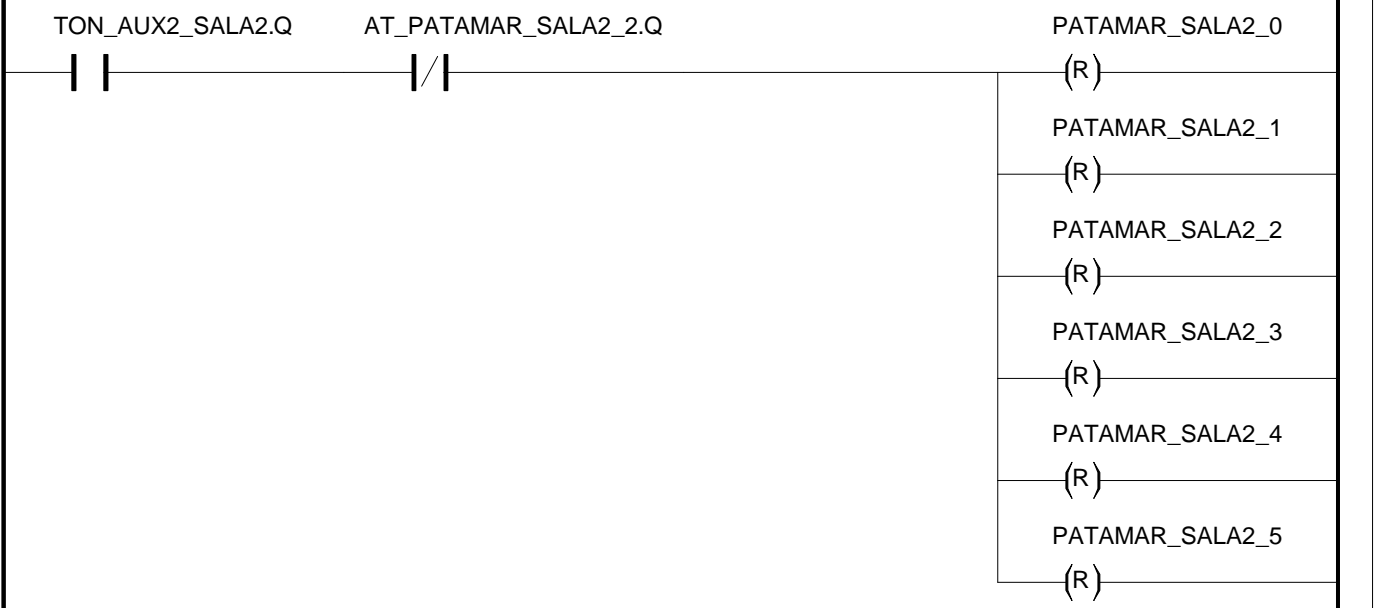
0011



0012

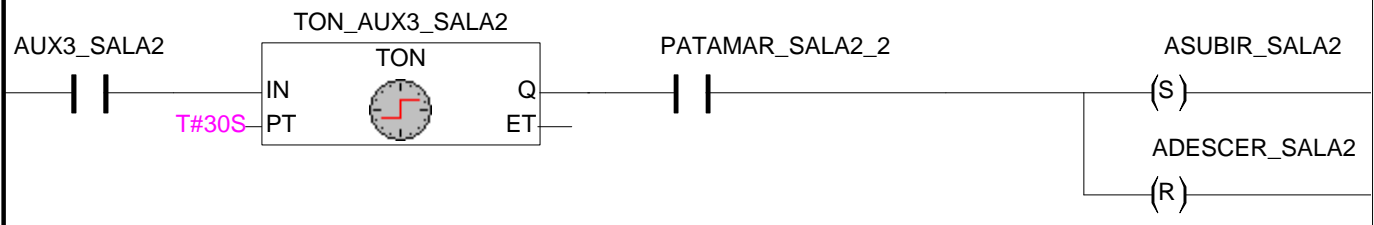


0013

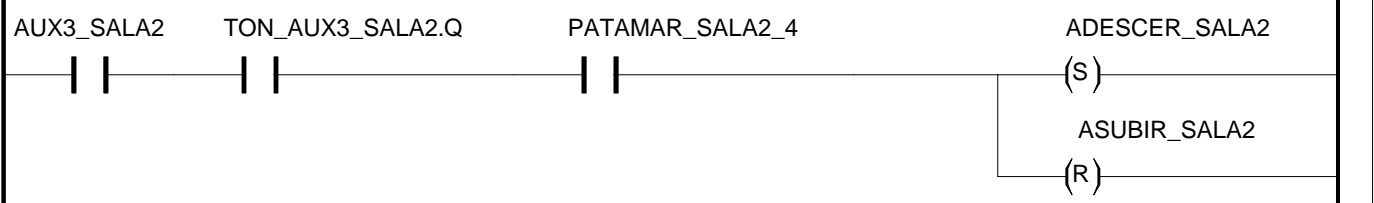


0014

PATAMAR=3



0015




--	--

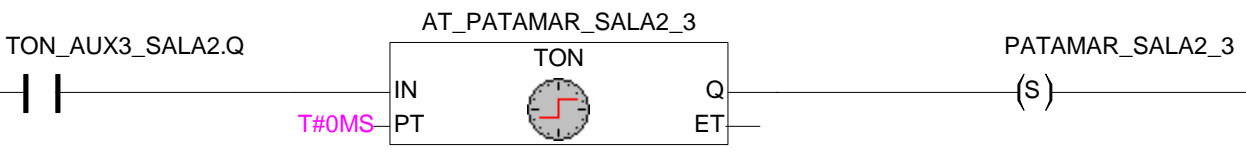
--	--

--	--

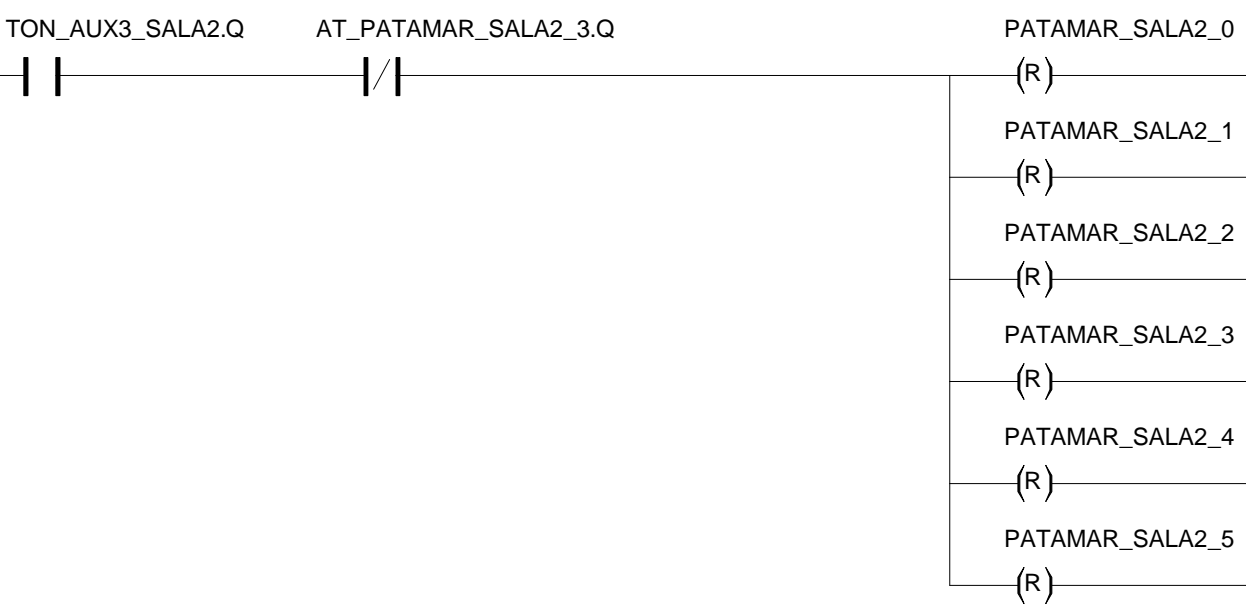

--	--

--	--

0016

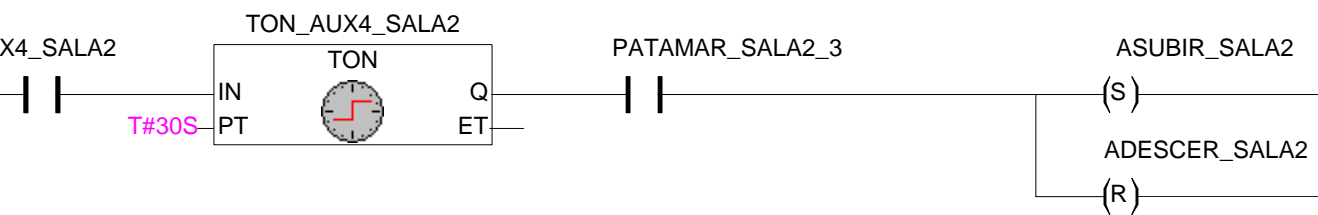


0017

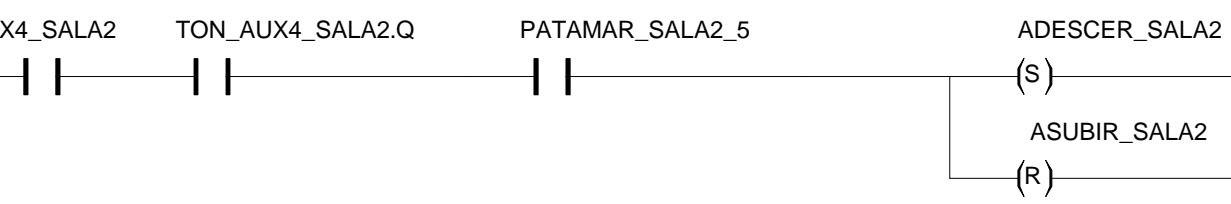


0018

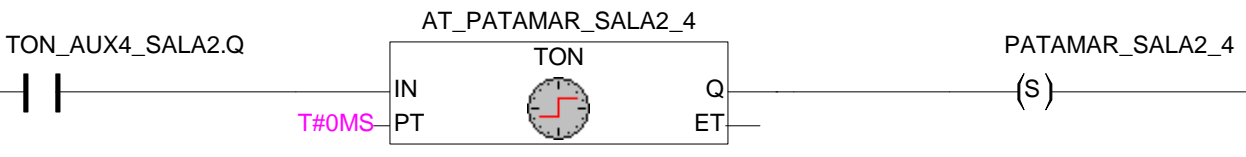
PATAMAR=4



0019



0020





0021

TON\_AUX4\_SALA2.Q

AT\_PATAMAR\_SALA2\_4.Q

PATAMAR\_SALA2\_0



(R)

PATAMAR\_SALA2\_1

(R)

PATAMAR\_SALA2\_2

(R)

PATAMAR\_SALA2\_3

(R)

PATAMAR\_SALA2\_4

(R)

PATAMAR\_SALA2\_5

(R)

0022

PATAMAR=5

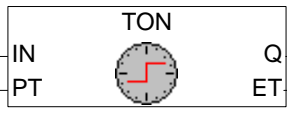
AUX5\_SALA2

TON\_AUX5\_SALA2

ASUBIR\_SALA2



T#30S



(S)

ADESCER\_SALA2

(R)

0023

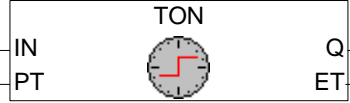
TON\_AUX5\_SALA2.Q

AT\_PATAMAR\_SALA2\_5

PATAMAR\_SALA2\_5



T#0MS



(S)

0024

TON\_AUX5\_SALA2.Q

AT\_PATAMAR\_SALA2\_5.Q

PATAMAR\_SALA2\_0



(R)

PATAMAR\_SALA2\_1

(R)

PATAMAR\_SALA2\_2

(R)

PATAMAR\_SALA2\_3

(R)

PATAMAR\_SALA2\_4

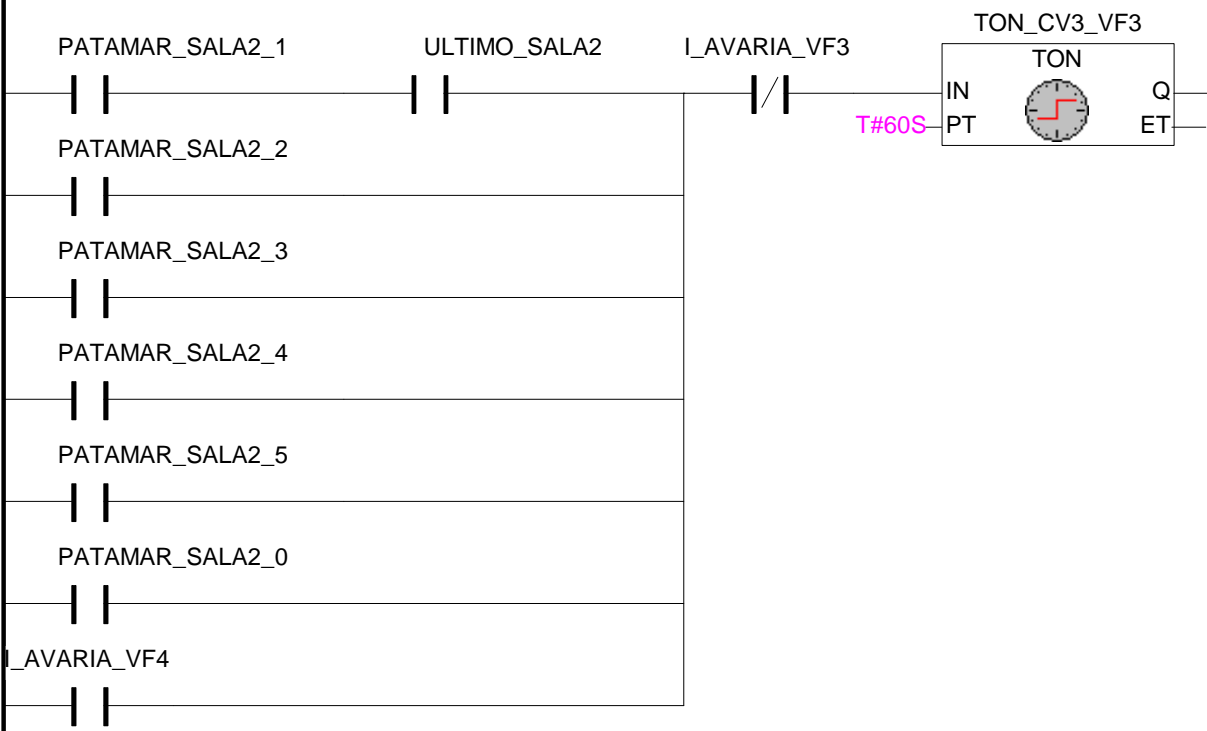
(R)

PATAMAR\_SALA2\_5

(R)

0025

VARIADOR 1 SALA1



0026

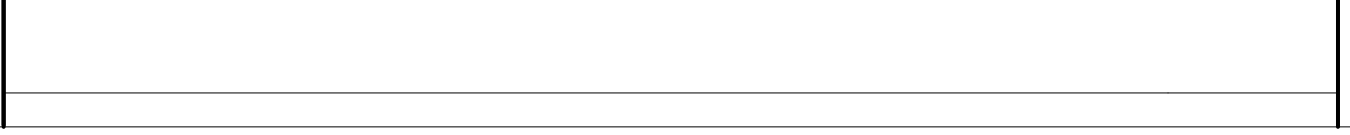
VARIADOR 2 SALA1



0027



0028



CV3\_AUTO\_VF3

( )

CV4\_AUTO\_VF4

( )

0001	PROGRAM Alarmes
0002	VAR
0003	END_VAR
0001	(* ALARMES*)
0002	(* SALA 1 *)
0003	IF R_MED_TEMP_SALA1>=45.0 THEN AL_TEMP_ALTA_SALA1:=1; ELSE AL_TEMP_ALTA_SALA1:=0; END_IF;
0004	TEMP_ALTA_SALA1:=AL_TEMP_ALTA_SALA1;
0005	
0006	IF AVARIA_VF1=1 THEN AL_AVARIA_VF1:=1; ELSE AL_AVARIA_VF1:=0; END_IF;
0007	IF AVARIA_VF2=1 THEN AL_AVARIA_VF2:=1; ELSE AL_AVARIA_VF2:=0; END_IF;
0008	
0009	
0010	(* SALA 2 *)
0011	IF R_MED_TEMP_SALA2>=45.0 THEN AL_TEMP_ALTA_SALA2:=1; ELSE AL_TEMP_ALTA_SALA2:=0; END_IF;
0012	TEMP_ALTA_SALA2:=AL_TEMP_ALTA_SALA2;
0013	
0014	IF AVARIA_VF3=1 THEN AL_AVARIA_VF3:=1; ELSE AL_AVARIA_VF3:=0; END_IF;
0015	IF AVARIA_VF4=1 THEN AL_AVARIA_VF4:=1; ELSE AL_AVARIA_VF4:=0; END_IF;
0016	
0017	IF FILTRO_COLMATADO_SALA1 THEN AL_FILTRO_COLMATADO_SALA1:=1; ELSE AL_FILTRO_COLMATADO_SALA1:=0; END_IF;
0018	IF FILTRO_COLMATADO_SALA2 THEN AL_FILTRO_COLMATADO_SALA2:=1; ELSE AL_FILTRO_COLMATADO_SALA2:=0; END_IF;
0019	

D\_IF;  
D\_IF;

0001	VAR_GLOBAL
0002	R_TEMP1_SALA1: REAL;
0003	R_TEMP2_SALA1: REAL;
0004	R_TEMP1_SALA2: REAL;
0005	R_TEMP2_SALA2: REAL;
0006	R_MED_TEMP_SALA1:REAL;
0007	R_MED_TEMP_SALA2:REAL;
0008	R_TEMP_N1:REAL;
0009	R_TEMP_N2:REAL;
0010	R_TEMP_EXT: REAL;
0011	UM:BOOL;
0012	ESCRITA_PASS:INT;
0013	PASSWORD: INT;
0014	NOVA_PASSWORD:INT;
0015	PASS_OK:BOOL;
0016	ACT_PASS:BOOL;
0017	ULTIMO_SALA1:BOOL;
0018	ULTIMO_SALA2:BOOL;
0019	END_VAR
0020	
0021	VAR_GLOBAL RETAIN PERSISTENT
0022	AL_TEMP_ALTA_SALA1:BOOL;
0023	AL_TEMP_ALTA_SALA2:BOOL;
0024	AL_AVARIA_VF1:BOOL;
0025	AL_AVARIA_VF2:BOOL;
0026	AL_AVARIA_VF3:BOOL;
0027	AL_AVARIA_VF4:BOOL;
0028	AL_FILTRO_COLMATADO_SALA1:BOOL;
0029	AL_FILTRO_COLMATADO_SALA2:BOOL;
0030	
0031	TEMP1:REAL;
0032	TEMP2:REAL;
0033	TEMP3:REAL;
0034	TEMP4:REAL;
0035	TEMP5:REAL;
0036	
0037	PATAMAR_SALA1_0:BOOL;
0038	PATAMAR_SALA1_1:BOOL;
0039	PATAMAR_SALA1_2:BOOL;
0040	PATAMAR_SALA1_3:BOOL;
0041	PATAMAR_SALA1_4:BOOL;
0042	PATAMAR_SALA1_5:BOOL;
0043	
0044	PATAMAR_SALA2_0:BOOL;
0045	PATAMAR_SALA2_1:BOOL;
0046	PATAMAR_SALA2_2:BOOL;
0047	PATAMAR_SALA2_3:BOOL;
0048	PATAMAR_SALA2_4:BOOL;
0049	PATAMAR_SALA2_5:BOOL;
0050	
0051	AUX0_SALA1:BOOL;
0052	AUX1_SALA1:BOOL;
0053	AUX2_SALA1:BOOL;
0054	AUX3_SALA1:BOOL;
0055	AUX4_SALA1:BOOL;
0056	AUX5_SALA1:BOOL;
0057	
0058	AUX0_SALA2:BOOL;
0059	AUX1_SALA2:BOOL;
0060	AUX2_SALA2:BOOL;
0061	AUX3_SALA2:BOOL;
0062	AUX4_SALA2:BOOL;
0063	AUX5_SALA2:BOOL;
0064	
0065	ASUBIR_SALA1: BOOL;
0066	ADESCER_SALA1: BOOL;

0067  
0068  
0069  
0070  
0071  
0072  
0073  
0074  
0075  
0076  
0077  
0078  
0079  
0080  
0081  
0082  
0083  
0084  
0085  
0086  
0087  
0088  
0089  
0090  
0091  
0092  
0093  
0094  
0095  
0096  
0097

ASUBIR\_SALA2: BOOL;  
ADESCER\_SALA2: BOOL;  
  
FREQ\_SALA1\_1\_SUBIR:INT;  
FREQ\_SALA1\_2\_SUBIR:INT;  
FREQ\_SALA1\_3\_SUBIR:INT;  
FREQ\_SALA1\_4\_SUBIR:INT;  
FREQ\_SALA1\_5\_SUBIR:INT;  
  
FREQ\_SALA1\_0\_DESCER:INT;  
FREQ\_SALA1\_1\_DESCER:INT;  
FREQ\_SALA1\_2\_DESCER:INT;  
FREQ\_SALA1\_3\_DESCER:INT;  
FREQ\_SALA1\_4\_DESCER:INT;  
FREQ\_SALA1\_5\_DESCER:INT;  
  
FREQ\_SALA2\_1\_SUBIR:INT;  
FREQ\_SALA2\_2\_SUBIR:INT;  
FREQ\_SALA2\_3\_SUBIR:INT;  
FREQ\_SALA2\_4\_SUBIR:INT;  
FREQ\_SALA2\_5\_SUBIR:INT;  
  
FREQ\_SALA2\_0\_DESCER:INT;  
FREQ\_SALA2\_1\_DESCER:INT;  
FREQ\_SALA2\_2\_DESCER:INT;  
FREQ\_SALA2\_3\_DESCER:INT;  
FREQ\_SALA2\_4\_DESCER:INT;  
FREQ\_SALA2\_5\_DESCER:INT;  
MAX\_ANALOGICA:INT;  
END\_VAR

## Anexo C. Manual do Operador – Interface Autómato do Sistema de Ventilação

MANUAL DO OPERADOR  
INTERFACE  
AUTOMATO ABB  
  
EDP – LEIRIA

**MANUAL OPERADOR SE EDP PARCEIROS - LEIRIA**

---

# Índice

## Conteúdo

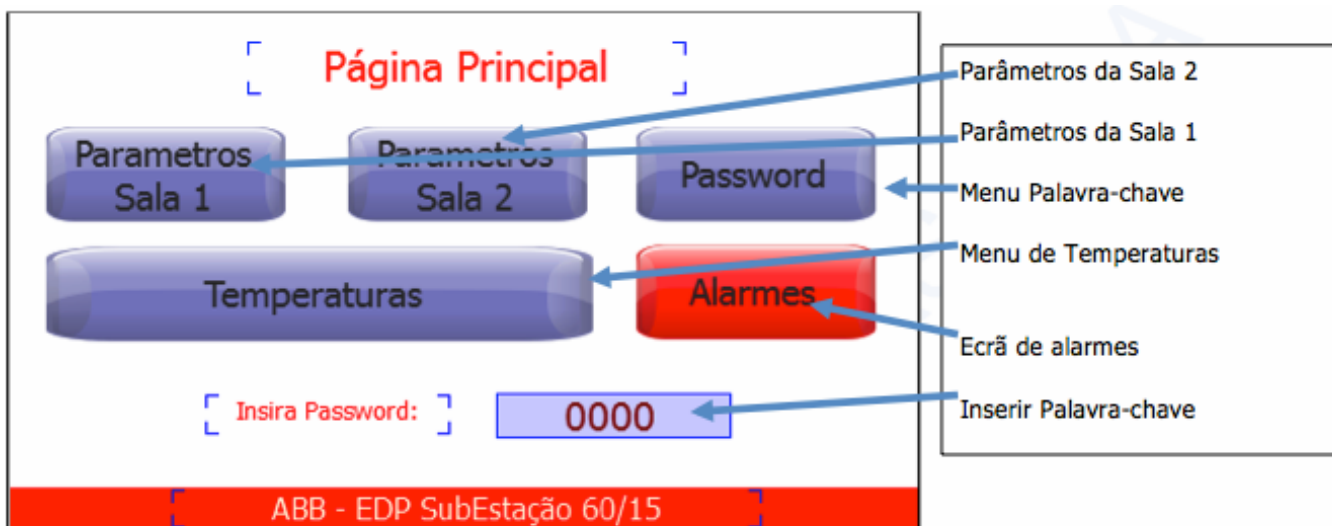
INTRODUÇÃO.....	3
ÉCRANS DA CONSOLA: .....	3
1. ECRÃ PRINCIPAL: .....	3
2. ECRÃ DE PARÂMETROS DE SALA 1 E SALA 2.....	3
3. ECRÃ PASSWORD: .....	4
4. ECRÃ DE TEMPERATURAS:.....	5
5. ECRÃ DE ALARMES: .....	5

## INTRODUÇÃO

Este manual visa proporcionar ao utilizador do sistema um suporte teórico do funcionamento geral do equipamento.

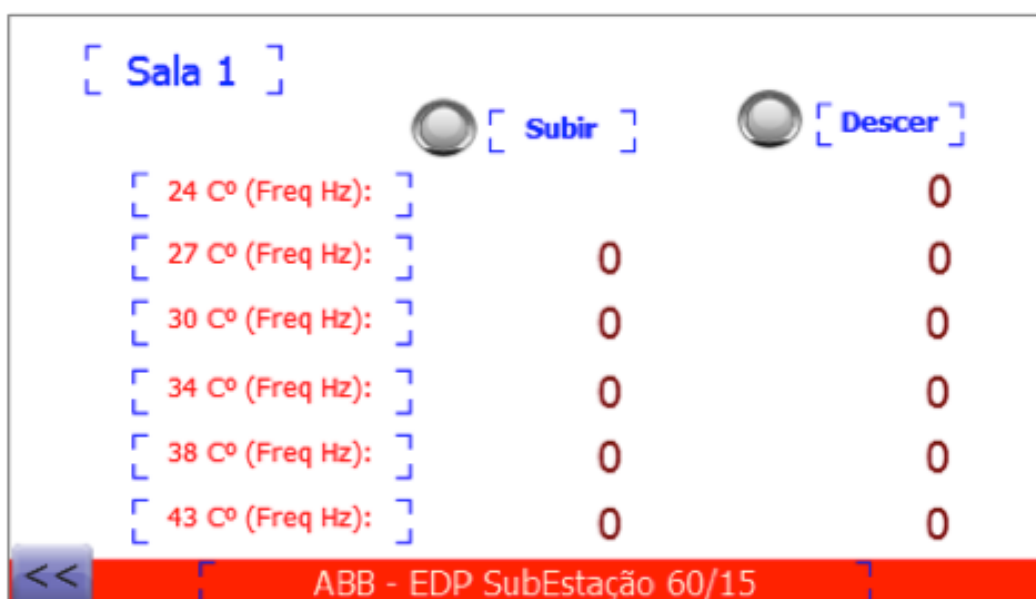
### ÉCRANS DA CONSOLA:

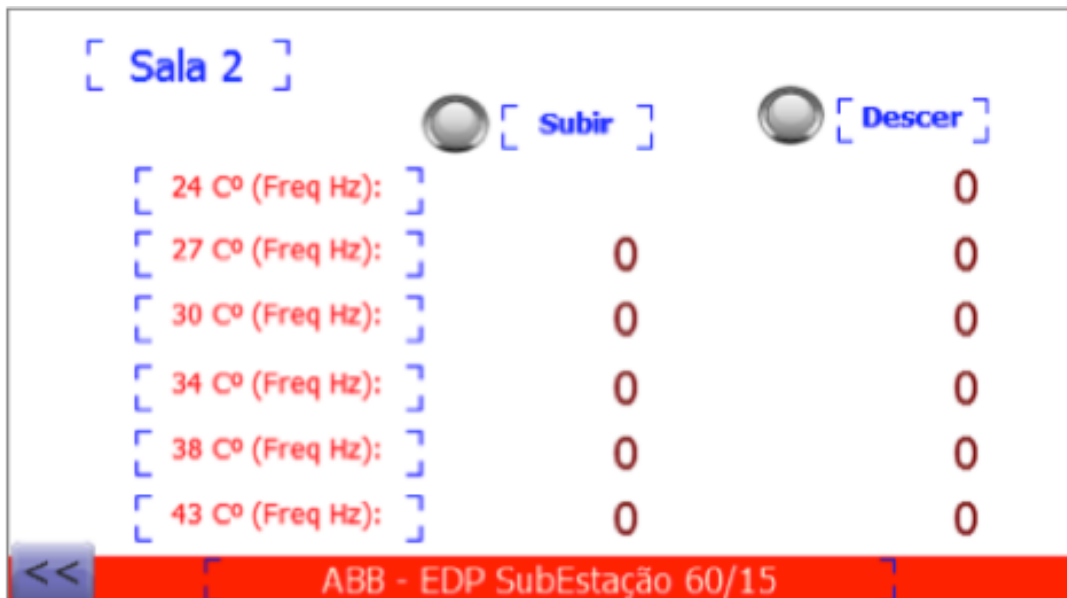
#### 1. ECRÃ PRINCIPAL:



Acessível quando se liga o equipamento.  
Dá-nos acesso aos vários ecrãs do equipamento.

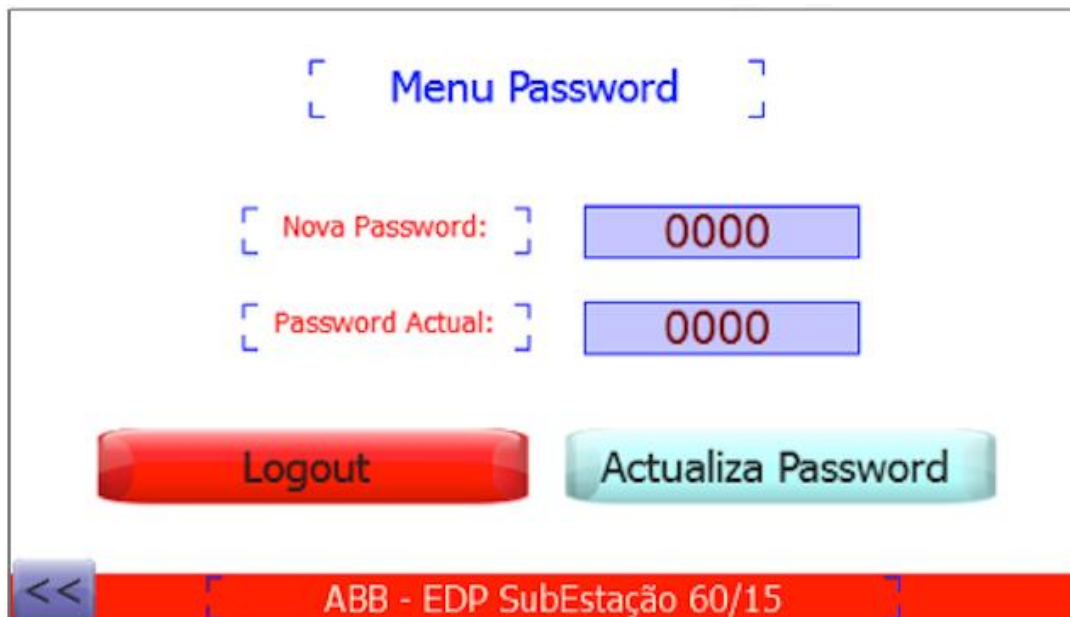
#### 2. ECRÃ DE PARÂMETROS DE SALA 1 E SALA 2:





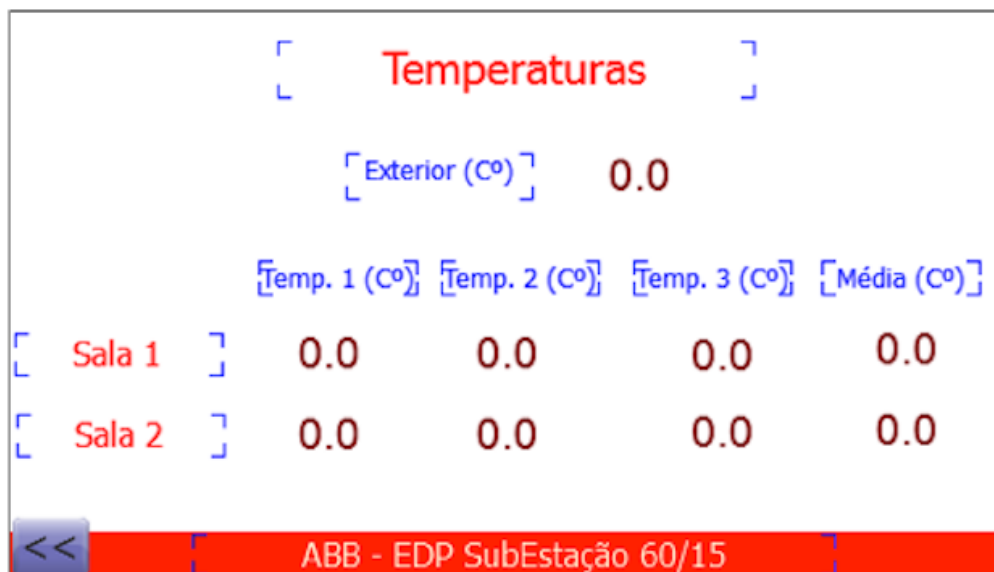
Para se aceder a estes ecrãs, temos de colocar a Password no ecrã principal. Neste(s) ecrãs, podemos colocar os vários valores de frequência, referentes ao respetivo patamar de temperatura, tanto para situação de "Temperatura a Subir" como para "Temperatura a Descer". Temos um led que indica se a temperatura está a subir ou a descer.

### 3. ECRÃ PASSWORD:



Para se aceder a este ecrã, temos de colocar a Password no ecrã principal. Neste ecrã, podemos inserir uma nova password e de seguida, carregar no botão "Actualiza Password". Também podemos fazer Logout, carregando no botão "Logout".

#### 4. ECRÃ DE TEMPERATURAS:



	[ Exterior (Cº) ]			
	[Temp. 1 (Cº)]	[Temp. 2 (Cº)]	[Temp. 3 (Cº)]	[Média (Cº)]
[ Sala 1 ]	0.0	0.0	0.0	0.0
[ Sala 2 ]	0.0	0.0	0.0	0.0

<< ABB - EDP SubEstação 60/15

Permite-nos aceder às temperaturas atuais da instalação.

#### 5. ECRÃ DE ALARMES: Visualização dos alarmes ativos no sistema.



[ Alarmes ]	
[ Temp. Alta Sala 1 ]	<input type="checkbox"/>
[ Temp. Alta Sala 2 ]	<input type="checkbox"/>
[ VENTILADOR 1 AVARIA ]	<input type="checkbox"/>
[ VENTILADOR 2 AVARIA ]	<input type="checkbox"/>
[ VENTILADOR 3 AVARIA ]	<input type="checkbox"/>
[ VENTILADOR 4 AVARIA ]	<input type="checkbox"/>
[ Filtro Sala 1 Colmatado ]	<input type="checkbox"/>
[ Filtro Sala 2 Colmatado ]	<input type="checkbox"/>

<< ABB - EDP SubEstação 60/15

Temos os seguintes alarmes:

- Temperatura alta Sala 1;
- Temperatura alta Sala 2;
- Avaria de ventilador 1 Sala 1;
- Avaria de ventilador 2 Sala 1;
- Avaria de ventilador 3 Sala 2;
- Avaria de ventilador 4 Sala 2;
- Filtro sala 1 Colmatado;
- Filtro sala 2 Colmatado;

## Anexo D. Manual de Condução e Manutenção do Sistema de Ventilação

**MANUAL DE CONDUÇÃO E MANUTENÇÃO**

**EDP**

**SUBESTAÇÃO ELÉCTRICA PARCEIROS, LEIRIA**

**SISTEMA DE VENTILAÇÃO FORÇADA**

## Conteúdo

1. DESCRIÇÃO DA INSTALAÇÃO.....	3
2. MODO DE FUNCIONAMENTO.....	4
3. EQUIPAMENTOS INSTALADOS.....	5
3.1. VENTILADORES AXIAIS.....	5
3.2. ATENUADORES ACÚSTICOS.....	6
3.3. APOIOS ANTIVIBRATÓRIOS.....	7
3.4. REGISTOS DE SOBREPRESSÃO.....	7
3.5. SECÇÃO DE FILTRAGEM.....	8
4. CONDUÇÃO DA INSTALAÇÃO.....	9
5. ROTINAS DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA.....	9
5.1. VENTILADORES AXIAIS.....	9
5.2. QUADROS ELÉCTRICOS.....	10
6. ENSAIOS.....	11
6.1 ENSAIOS MECÂNICOS.....	11
6.2 ENSAIOS ELÉCTRICOS.....	13
6.3 ENSAIOS ACÚSTICOS.....	16

## 1. DESCRIÇÃO DA INSTALAÇÃO

O sistema de ventilação forçada da subestação eléctrica da EDP Parceiros, Leiria, compreende a instalação de 2 ventiladores axiais por cada sala de Transformador de Potência (TP), de virola longa, associados a registos de sobrepressão circulares, que encaminham o ar quente exaurido no piso 1, (sala dos ventiladores), proveniente da sala do Transformador de Potência, TP.

### CIRCULAÇÃO DE AR

A captação do ar exterior é feita ao nível do pavimento numa grelha exterior de secção 2 x 2 mt associada a um filtro G4 montado em bateria com 4 secções 1x1mt e a um atenuador de ruído rectangular de igual secção com 1800mm de comprimento.

A descarga de ar é feita ao nível alto, havendo encaminhamento do ar a exaurir para a cota alta por meio de fendas existentes no tecto da sala dos postos de transformação de energia para a sala dos ventiladores donde será devolvido ao exterior em grelha de fachada de secção 2 x 2 mt interligada a um atenuador acústico.

Cada ventilador possuirá um pavilhão de aspiração com rede a montante e um registo de sobrepressão a jusante de modo a não haver refluxo de ar entre ventiladores sendo a descarga de ar feita para um pleno a interligar ao atenuador.

Os ventiladores possuirão pés de fábrica onde serão interpostos cinoblocos de isolamento das vibrações com a laje de assentamento. Na descarga de ar serão apostas telas imputrescíveis antivibratórias para isolamento acústico e vibrático com as condutas a que se interligam.

## 2. MODO DE FUNCIONAMENTO

Os ventiladores funcionaram em paralelo mediante a temperatura da sala TP em regime de variação de velocidade. A variação da temperatura da sala será função da carga do TP e da temperatura exterior do ar da ventilação de modo a que a temperatura interior não exceda 45°C. A temperatura da sala é aferida por sondas de temperatura ambiente que comunicarão com o controlador de modo a comandar o regime de funcionamento dos variadores de frequência que servem os ventiladores. Assim temos:

### TEMPERATURA A SUBIR

Tinterior (°C)	% caudal	freq. (Hz)	n.º ventiladores em funcionamento
21	0	0	0
24	0	0	0
27	20%		1
30	40%		2
34	60%		2
38	80%		2
43	100%		2

### TEMPERATURA A DESCER

Tinterior (°C)	% caudal	freq. (Hz)	n.º ventiladores em funcionamento
43	100%		2
38	100%		2
34	80%		2
30	60%		2
27	40%		2
24	20%		1
21	0	0	0

### 3. EQUIPAMENTOS INSTALADOS

#### 3.1. VENTILADORES AXIAIS

Serão dois do tipo axial com características 200°C/2 horas de virola longa. O motor será trifásico e directamente acoplado ao ventilador na direcção do fluxo de ar

Marca: FranceAir

Modelo: 1000AX/25/4/6/14

Caudal de projecto: 32.000m<sup>3</sup>/h

Pressão estática disponível: 320 Pa.

Potência eléctrica nominal: 9kW

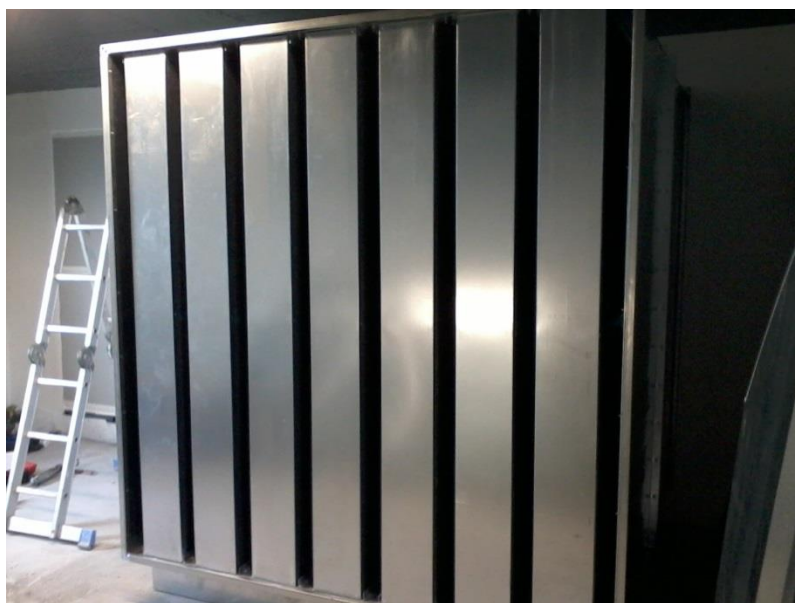
Potência eléctrica absorvida: 5.5kW

Diâmetro virola: 1000mm



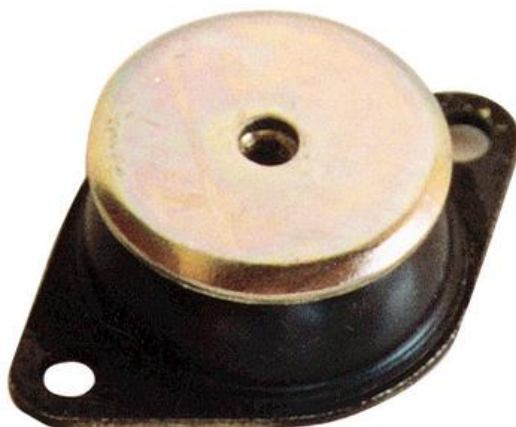
### 3.2. ATENUADORES ACÚSTICOS

Serão rectangulares com estrutura em aço galvanizado com baffles internos, possuindo apêndice aerodinâmico no sentido oposto à circulação do ar. Possuem uma secção de 2000x2000mm e 1800mm de comprimento.



### 3.3. APOIOS ANTIVIBRATÓRIOS

Os ventiladores serão apoiados em quatro apoios antivibratórios de referência BCA da marca FranceAir.



### 3.4. REGISTOS DE SOBREPRESSÃO

Foram intercalados registos de sobrepressão entre os ventiladores e os atenuadores acústicos de descarga de ar de modo a impedir o refluxo de ar entre os ventiladores.



### 3.5. SECÇÃO DE FILTRAGEM

Instalada na secção de admissão de ar junto da tomada de ar exterior. Foram instalados 4 filtros 1000x1000 em bateria, com eficiência gravimétrica G4 conforme se ilustra nas imagens seguintes. A monitorização do estado de colmatação é aferida por pressostato diferencial que sinalizará no QE o alarme de filtros sujos/colmatados. Os filtros serão substituíveis não laváveis podendo ser soprados por ar comprimido e/ou aspirados do lado da admissão de ar exterior.



**Bateria de filtros lado interior – descarga de ar**



**Bateria de filtros lado exterior – admissão de ar**

#### 4. CONDUÇÃO DA INSTALAÇÃO

A instalação funciona de modo automático a partir do controlador instalado para o efeito. No QE estão assinalados os estados de funcionamento dos ventiladores e dos alarmes afectos às salas TP1/TP2.

Equipamento	VE1/VE2	VE3/VE4	Temperatura	Autómato	Disjuntor	Filtro	Sinalizadores
Estado manual automático	x						
Avaria	x	x		x			
Temperatura Alta			x				
Paragem emergência					x		
Abertura Disjuntor					x		
Filtro Colmatado						x	
Teste de lâmpadas							x

#### 5. ROTINAS DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA

##### 5.1. VENTILADORES AXIAIS

Ventiladores Axiais	Periodicidade (meses)					Observações
	1	3	6	12	24	
Verificação de corrosão, limpeza e estado geral dos ventiladores			1			
Verificação de existência de ruídos ou vibrações anómalas			1			
Verificação de alinhamento e folgas na equilibragem das pás dos ventiladores				1		
Verificação de apertos eléctricos e estado de condutores e isolamentos				1		
Verificação da actuação dos sistemas de encravamento e protecção			1			
Verificação de condições de funcionamento com as de projecto				1		
Verificação de consumos dos motores face aos valores nominais				1		

##### 5.2. FILTRO ENTRADA DE AR

Filtro entrada ar	Periodicidade (meses)					Observações
	1	3	6	12	24	
Verificação do estado dos filtros e substituição se necessário			1			

### 5.3. QUADROS ELÉCTRICOS

Quadros Eléctricos	Periodicidade (meses)					Observações
	1	3	6	12	24	
Limpeza geral do quadro e reparação de pontos de corrosão			1			
Teste e limpeza de todos os equipamentos do QE				1		
Teste e ajustes de equipamentos de medida				1		
Reaperto de terminais				1		
Medição de terras				1		
Verificação termográfica					1	
Medição de tensão e intensidade de todos os circuitos				1		
Verificação do isolamento eléctrico das cablagens de alimentação dos equipamentos				1		

## 6. ENSAIOS

### 6.1 ENSAIOS MECÂNICOS

#### 6.1.1 Transformador de Potência, TP1

ITEM	C (X)	NC (X)	Valor medido (se aplicável)	Valor referencia
<b>VE1</b>				
Inexistência de ruídos anormais				
Estado de corrosão				
Verificação do sentido de rotação				
Verificação das ligações flexíveis na descarga de ar				
Verificação da ligação de apoios anti-vibratórios				
Verificação da abertura/fecho de registo de sobrepressão				
<b>VE2</b>				
Inexistência de ruídos anormais				
Estado de corrosão				
Verificação do sentido de rotação				
Verificação das ligações flexíveis na descarga de ar				
Verificação da ligação de apoios anti-vibratórios				
Verificação da abertura/fecho de registo de sobrepressão				
<b>FILTROS DE AR</b>				
Verificar abertura/fecho de pressostato diferencial de ar				

Data:	Empresa:	Nome:	Rubrica:

### 6.1.2 Transformador de Potência, TP2

ITEM	C (X)	NC (X)	Valor medido (se aplicável)	Valor referencia
<b>VE3</b>				
Inexistência de ruídos anormais				
Estado de corrosão				
Verificação do sentido de rotação				
Verificação das ligações flexíveis na descarga de ar				
Verificação da ligação de apoios anti-vibratórios				
Verificação da abertura/fecho de registo de sobrepressão				
<b>VE4</b>				
Inexistência de ruídos anormais				
Estado de corrosão				
Verificação do sentido de rotação				
Verificação das ligações flexíveis na descarga de ar				
Verificação da ligação de apoios anti-vibratórios				
Verificação da abertura/fecho de registo de sobrepressão				
<b>FILTROS DE AR</b>				
Verificar abertura/fecho de pressostato diferencial de ar				

Data:	Empresa:	Nome:	Rubrica:

## 6.2 ENSAIOS ELÉCTRICOS

### 6.2.1 Transformador de Potência, TP1

ITEM	C	NC	Valor medido (se aplicável)	Valor referencia
<b>VE1</b>				
Verificação de ligação de interruptor de corte local				
Verificação das ligações equipotenciais				
Verificação de arranque paragem remota (modo manual)				
Verificação da sinalização funcionamento/paragem no QE				
<b>VE2</b>				
Verificação de ligação de interruptor de corte local				
Verificação das ligações equipotenciais				
Verificação de arranque paragem remota (modo manual)				
Verificação da sinalização funcionamento/paragem no QE				

### 6.2.2 Transformador de Potência, TP2

ITEM	C	NC	Valor medido (se aplicável)	Valor referencia
<b>VE3</b>				
Verificação de ligação de interruptor de corte local				
Verificação das ligações equipotenciais				
Verificação de arranque paragem remota (modo manual)				
Verificação da sinalização funcionamento/paragem no QE				
<b>VE4</b>				
Verificação de ligação de interruptor de corte local				
Verificação das ligações equipotenciais				
Verificação de arranque paragem remota (modo manual)				
Verificação da sinalização funcionamento/paragem no QE				

<b>Data:</b>	<b>Empresa:</b>	<b>Nome:</b>	<b>Rubrica:</b>

### 6.2.3 QUADRO ELÉCTRICO

QUADRO ELÉCTRICO				
Verificação de ligações equipotenciais				
Verificação de electrificação conforme esquema				
Estado de sinalizadores				
Arranque/paragem de variadores de frequência				
Verificação do arranque/paragem de ventilador em estado automático				
Verificação do arranque/paragem de ventilador em estado manual				
Verificação sinalização Temperatura Alta			45°C	
Verificação paragem emergência				
Verificação sinalização Filtro Colmatado				
Verificação de paragem pela central incêndio				
Verificação da programação do autómato na rampa de subida de temperatura interior, com base nos parâmetros de temperatura/frequência definidos				
Verificação da programação do autómato c/simulação de avaria de um ventilador e arranque do ventilador adjacente na frequência máxima se a temperatura estiver dentro dos parâmetros de arranque.			47Hz	

Data:	Empresa:	Nome:	Rubrica:

## 6.4 ENSAIOS CAUDAL

### 6.4.1 Transformador de Potência, TP1

Tinterior (°C)	% Caudal	Caudal referência m3/h	freq. (Hz)	n.º ventiladores em funcionamento	Caudal medido VE1 m3/h	Caudal medido VE2 m3/h	Caudal total medido x2vent. M3/h
21	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0
27	20%	8000	34	1	a)	a)	
30	40%	16000	43	2			
34	60%	24000	43	2			
38	80%	32000	47	2			
43	100%	40000	47	2			

### 6.4.2 Transformador de Potência, TP2

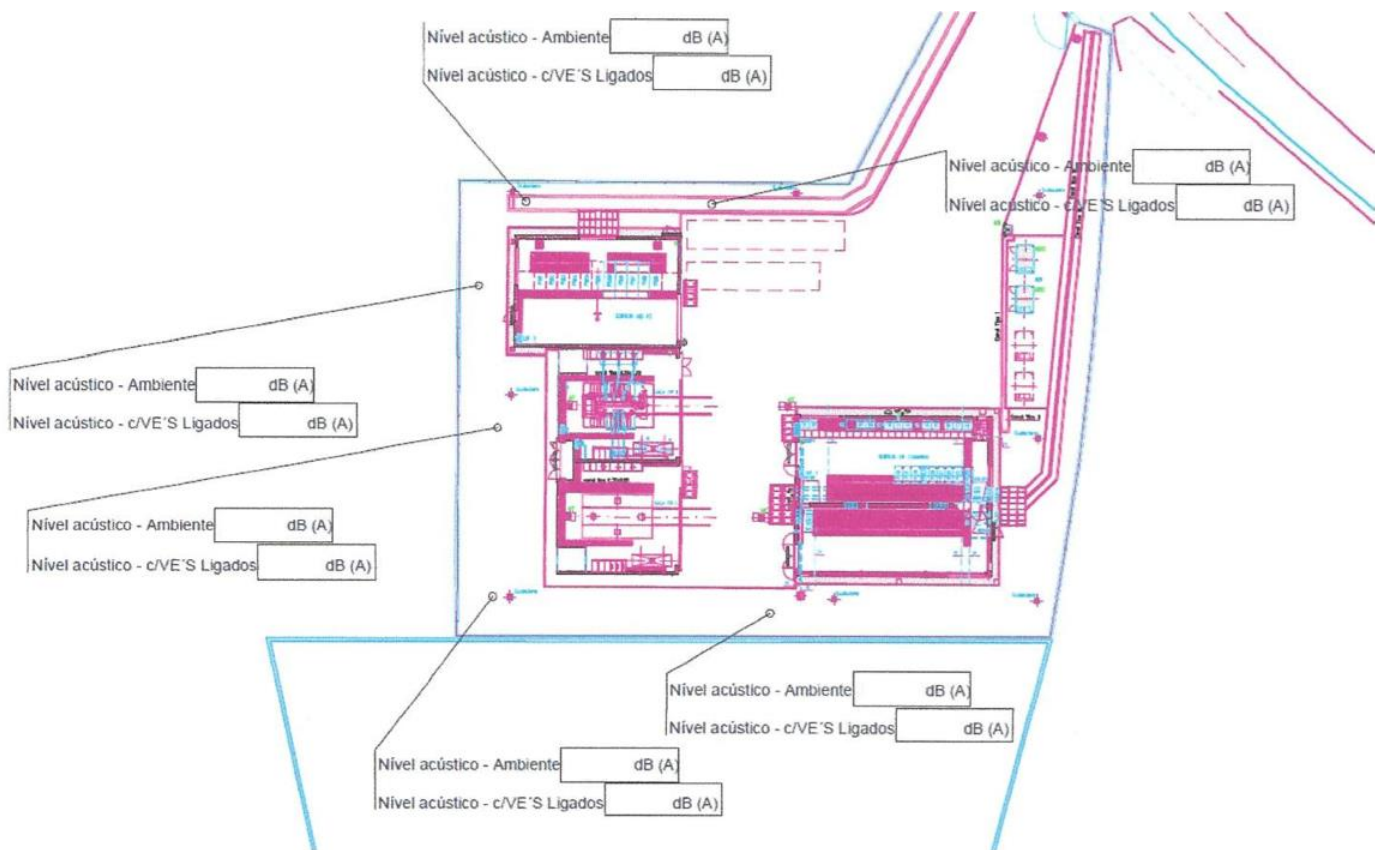
Tinterior (°C)	% Caudal	Caudal referência m3/h	freq. (Hz)	n.º ventiladores em funcionamento	Caudal medido VE3 m3/h	Caudal medido VE4 m3/h	Caudal total medido x2vent. M3/h
21	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0
27	20%	8000	34	1	a)	a)	
30	40%	16000	43	2			
34	60%	24000	43	2			
38	80%	32000	47	2			
43	100%	40000	47	2			

a) Apenas arranca um ventilador de cada vez. Estes funcionam em regime de alternância para equilíbrio do número de horas de funcionamento de cada ventilador.

Data:	Empresa:	Nome:	Rubrica:

### 6.4 ENSAIOS ACÚSTICOS

Deverá verificar-se o nível acústico verificado no limite da propriedade de modo a que não se exceda 45 dB(A) em toda a sua periferia para o regime do caudal máximo de projecto correspondente a 45°C na sala TP correspondente.



Data:	Empresa:	Nome:	Rubrica: