

# Monitorização de um Sistema de Poligeração de Energia

*Gonçalo Nuno Vale Novo da Costa Carvalho*

**Dissertação de Mestrado**

Orientador: Prof. João Falcão Carneiro

Coorientador: Prof. Fernando Gomes de Almeida



**Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica**

Fevereiro de 2020



*“If you can’t measure it, you can’t manage it”*  
*Peter Drucker*



## Resumo

Atualmente existe cada vez mais uma maior consciência de que as energias renováveis fazem parte do nosso futuro a curto prazo. Isto acontece por vários motivos como a poluição e as alterações climáticas ou a escassez de alguns recursos que antes eram tidos como certos. Por isto, tem-se tentado implementar cada vez mais sistemas em que a fonte de energia provém de energias renováveis.

No caso em questão, estuda-se um sistema para climatizar uma sala utilizando como fonte de energia renovável a energia solar. Atualmente, a energia solar é captada através de coletores solares que permitem o aquecimento de água acumulada num reservatório. A produção de frio é conseguida através de um ejetor de geometria variável (VGE). A juntar a isto prevê-se a instalação de painéis fotovoltaicos (PV) que permitirão obter energia elétrica, bem como de dispositivos que permitirão o armazenamento de energia térmica e elétrica quando a produção da mesma for superior ao consumo.

Para além dos sistemas que permitem a climatização da sala e o armazenamento dos diferentes tipos de energia, existe um sistema de aquisição de dados que permite adquirir e controlar vários parâmetros tais como temperaturas, pressões ou caudais com vista a colocar o sistema a funcionar próximo do seu ponto de funcionamento ótimo. O sistema de aquisição atual trata-se de um sistema antigo e pouco modular, razões que justificam uma reformulação. O novo sistema foi projetado para ser modular e versátil, permitindo abranger uma maior distribuição geográfica dos vários componentes.

Numa primeira fase, foi feito o estudo e a caracterização da instalação existente bem como das atualizações que serão implementadas. Este estudo foi acompanhado de um levantamento de todos os sinais de sensores e transdutores existentes no sistema, bem como dos diversos sinais de comando necessários.

Numa segunda fase, estudaram-se as diferentes alternativas do mercado para sistemas de aquisição e monitorização de dados e criaram-se várias configurações destes sistemas para a instalação. Estas configurações foram comparadas de maneira a ser selecionada a mais vantajosa.

No final foi possível obter um anteprojecto da solução de instrumentação e aquisição de dados para a instalação existente bem como para as atualizações previstas.



# Monitorization of an Energy Polygeneration System

## Abstract

Nowadays there is a growing consciousness that renewable energies are part of our short-term future. This happens for various reasons such as pollution and climate changes or the scarcity of some resources that were once taken for granted. As a result, more and more systems have been deployed where the energy source comes from renewable energies.

In the case under analysis, a system for air conditioning a room using solar energy as the energy renewable source is being studied. Currently, solar energy is captured through solar collectors that allow the heating of water accumulated in a reservoir. Cold production is achieved through a variable geometric ejector (VGE). In addition to this, it is planned to install photovoltaic panels (PV) that will allow to obtain electrical energy, as well as devices that allow the storage of thermal and electrical energy whenever energy production is greater than the consumption.

Besides the systems that allow the air condition of the room and the storage of different types of energy, there is a data acquisition system that allows the acquisition and control of various parameters, such as temperatures, pressures and flow rates in order to put the system working near its optimal operating point. The current system is old and not very modular, reasons that justify a reformulation. The new system was designed to be modular and versatile, covering a bigger geographic distribution of the various components.

In a first phase, the study and characterization of the existing installation was made, as well as the updates that will be implemented. This study was accompanied by a survey of all the signals from sensors and transducers in the system, as well as the various command signals.

In a second phase, different market alternatives for data acquisition and monitoring systems were studied and various configurations of these systems were created for the installation. These settings were compared in order to select the most advantageous.

In the end, it was possible to obtain a preliminary draft of the instrumentation and data acquisition solution for the existing installation as well as for the planned updates.





## Agradecimentos

Em primeiro lugar gostaria de agradecer aos meus orientadores. Ao professor João Falcão Carneiro por toda a disponibilidade demonstrada durante a realização do projeto, por toda a ajuda e paciência quando alguma tarefa parecia complicar-se e transmissão de conhecimentos o que me permitiu aprender e crescer. Ao professor Fernando Gomes de Almeida, por levantar questões permitindo ter uma visão mais ampla dos diferentes problemas e por toda a ajuda a solucionar qualquer tipo de dúvida.

Ao professor Szabolcs Varga e ao professor João Soares por me terem disponibilizado o seu laboratório para trabalhar e pelo esclarecimento de todas as dúvidas que iam surgindo acerca do projeto. Aos meus colegas de laboratório, Behzad, Diogo, Hugo e Zahra por toda a motivação, pelas conversas e conselhos durante a realização da dissertação que me permitiram continuar.

Finalmente, agradecer à minha família e aos meus amigos por serem uma constante na minha vida dando-me sempre força e motivação para nunca desistir.

A todos, um sincero obrigado!



# Índice de Conteúdos

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>1</b>
1.1	ENQUADRAMENTO DO PROJETO E MOTIVAÇÃO	1
1.2	OBJETIVOS DO PROJETO	2
1.3	ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	3
<b>2</b>	<b>DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE CLIMATIZAÇÃO</b>	<b>5</b>
2.1	SISTEMA EXISTENTE	5
2.1.1	<i>Subsistema solar</i>	6
2.1.2	<i>Subsistema do ciclo ejetor</i>	9
2.1.3	<i>Subsistema de arrefecimento/aquecimento</i>	10
2.1.4	<i>Subsistema de dissipação</i>	11
2.1.5	<i>Sistema de monitorização e aquisição de dados existente</i>	12
2.1.5.1	Hardware	12
2.1.5.2	Software	13
2.1.5.3	Entradas e saídas do sistema	15
2.2	ATUALIZAÇÕES DO SISTEMA	18
<b>3</b>	<b>ANÁLISE DE SOLUÇÕES ALTERNATIVAS</b>	<b>23</b>
3.1	REQUISITOS IMPOSTOS PELO CLIENTE	23
3.2	NATIONAL INSTRUMENTS	23
3.2.1	<i>CompactDAQ</i>	24
3.2.2	<i>CompactRIO</i>	26
3.2.3	<i>Solução National Instruments</i>	27
3.3	BECKHOFF	31
3.3.1	<i>Solução Beckhoff</i>	32
3.4	COMPARAÇÃO ENTRE AS DIFERENTES CONFIGURAÇÕES	36
<b>4</b>	<b>CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS</b>	<b>39</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>41</b>
	<b>ANEXO A: ESQUEMA QUADRO ELÉTRICO</b>	<b>43</b>
	<b>ANEXO B: LOCALIZAÇÃO DAS DIFERENTES ZONAS</b>	<b>53</b>
	<b>ANEXO C: ESQUEMA DA PLACA DE CONDICIONAMENTO DE SINAL EXISTENTE</b>	<b>55</b>



## Siglas e Acrónimos

°C	Graus Celsius;
A	Amperes;
BNC	<i>Bayonet Neill Concelman;</i>
CAN	<i>Controller AreaNetwork;</i>
CompactDAQ	<i>Compact Data Acquisition;</i>
CompactRIO	<i>Compact Reconfigurable IO Modules;</i>
DIO	Entradas e Saídas Digitais;
DAQ	<i>Data Acquisition;</i>
FPGA	<i>Field programmable gate array;</i>
IEC	<i>International Eletrotechnical Commission;</i>
IIOT	Internet das Coisas Industriais;
kW	Kilowatt;
l/min	litro por minuto;
LIN	<i>Local Interconnect Network;</i>
I/O	Entradas e saídas;
NI	<i>National Instruments;</i>
NZEB	<i>Nearly Zero Energy Building;</i>
PLC	<i>Programmable Logic Controller;</i>
PV	Paineis Fotovoltaicos;
RPM	Rotações por minuto;
SOLAC-TDF	Instalação de testes de um sistema de ar condicionado solar
TSN	<i>Time Sensitive Networking;</i>
TwinCAT	<i>The Windows Control and Automation Technology;</i>
UE	União Europeia;
W/m <sup>2</sup>	Watt por metro quadrado.



## Índice de Figuras

Figura 2.1 - SOLAC-TDF.....	5
Figura 2.2 - Ligação entre os vários subsistemas, adaptado de [9].....	6
Figura 2.3 - Subsistema solar [6].....	7
Figura 2.4 - Parte do conjunto dos coletores solares.....	7
Figura 2.5 - Reservatório de água.....	8
Figura 2.6 - Vaso de expansão.....	8
Figura 2.7 - Bomba do subsistema solar.....	8
Figura 2.8 - Controlador do subsistema solar.....	9
Figura 2.9 - Ciclo ejetor, adaptado de [9].....	9
Figura 2.10 - Ejetor de geometria variável com os motores.....	10
Figura 2.11 - Subsistema de arrefecimento/aquecimento [10].....	10
Figura 2.12 - Ventiloinvector.....	11
Figura 2.13 - Subsistema de dissipação [10].....	11
Figura 2.14 - Dissipador.....	12
Figura 2.15 - Datalogger.....	12
Figura 2.16 - Placa <i>National Instruments</i> e placa de condicionamento de sinal.....	13
Figura 2.17 - Painel "Startup".....	14
Figura 2.18 - Painel "Schematics".....	14
Figura 2.19 - Painel "Diagram Window".....	15
Figura 2.20 - Esquema com a localização dos diferentes instrumentos no ciclo ejetor, adaptado de [9].....	15
Figura 2.21 - Instrumentação utilizada no subsistema de arrefecimento/aquecimento.....	16
Figura 2.22 - Instrumentação utilizada no subsistema solar.....	16
Figura 2.23 - Instrumentação utilizada no subsistema de dissipação.....	16
Figura 2.24 - Sistema de monitorização e aquisição de dados atual.....	18
Figura 2.25 - Entradas provenientes do PV.....	20
Figura 2.26 - Atualizações de entradas provenientes do campo solar.....	20
Figura 2.27 - Entradas e saídas provenientes do armazenamento térmico.....	21
Figura 2.28 - Entradas e saídas provenientes do armazenamento elétrico.....	21
Figura 2.29 - Distância entre cada uma das zonas.....	22
Figura 3.1 - Comunicação entre sistema de aquisição de dados e interface com LabVIEW.....	23
Figura 3.2 - Sistema CompactDAQ [16].....	24
Figura 3.3 - Chassi CompactDAQ com 8 slots [16].....	25
Figura 3.4 - Alguns módulos I/O da NI [16].....	25
Figura 3.5 - Arquitetura CompactRIO.....	26
Figura 3.6 - Sistema CompactRIO, adaptado de [21].....	27
Figura 3.7 - Configuração <i>National Instruments</i> .....	28
Figura 3.8 - Controlador cRIO-9045 [21].....	28
Figura 3.9 - Chassi cRIO-9146 [21].....	29
Figura 3.10 - Controlador cDAQ-9133 [21].....	31
Figura 3.11 - Chassi cDAQ-9185 [21].....	31
Figura 3.12 - Exemplo de um PLC [24].....	32
Figura 3.13 - PLC <i>Beckhoff</i> C6017 [24].....	33
Figura 3.14 - Representação solução <i>Beckhoff</i> .....	34





## Índice de Tabelas

Tabela 1 - Lista de sensores existentes e suas características .....	17
Tabela 2 - Lista de saídas existentes e suas características.....	18
Tabela 3 - Lista de novos sensores e suas características .....	19
Tabela 4 - Lista de novas saídas e suas características .....	20
Tabela 5 - Módulos NI utilizados na sala, casa das máquinas e PV .....	29
Tabela 6 - Módulos NI utilizados no campo solar .....	30
Tabela 7 - Módulos NI utilizados no armazenamento térmico.....	30
Tabela 8 - Módulos NI utilizados no armazenamento elétrico .....	30
Tabela 9 - Módulos <i>Beckhoff</i> utilizados na sala, casa das máquinas e PV .....	34
Tabela 10 - Módulos <i>Beckhoff</i> utilizados no campo solar .....	35
Tabela 11 - Módulos <i>Beckhoff</i> utilizados no armazenamento elétrico .....	35
Tabela 12 - Módulos utilizados no armazenamento térmico .....	36
Tabela 13 - Comparação de custos CompactRIO e CompactDAQ .....	37
Tabela 14 - Comparação entre EL3318 e NI-9212.....	37
Tabela 15 - Comparação entre EL3054 e NI-9208.....	38
Tabela 16 - Custos solução <i>Beckhoff</i> .....	38



## 1 Introdução

A União Europeia está empenhada em desenvolver um sistema energético sustentável. A União da Energia e o quadro de ação relativo ao clima e à energia para 2030 estabelecem compromissos ambiciosos com vista a reduzir as emissões de gases com efeito estufa (pelo menos 40% até 2030, face aos valores de 1990), aumentar a percentagem do consumo de energias renováveis e obter poupanças de energias aumentando assim a sustentabilidade energética da Europa. Os edifícios constituem um elemento central da política de eficiência energética da União Europeia, representando quase 40% do consumo de energia final [1] e 36% das emissões dos gases de estufa [2]. Posto isto, nos últimos tempos começaram a ser desenvolvidos edifícios com necessidades energéticas quase nulas (NZEB), isto é, edifícios com um desempenho energético muito elevado. As necessidades de energia quase nulas ou muito pequenas deverão ser cobertas em grande medida por energia proveniente de fontes renováveis produzida no local ou nas proximidades [2]. Alguns fatores podem condicionar a implementação de NZEB, por exemplo, a viabilidade económica, a viabilidade técnica, o clima, as soluções construtivas típicas, a arquitetura e o tipo de utilização, entre muitos outros, pelo que a construção de um modelo claro e objetivo de edifício com necessidades quase nulas de energia leva a que tenham de ser tidos em consideração inúmeros e diversos fatores. Há ainda que considerar que a concretização do potencial de poupança de energia nos edifícios existentes depende da combinação de medidas de eficiência energética e da produção de energia a partir de fontes renováveis que garantam o cumprimento dos objetivos energéticos estabelecidos, com o melhor compromisso entre o custo de investimentos e o custo de utilização do edifício ao longo do seu tempo de vida [3].

### 1.1 Enquadramento do projeto e motivação

O tema da dissertação encontra-se inserido num projeto já iniciado, *Polysol* (POCI-01-0145-FEDER-030223), e que tem sido desenvolvido pelo INEGI (Instituto de Ciência e Inovação em Engenharia Mecânica e Engenharia Industrial). O projeto *Polysol* trata do desenvolvimento de um sistema de poligeração de energia, dentro do contexto acima referido.

Um sistema de poligeração de energia é um tipo de sistema onde a produção de calor e arrefecimento provém da mesma fonte de energia renovável, resultando em poupanças de energias e benefícios ambientais [4]. Este sistema de poligeração usa a energia solar como fonte principal, atualmente apenas através de coletores solares, mas com o avançar do projeto também através de painéis fotovoltaicos que já foram adquiridos, mas não instalados [5]. De referir também que o uso direto da energia solar como energia primária é altamente atrativa. Por um lado, de um ponto de vista de sustentabilidade, é uma energia que tem um impacto ambiental muito reduzido. Por outro lado, de um ponto de vista económico, quando a potência gerada por um sistema baseado em painéis fotovoltaicos é superior à consumida, o excedente é transferido para a rede permitindo reduzir a fatura elétrica [4].

Este sistema de poligeração de energia está a ser desenvolvido num edifício de teste, SOLAC-TDF (*Solar Test and Demonstration Facility*) que é constituído por uma sala, pela casa das máquinas, onde se situa um ejetor de geometria variável (VGE) que foi construído propositadamente para este projeto correspondendo a uma inovação relativamente ao que existe e que é a base do sistema de arrefecimento, e pelo campo solar onde estão os coletores solares. A juntar a estas instalações está prevista a existência de painéis fotovoltaicos para a produção de energia elétrica e de um sistema de armazenamento térmico, um sistema de armazenamento elétrico, que vai possuir uma bateria, ambos para armazenar a respetiva energia quando a produção da mesma for superior ao seu consumo. Este projeto de dissertação surge, então, devido à elevada quantidade de dados que é necessário adquirir e monitorizar no edifício de teste. Para além disto, o sistema de monitorização e aquisição de dados utilizado atualmente é antigo. Por causa disto e porque seria complicado alterar toda a cablagem já existente procurou-se uma solução modular e que abrangesse uma grande distribuição geográfica de maneira a que não fosse necessário ligar mais cabos a esta zona, contribuindo para uma cablagem ainda mais extensa. Faz assim sentido substituir o sistema de aquisição de dados existente, não só para se obter uma tecnologia mais recente, mas também para simplificar o que já existe e incluir, na nova solução, os dados provenientes das novas localizações.

## 1.2 Objetivos do projeto

Tendo em conta o panorama acima descrito, os objetivos principais desta dissertação são:

- i) Levantamento detalhado do atual sistema de monitorização de dados;
- ii) Levantamento das necessidades decorrentes das atualizações previstas;
- iii) Estudo comparativo de diferentes soluções alternativas;
- iv) Seleção da solução mais apropriada.

### **1.3 Estrutura da dissertação**

Esta tese está organizada em 4 capítulos, apresentando cada capítulo um tópico diferente para uma melhor leitura e uma compreensão mais fácil do projeto desenvolvido.

O presente capítulo pretende servir de introdução, enquadrando o projeto e dando noções básicas e gerais do que foi feito.

No capítulo 2 será apresentada a instalação existente que permite a climatização da sala, juntamente com os vários subsistemas necessários para o efeito. Para tal, será descrito o funcionamento de cada subsistema e os equipamentos pertencentes a cada um. No final do capítulo serão apresentadas as atualizações que irão ser feitas à instalação bem como os respetivos equipamentos.

No capítulo 3 serão apresentadas as diferentes alternativas do mercado estudadas para sistemas de aquisição e monitorização de dados e as diferentes configurações idealizadas para cada alternativa. É descrito em detalhe o funcionamento e os equipamentos necessários para cada configuração. No final do capítulo, as configurações são comparadas para se perceber qual a mais vantajosa e qual a que fará mais sentido implementar.

Por fim, no capítulo 4 serão apresentadas algumas conclusões relativamente à dissertação bem como propostas de trabalhos futuros para dar continuidade ao projeto.



## 2 Descrição do sistema de climatização

Neste capítulo pretende-se descrever o sistema já existente, fazendo uma análise dos diferentes componentes, tais como sensores ou atuadores e apresentar uma breve explicação do funcionamento do sistema bem como apresentar quais serão os novos sensores e as novas localizações que se encontram em falta.

### 2.1 Sistema existente

Neste momento, todo o sistema está agrupado numa única instalação, SOLAC-TDF. Esta instalação é constituída pelos diversos coletores solares, por uma casa das máquinas onde se encontra o ejetor de geometria variável e a sala que se trata do espaço a climatizar. A figura 2.1 apresenta uma fotografia da instalação vista do exterior [6].



Figura 2.1 - SOLAC-TDF

A partir daqui, serão descritos os principais componentes dos 4 subsistemas existentes: subsistema solar, ciclo ejetor, subsistema de arrefecimento e aquecimento e subsistema de dissipação [6]. Na figura 2.2 é apresentado um esquema de como estes subsistemas estão ligados entre si, em que o campo solar e as suas ligações representam o subsistema solar, o quadrado a tracejado representa o ciclo ejetor, o ventiloconvector e as suas ligações representam

o subsistema de arrefecimento/aquecimento e o dissipador e as suas ligações representam o subsistema de dissipação. Estes subsistemas constituem assim o sistema TED (*Thermal Energy Distribution*).

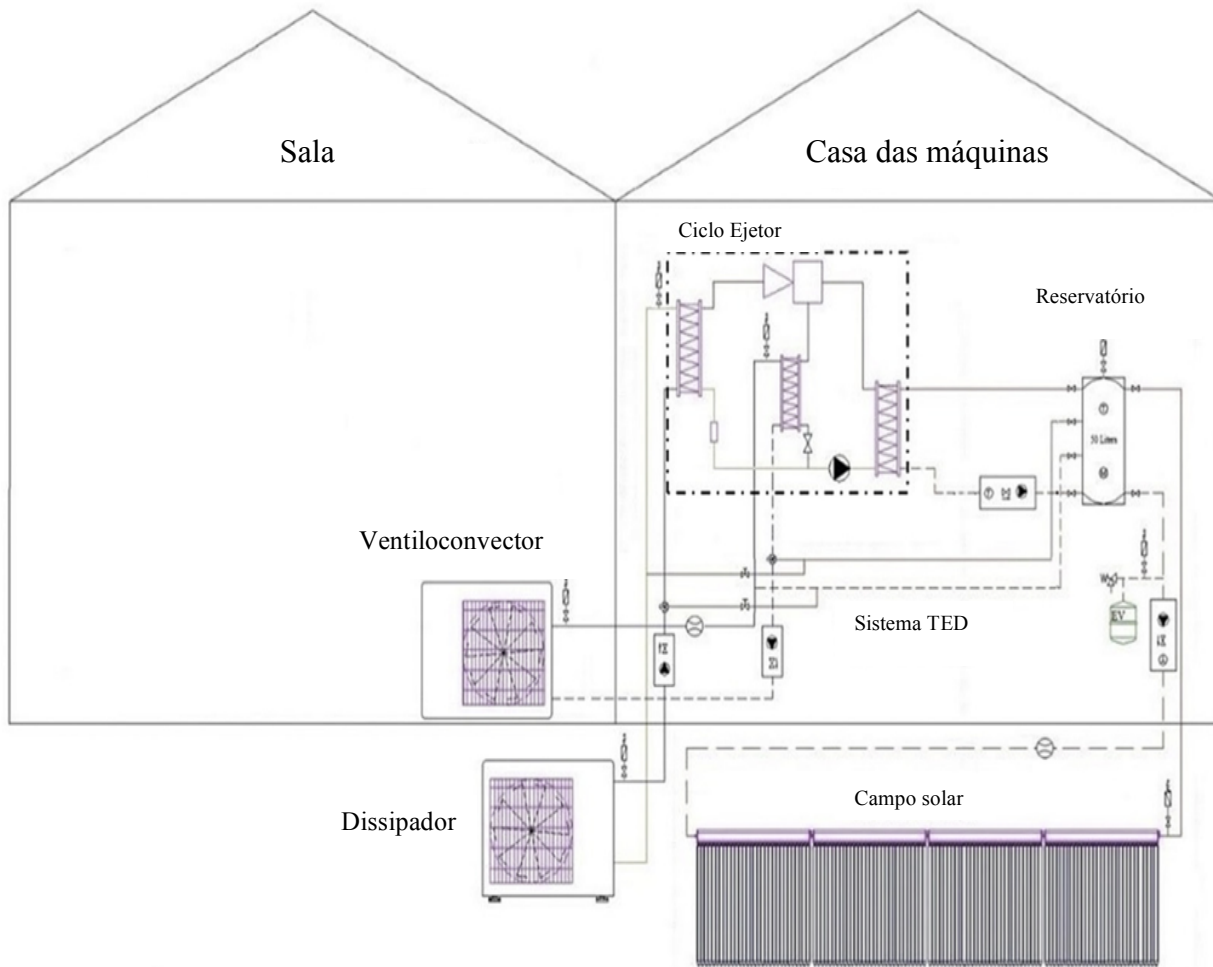


Figura 2.2 - Ligação entre os vários subsistemas, adaptado de [9]

Como é possível observar na figura 2.2, os vários subsistemas estão todos interligados entre si. É possível verificar, por exemplo, que o campo solar onde estão os coletores solares se situam no exterior assim como o dissipador, enquanto o ciclo ejeter (VGE) se encontra na casa das máquinas fazendo ligação com o ventiloinvector que se situa na sala. Todos os subsistemas irão ser abordados nos próximos subcapítulos.

### 2.1.1 Subsistema solar

O subsistema solar é responsável pelo aquecimento da água que fornece a energia térmica a toda a instalação. O seu princípio de funcionamento assenta na incidência de radiação solar na placa absorvente dos coletores solares que a transfere ao fluido térmico a circular no interior dos tubos, que neste caso se trata de água, aquecendo-o. À saída do coletor, o fluido é transportado até um reservatório através de uma bomba de circulação onde é acumulado.



Na figura 2.3, é possível ver a constituição deste subsistema do qual fazem parte um reservatório de água, uma bomba, os coletores solares, um caudalímetro, duas válvulas de retenção e um purgador. Existe também uma ligação ao vaso de expansão que é responsável por manter uma pressão relativamente constante no sistema.

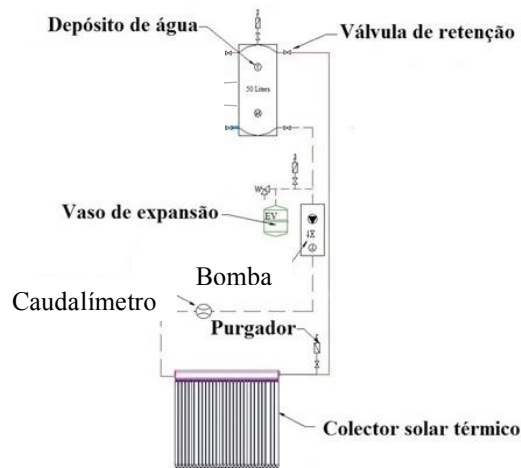


Figura 2.3 - Subsistema solar [6]

Os coletores solares apresentam um rendimento de cerca de 70% para uma temperatura de 22°C e são do tipo tubo de vácuo. Estão interligados 4 coletores solares BAXIROCA AR 30 em série capazes de gerar uma potência calorífica de aproximadamente 7,4 kW. Na figura 2.4 é possível ver parte destes coletores solares [7].



Figura 2.4 - Parte do conjunto dos coletores solares

O reservatório também é da BAXIROCA, modelo ASA 50-IN com uma capacidade de 50 l, apresentando uma pressão máxima de 6 bar no seu interior [7]. Este é responsável pelo armazenamento de energia térmica e por isso deve apresentar um bom isolamento térmico. Na figura 2.5 é possível ver o reservatório de água utilizado.



O funcionamento desta bomba é controlado por uma central de controlo *Central Solar CS-10* da BAXIROCA, visível na figura 2.8 [7]. Nesta central é possível definir manualmente a temperatura máxima de saída dos coletores solares e do reservatório da água. É possível também visualizar no ecrã da central a variação de temperatura dos coletores ou do reservatório em função do tempo



Figura 2.8 - Controlador do subsistema solar

### 2.1.2 Subsistema do ciclo ejeter

O subsistema do ciclo ejeter, representado na figura 2.9, é constituído pelo ejeter de geometria variável, o gerador, o condensador, o evaporador, uma bomba, um separador de gás e uma válvula de expansão sendo que o fluido é o R600a (isobutano) [6].

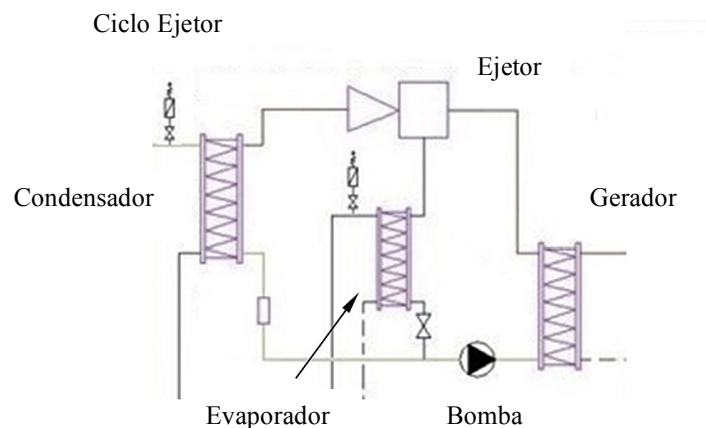


Figura 2.9 - Ciclo ejeter, adaptado de [9]

No ciclo ejeter, o objetivo passa pela produção de frio utilizando a energia térmica produzida nos coletores solares. No gerador, o fluido, R600a (isobutano), é aquecido até se tornar vapor através das trocas de calor com o fluido (água) proveniente do subsistema solar. Este vapor a alta pressão e temperatura vai de seguida para o ejeter e encontra o vapor proveniente do evaporador. Depois de se misturarem no ejeter, o vapor é comprimido e segue para o condensador. É no condensador que se dissipa a sobreprodução de energia. À saída do condensador, existe um separador gás-líquido para prevenir possíveis problemas de cavitação,

mas também porque se tudo estiver a funcionar de maneira correta é esperado R600a líquido na entrada da bomba que se situa antes do gerador e está representada na figura 2.9 [6]. Este ejetor de geometria variável, visível na figura 2.10, tem uma potência nominal de 1 kW e foi desenvolvido de maneira a poder utilizar a energia resultante das trocas de calor entre o gerador e a água proveniente do subsistema solar. Acoplado ao ejetor, existem dois motores passo-a-passo, um em cada ponta, que permitem controlar a posição do *spindle* e do *nozzle* do ejetor, obtendo o ponto ótimo de funcionamento do ejetor para as diferentes condições. Estes motores são do fabricante *Haydon Kerk* [9].

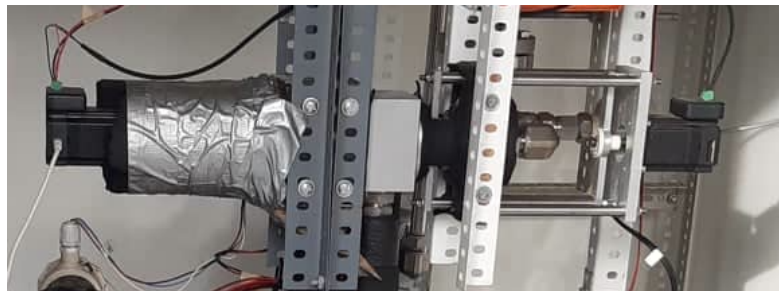


Figura 2.10 - Ejetor de geometria variável com os motores

A bomba utilizada neste subsistema é uma bomba de palhetas rotativas com acionamento magnético do fabricante Fluid-o-Tech do modelo TMFRSS051V. Esta bomba tem uma pressão e temperatura máxima de trabalho de 20 bar e 70°C. Esta bomba tem uma potência máxima de 250 W e opera a velocidades entre 1100 e 3500 rpm.

### 2.1.3 Subsistema de arrefecimento/aquecimento

Este subsistema, representado na figura 2.11, é responsável pelo arrefecimento ou aquecimento do espaço a climatizar. O subsistema é então constituído por uma válvula de 3 vias comutada por um servomotor, modelo SM-41 da BAXIROCA, o ventiloconvetor, modelo FSTD-15 2T da DAITSU, o reservatório de água, o evaporador e a bomba de circulação, modelo Quantum ECO 1035 da BAXIROCA.

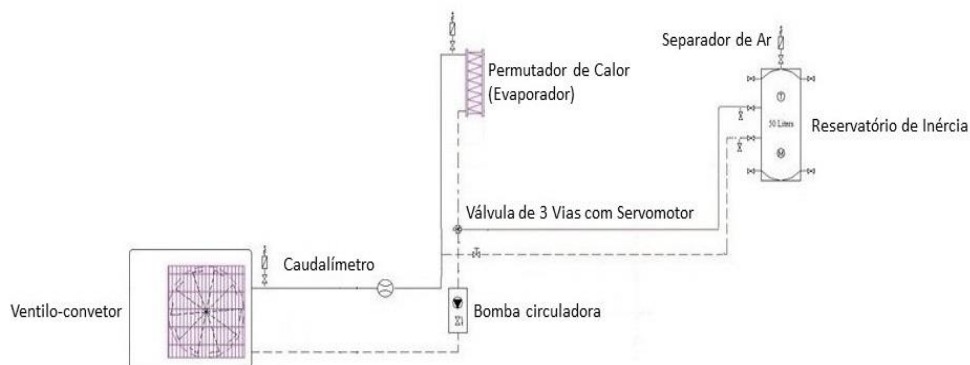


Figura 2.11 - Subsistema de arrefecimento/aquecimento [10]

Para o subsistema poder arrefecer ou aquecer o espaço a climatizar, a válvula é comutada. No caso de ser necessário arrefecer o espaço, o ventiloconvector, que está dentro da sala, é ligado ao subsistema do ciclo ejetor através do evaporador. Caso seja necessário aquecer o espaço, o mesmo ventiloconvector é ligado diretamente ao calor armazenado no reservatório de água [10]. Na figura 2.12 é possível ver o ventiloconvector utilizado neste sistema.



Figura 2.12 - Ventiloconvector

#### 2.1.4 Subsistema de dissipação

Este subsistema tem como principal objetivo a dissipação de calor de outros dois subsistemas, o solar e o do ciclo ejetor. Na figura 2.13, é possível ver que o subsistema é constituído pelo dissipador, modelo Unitermos UL-217 G da BAXIROCA, por uma bomba de circulação, modelo Quantum ECO 1045 da BAXIROCA, uma válvula de 3 vias comutada por um servomotor, modelo SM-41 da BAXIROCA e o reservatório de água [10].

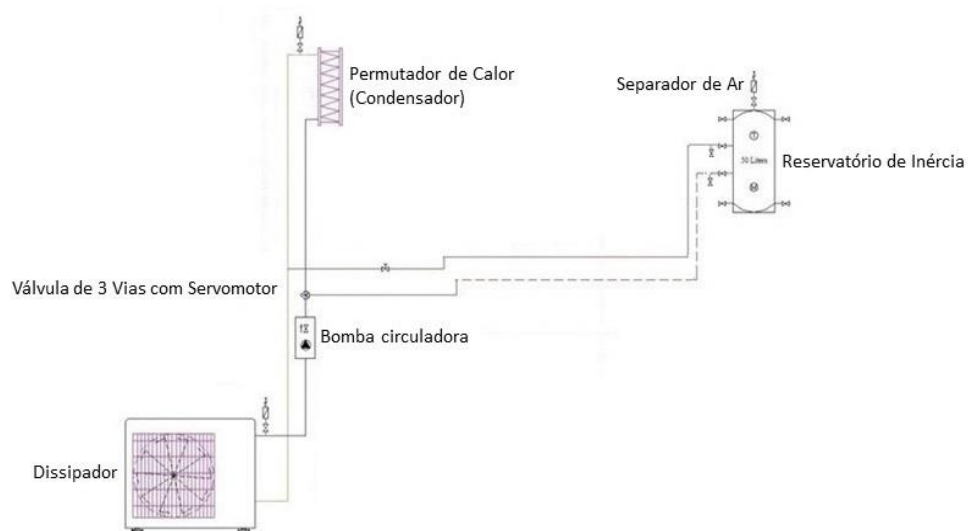


Figura 2.13 - Subsistema de dissipação [10]

Tal como foi dito anteriormente, este subsistema, opera junto com outros dois. Quando há uma sobreprodução de calor no subsistema solar, o que faz aumentar a temperatura dos

coletores para além do definido, o dissipador é ligado ao reservatório para permitir a diminuição de temperatura. Por outro lado, quando é necessário arrefecer o ciclo ejetor, o dissipador é ligado ao condensador. Isto é possível através da comutação da válvula de 3 vias pelo servomotor que permite o controlo destes dois modos de operação. Na figura 2.14 é possível ver o dissipador em questão [10].



Figura 2.14 - Dissipador

## 2.1.5 Sistema de monitorização e aquisição de dados existente

### 2.1.5.1 Hardware

A aquisição de dados é feita através de um datalogger, HP Agilent 34970A (figura 2.15), que comunica com um computador por RS232. Este datalogger possui três slots com 22 canais cada, sendo 2 desses canais para a aquisição de sinais em corrente e os restantes para a aquisição de sinais em tensão.



Figura 2.15 - Datalogger

Para além da utilização deste datalogger é ainda utilizada uma placa I/O da *National Instruments* e uma placa de condicionamento de sinal visíveis na figura 2.16. Esta placa converte o sinal de baixa tensão e corrente que sai da placa NI em 24 VDC para os relés de saída seleccionados. [10].

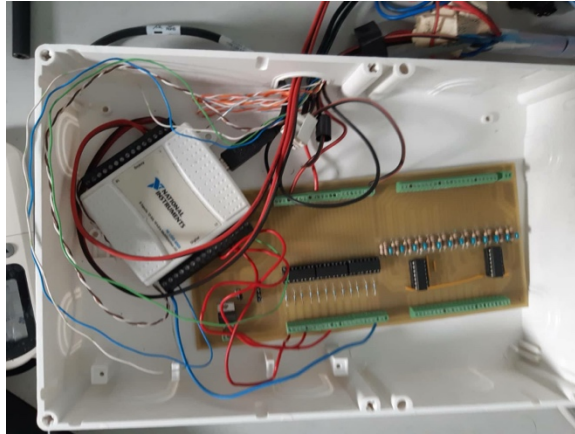


Figura 2.16 - Placa *National Instruments* e placa de condicionamento de sinal

### 2.1.5.2 Software

Um programa para monitorização e controlo destes dados foi desenvolvido no LabVIEW 2011, *National Instruments*, anteriormente, tendo sido definido que os dados seriam amostrados a cada 10 segundos, o que representa um requisito de taxa de amostragem muito baixo, e guardados num ficheiro Excel [11]. O que indica que a taxa de aquisição do novo sistema, apesar de ainda não estar definida, não deverá ser superior a 1 Hz.

O LabVIEW é um software utilizado em aplicações de teste, monitorização e aquisição de dados e controlo. Baseia-se numa programação gráfica, em que imagens representam funções. O LabVIEW pode ser utilizado para controlar equipamentos e registar dados correspondentes a resultados pretendidos. Para além disto, o LabVIEW recompila o seu código em todas as ações, ou seja, é possível detetar e corrigir logo os erros em vez de ser necessário compilar tudo e corrigir no final [12].

Neste caso, o programa desenvolvido tem duas funcionalidades. Em primeiro lugar, é utilizado para adquirir os dados como a temperatura, caudal ou pressão que chegam ao datalogger provenientes dos diferentes sensores. Em segundo lugar, permite ligar ou desligar os vários atuadores como as bombas ou o dissipador existente.

Relativamente, ao programa atual e às suas interfaces, na figura 2.17 é possível ver o painel de “StartUP” que permite iniciar ou parar o funcionamento do sistema, definir o nome e onde vão ser guardados os documentos com os valores adquiridos. Também é possível escolher se a operação vai ser automática ou manual. No modo manual, o utilizador do sistema tem a possibilidade de escolher entre controlo por uma pressão de referência do gerador ou através da frequência da bomba. No modo automático, o sistema ajusta automaticamente e controla ambos, assim como o arranque e a paragem do ciclo de arrefecimento [6]



Figura 2.17 - Painel "Startup"

Na figura 2.18, é visível o painel “Schematics”. Nesta interface é apresentada uma representação da instalação com a possibilidade de visualização dos valores de alguns dos parâmetros medidos em zonas específicas [6]

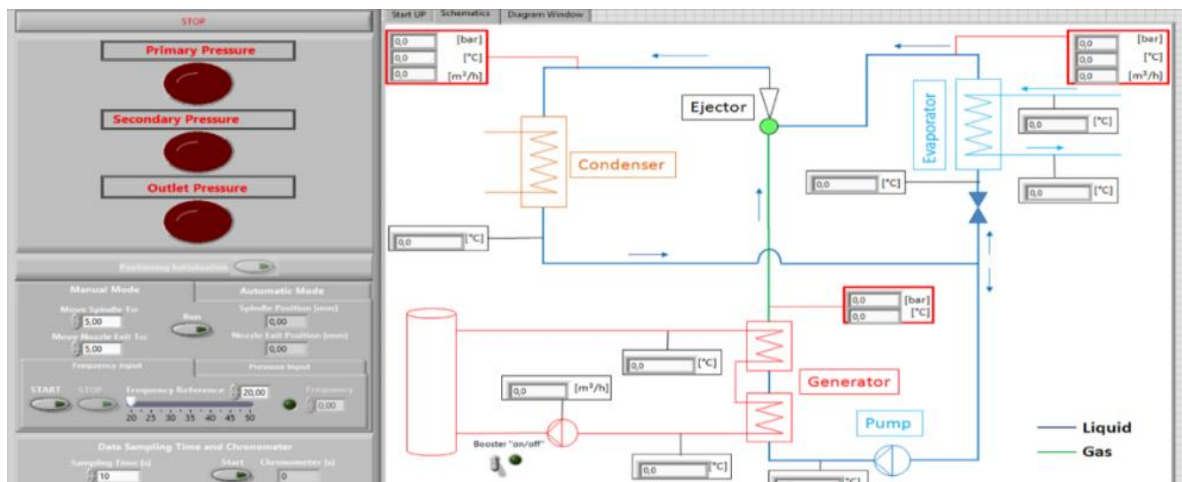


Figura 2.18 - Painel "Schematics"

No painel “Diagram Window”, visível na figura 2.19, são apresentados os diferentes gráficos que representam as variações dos parâmetros ao longo do tempo. Estes parâmetros representam os valores adquiridos pelo Datalogger [6]



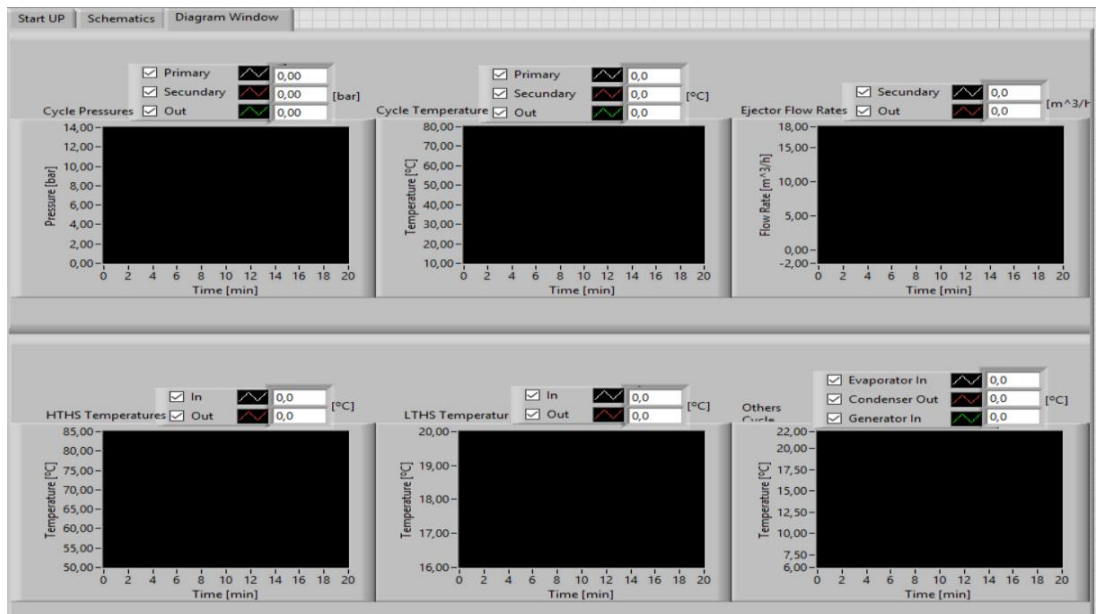


Figura 2.19 - Painel "Diagram Window"

### 2.1.5.3 Entradas e saídas do sistema

Para monitorização das grandezas do sistema de aquisição de dados foram instalados vários instrumentos de medição. Estes incluem transdutores de pressão (Kobold, Alemanha), termopares (Tecnisis, Portugal), RTD's (Kimo, França) e caudalímetros (Kobold, Alemanha). Nas figuras 2.20, 2.21, 2.22 e 2.23 é possível ver onde se situam estes instrumentos relativamente aos subsistemas do ciclo ejeter, subsistema solar, subsistema de arrefecimento/aquecimento e subsistema de dissipação, respetivamente.

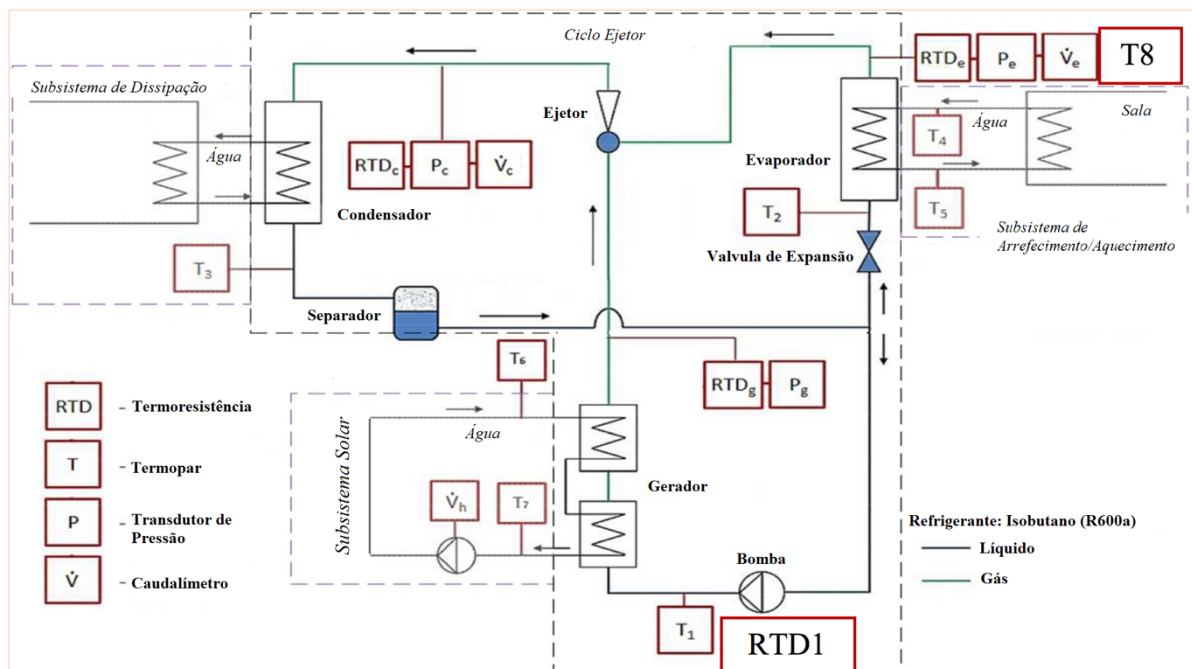


Figura 2.20 - Esquema com a localização dos diferentes instrumentos no ciclo ejeter, adaptado de [9]

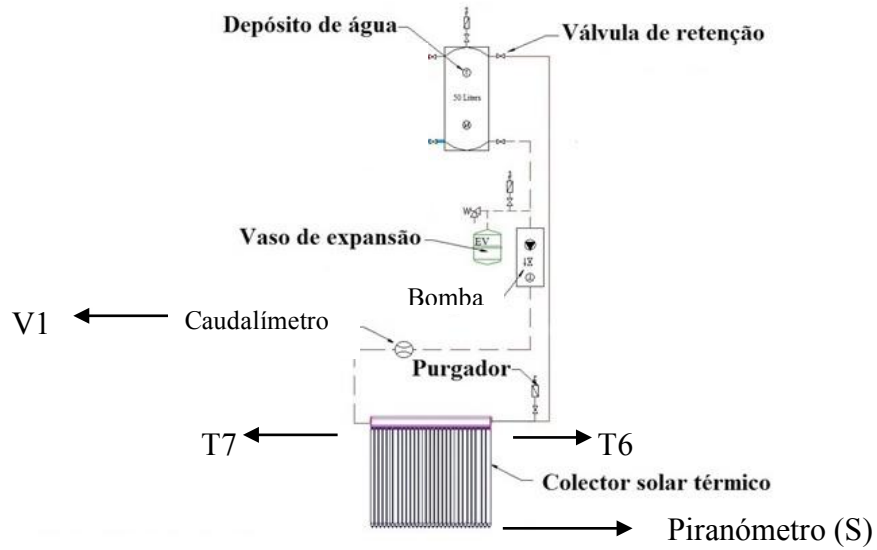


Figura 2.22 - Instrumentação utilizada no subsistema solar

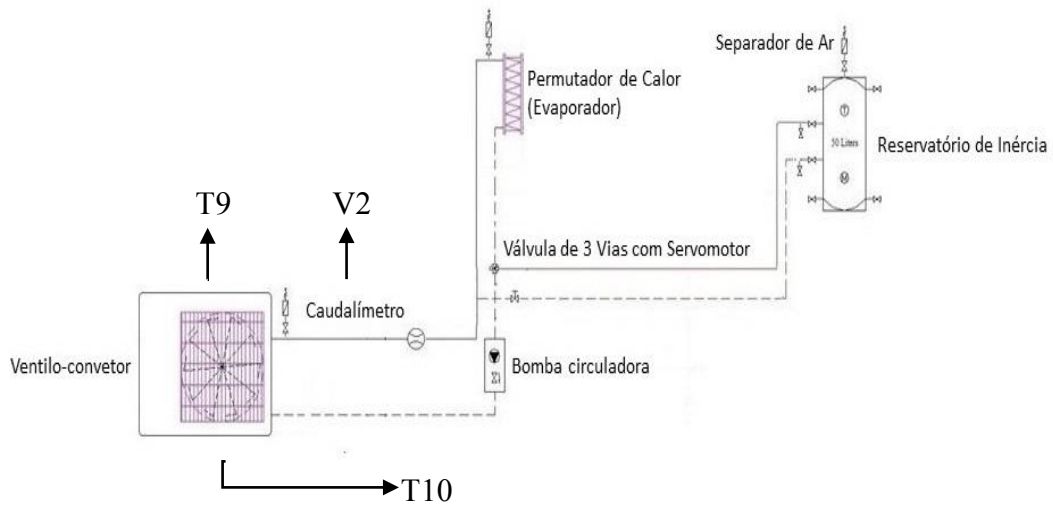


Figura 2.21 - Instrumentação utilizada no subsistema de arrefecimento/aquecimento

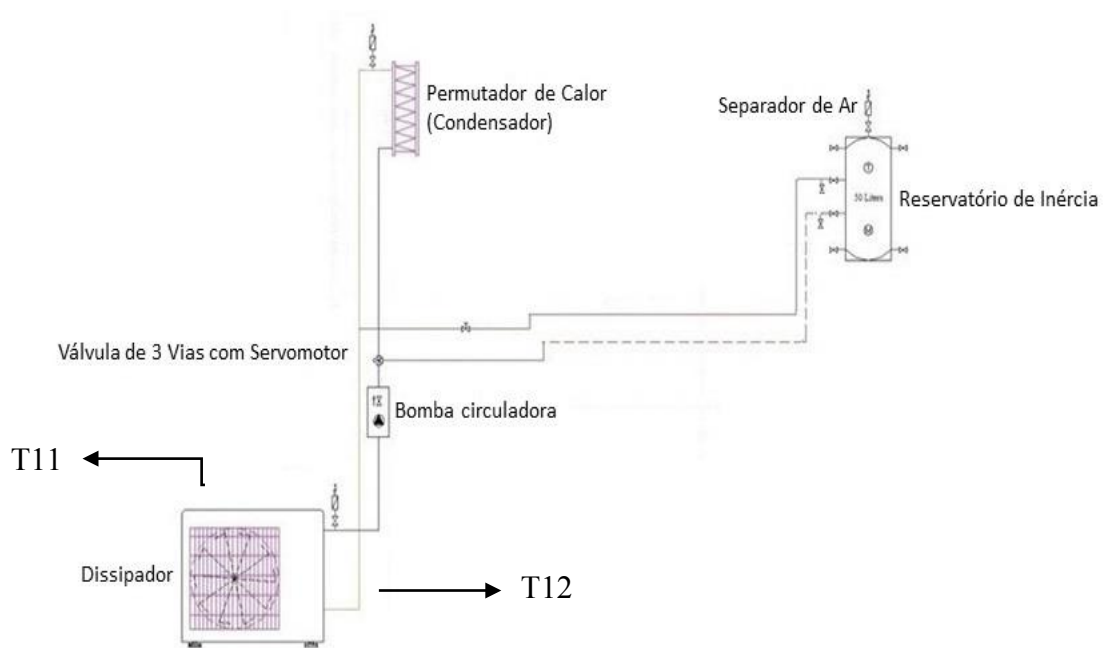


Figura 2.23 - Instrumentação utilizada no subsistema de dissipação

Pode-se verificar, através das figuras 2.20, 2.21, 2.22 e 2.23 que estes instrumentos de medição estão localizados em posições específicas que permitem a monitorização e aquisição de dados correta para o funcionamento do sistema. Na tabela 1 são apresentados os instrumentos de medição e as suas características.

De realçar algumas notas sobre os instrumentos de medição atualmente utilizados:

- A leitura da temperatura nos termopares ocorre com erro máximo de  $0,35^{\circ}\text{C}$  [9];
- Existem RTD's de quatro fios do tipo PT100, com uma gama que vai dos  $0-100^{\circ}\text{C}$  e possuem uma exatidão de  $\pm 0,08^{\circ}\text{C}$ , mas também existem RTD's de dois fios do tipo PT1000, com uma gama que vai dos  $0-1000^{\circ}\text{C}$  [9];
- Os transdutores de pressão possuem uma gama que vai até 6 e 25 bar e tem uma exatidão de 0,5% do valor de fim de escala [9];
- Os caudalímetros de área variável possuem uma exatidão de 2,2% do valor de fim de escala [9];

Tabela 1 - Lista de sensores existentes e suas características

Sensor/Transdutor	Função	Quantidade	Localização	Designação
Termopar tipo T	Medição de temperatura	2	Sala	T9 e T10
Termopar tipo T	Medição de temperatura	8	Casa das máquinas	T1, T2, T3, T4, T5, T8, T11 e T12
Caudalímetro ultrassónico	Medição caudal (água)	3	Casa das máquinas	V1, Ve e Vh
Caudalímetro	Medição caudal (R600a)	2	Casa das máquinas	V2 e Vc
Transdutor de pressão	Medição pressão	3	Casa das máquinas	Pc, Pe e Pg
RTD PT 100	Medição de temperatura	4	Casa das máquinas	RTD1, RTDc, RTDe e RTDg
Termopar tipo T	Medição de temperatura	2	Campo Solar	T6 e T7
Piranómetro	Medição de radiação	1	Campo Solar	S

As saídas do atual sistema de aquisição de dados, localizadas todas na casa das máquinas, estão representadas na tabela 2:

Tabela 2 - Lista de saídas existentes e suas características

Saída	Função	Quantidade	Comunicação/sinal	Designação
Motor passo-a-passo	Controlo da posição do ejetor	2	USB	MP1 e MP2
Variador de frequência	Controlo da velocidade de bomba	1	Modbus RTU/ 0-5 V	VF
Relés	Comando de atuadores	5	24 VDC	R1, R2, R3, R4 e R5

A figura 2.24 resume as diferentes entradas e saídas do atual sistema de monitorização e aquisição de dados.

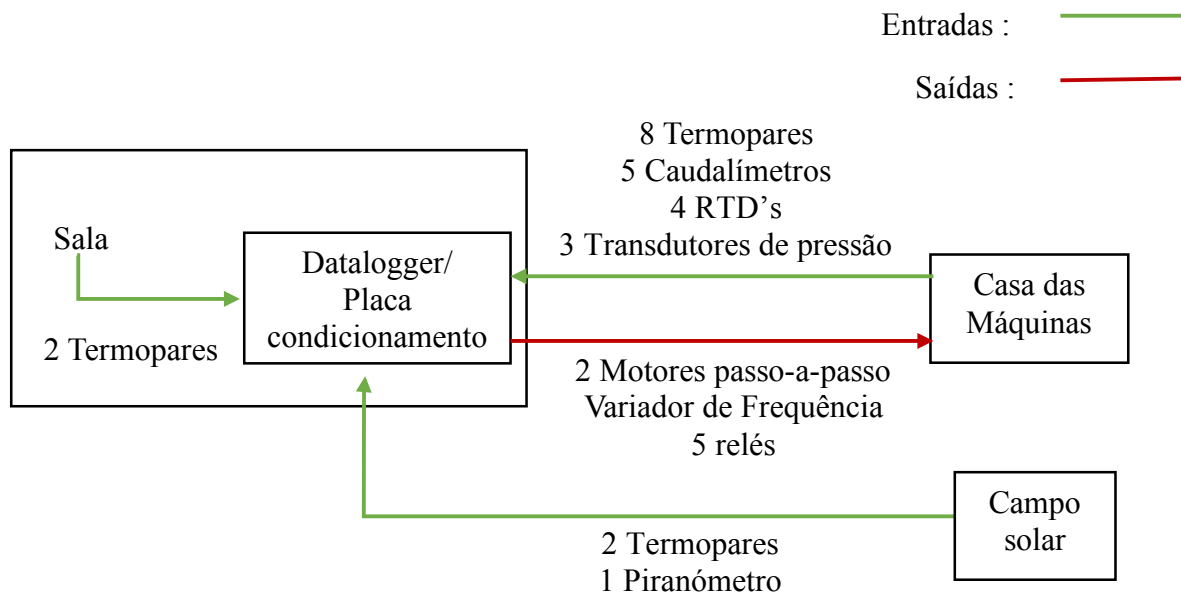


Figura 2.24 - Sistema de monitorização e aquisição de dados atual

## 2.2 Atualizações do sistema

No sentido de aumentar a autonomia energética do sistema, está previsto acrescentar uma zona que irá possuir painéis fotovoltaicos (PV), o que permitirá a obtenção de energia elétrica a partir da energia solar. Para além disto, está prevista uma zona que permitirá o armazenamento desta energia elétrica (através de uma bateria) e outra zona que permitirá o armazenamento da energia térmica, de maneira a armazenar esta energia durante vários dias, ao contrário do reservatório existente que apesar de armazenar energia térmica apenas o consegue durante um curto período de tempo. Estes sistemas de armazenamento serão

utilizados quando a geração de energia, elétrica e térmica, respetivamente, for superior ao consumo. Todas estas novas zonas, atualmente, ainda não existem, no entanto já têm toda a instrumentação necessária definida. É assim possível prever as novas entradas e saídas necessárias para o sistema de monitorização e aquisição de dados.

Posto isto, na tabela 3 são apresentadas as diferentes entradas para cada uma das novas localizações, assim como novas entradas para as localizações já existentes.

Tabela 3 - Lista de novos sensores e suas características

Sensor	Função	Sinal	Quantidade	Localização	Designação
PT100 com escudo de radiação	Medição da temperatura ambiente	Analógico	1	Campo Solar	RTDer
Termopar	Medição de temperatura	Analógico	2	Fotovoltaico (PV)	T13 e T14
Sensor de radiação solar	Medição de radiação solar	Analógico	1	Fotovoltaico (PV)	SR
Termopar	Medição de temperatura	Analógico	5	Armazenamento Térmico	T15,T16,T17, T18 e T19
Caudalímetro clamp-on	Medição do caudal	Analógico	1	Armazenamento Térmico	Vco
Termopar tipo K	Medição de temperatura	Analógico	2	Armazenamento Elétrico	T20 e T21
Transdutor de nível	Medição do nível máximo e mínimo	Analógico	2	Armazenamento Elétrico	N1 e N2
Sensor de fugas	Deteção de fuga	Digital	1	Armazenamento Elétrico	F
Transdutor de pressão relativa	Medição de perdas de carga	Analógico	2	Armazenamento Elétrico	PR1 e PR2

Para além das entradas referidas na tabela 3 vai existir também uma interface que irá permitir saber quais os consumos de energia elétrica dos diferentes equipamentos, assim como o valor da potência produzida nos PV, a potência de carga e descarga da bateria e a energia

armazenada nesta (designada por IP). Estes valores vão ser transmitidos ao sistema de monitorização e aquisição de dados por RS485.

Na tabela 4 é possível ver quais vão ser as novas saídas e onde se localizam:

Tabela 4 - Lista de novas saídas e suas características

Saída	Função	Quantidade	Comunicação/ sinal	Localização	Designação
Válvula de expansão	Controlo de libertação de líquido	1	RS485	Casa das máquinas	VE
Relés	Comando de válvulas	4	24 VDC	Armazenamento elétrico	R6, R7, R8, R9
Relés	Comando de válvulas	1	24 VDC	Armazenamento térmico	R10

Nota para que atualmente já existe uma válvula de expansão, no entanto o seu comando é manual. Esta representada na tabela 4, que vai substituir a existente, tem a vantagem de ser de comando elétrico.

Nas figuras 2.25, 2.26, 2.27 e 2.28 é possível observar as entradas e saídas que se apresentaram neste subcapítulo e que vão fazer parte das atualizações de todo o sistema.

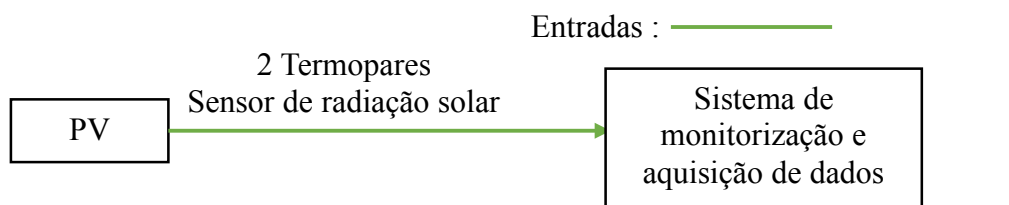


Figura 2.25 - Entradas provenientes do PV



Figura 2.26 - Atualizações de entradas provenientes do campo solar

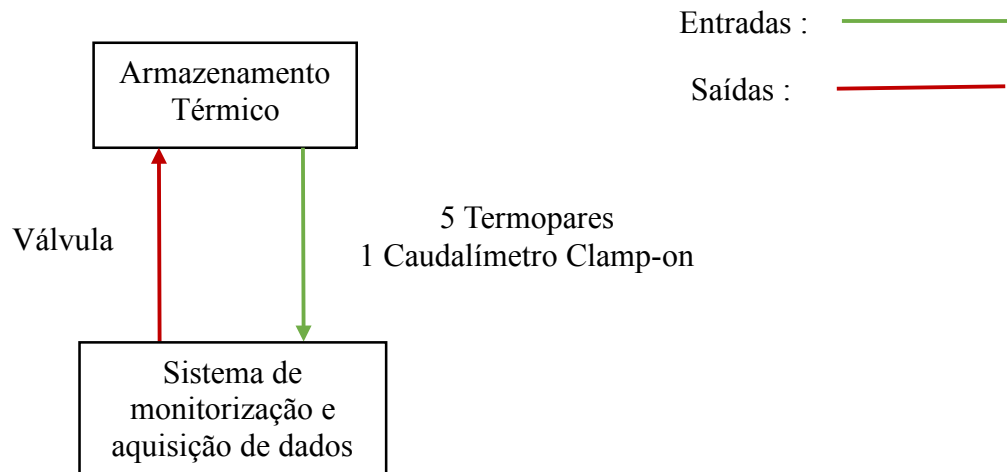


Figura 2.27 - Entradas e saídas provenientes do armazenamento térmico

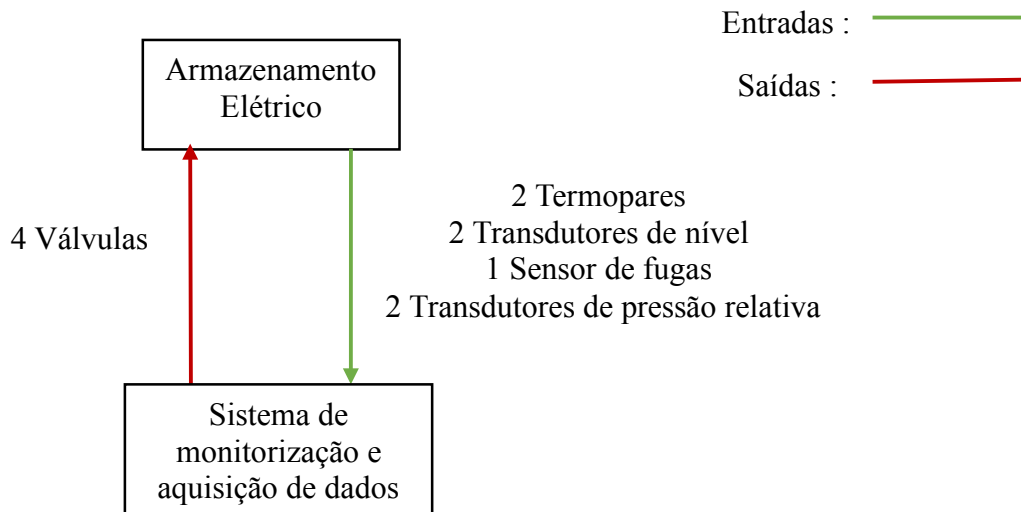


Figura 2.28 - Entradas e saídas provenientes do armazenamento elétrico

A juntar a isto, na figura 2.29 é possível ver a distância entre cada uma das zonas enquanto que no anexo 2 é possível a planta do local onde cada uma destas zonas se encontra.

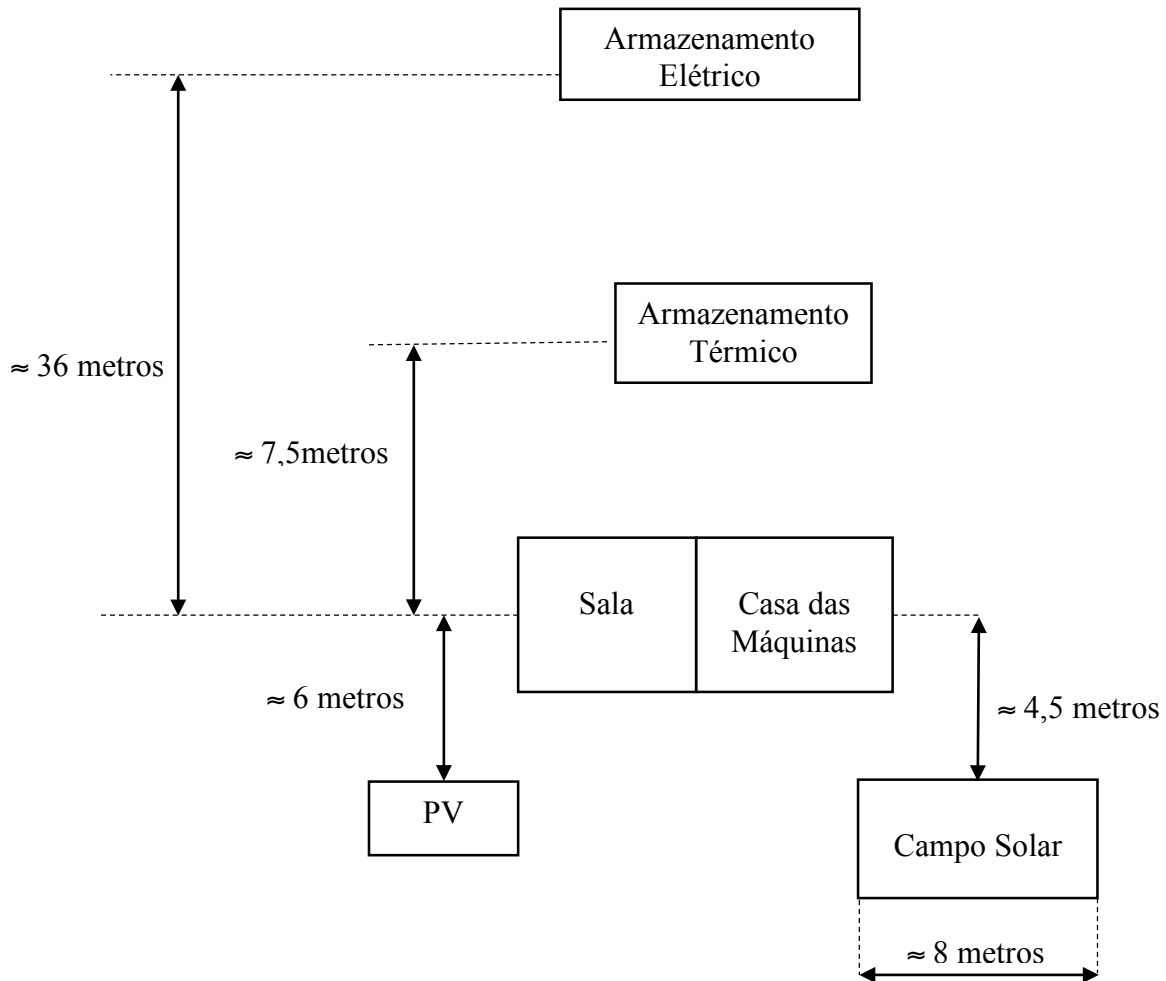


Figura 2.29 - Distância entre cada uma das zonas

Estes valores foram medidos em linha reta. Como os cabos não poderão chegar de uma zona até a outra em linha reta, o comprimento destes vai ser ainda maior do que o que está aqui representado. Nota para que o armazenamento elétrico se vai situar num andar abaixo de onde as restantes localizações se vão situar.

Agora que foi apresentado como vão estar organizadas cada uma das novas zonas e quais as entradas e saídas do sistema de monitorização e aquisição de dados, conclui-se que o atual sistema não seria o mais indicado para acomodar estes novos sinais. Isto porque seria necessário um elevado número de cabos (muito compridos) para fazer a ligação entre uma zona mais distante e a sala. Por exemplo, entre o armazenamento elétrico e a sala seriam necessários vários cabos com pelo menos 36 metros, o que seria mau em termos económicos e em termos de transmissão de informação. Por isto mesmo, o atual sistema de monitorização e aquisição de dados carece de reformulação.

Posto isto, no próximo capítulo serão apresentadas soluções alternativas à existente.



### 3 Análise de soluções alternativas

Neste capítulo serão analisados os sistemas de aquisição e monitorização de dados da *National Instruments* (NI) e da *Beckhoff* e serão apresentadas as várias configurações idealizadas para cada um dos sistemas. No final do capítulo, todas as configurações serão comparadas e será escolhida a que mais se adequa a este projeto.

#### 3.1 Requisitos impostos pelo cliente

A substituição do atual sistema de monitorização e aquisição de dados deverá satisfazer alguns requisitos impostos pelo utilizador final:

- Existência de 4 zonas de monitorização e aquisição de dados;
- Existência de uma interface com o utilizador através do software LabView (figura 3.1)

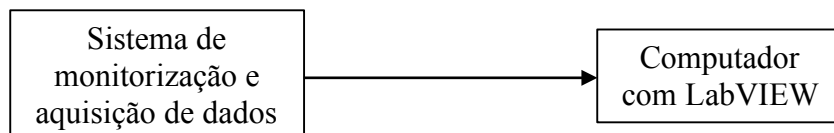


Figura 3.1 - Comunicação entre sistema de aquisição de dados e interface com LabVIEW

Neste caso como se pode observar na figura 3.1, vai ser feita a comunicação entre o sistema de monitorização e aquisição de dados com um computador com LabVIEW, que permite a interface com o utilizador e o armazenamento de dados.

Posto isto e procurando satisfazer os vários requisitos chegou-se a duas soluções, a primeira proveniente da *National Instruments* e a segunda proveniente da *Beckhoff*. Estas soluções serão abordadas nos próximos subcapítulos.

#### 3.2 National Instruments

A NI é uma empresa americana e é produtora de equipamento de teste e monitorização de dados mas que também comercializa software, nomeadamente o LabVIEW, que já foi referido na secção 2.1.5.2 [13].

Relativamente às soluções oferecidas para monitorização e aquisição de dados são de realçar as plataformas CompactDAQ e CompactRIO [14]. Trata-se de soluções modulares e muito semelhantes, o que permite a troca entre elas de módulos [15]. Apesar disto, estas soluções serão abordadas com mais detalhe nos próximos subcapítulos, visto que foram alvo de estudo para o projeto da arquitetura do novo sistema de monitorização e aquisição de dados.

### 3.2.1 CompactDAQ

O CompactDAQ é uma plataforma portátil e robusta de aquisição de dados [16]. Num sistema CompactDAQ podem estar inseridos vários componentes, tais como, chassis, controladores e módulos I/O com condicionamento de sinais. [17].

Trata-se de um sistema modular e muito versátil como é possível observar na figura 3.2 em que o controlador se encontra acoplado aos módulos necessários [18].



Figura 3.2 - Sistema CompactDAQ [16]

No sistema NI-DAQ existem controladores e chassis. Existem controladores com 4 ou com 8 slots para inserção de módulos de aquisição de dados. Os controladores combinam um computador integrado, armazenamento removível e aquisição de dados com condicionamento integrado [18].

Ao contrário dos controladores, os chassis não possuem o computador integrado. Existem três tipos de chassis, cada um com as respetivas vantagens e desvantagens: chassis USB, chassis Ethernet e chassis sem fios. O primeiro oferece a facilidade do recurso *plug and play* às medições de sinais elétricos e sensores para além de ser o único com 14 slots, no entanto tem a desvantagem de que a comunicação por cabo USB não deve ter mais de 5 metros. O segundo leva a aquisição de dados de alta velocidade às medições remotas de sinais elétricos e sensores, enquanto o terceiro oferece a melhor solução para medições remotas e distribuídas apesar dos seus modelos apenas possuírem 1 slot. Na figura 3.3 é possível ver um chassi CompactDAQ com 8 slots.



Figura 3.3 - Chassi CompactDAQ com 8 slots [16]

Um chassi como o da figura 3.3 permite adquirir medições sincronizadas de 8 módulos de um conjunto de 60 módulos existentes, e por isso permite um condicionamento de sinal de vários tipos de sensores, em que a aquisição dos dados pode ser totalmente independente sendo possível efetuar a sua leitura em intervalos de tempo distintos. Quanto mais próximo este chassi estiver do local de medição, melhor porque diminui o erro e o ruído associado a uma grande extensão dos cabos de sensores.

Tal como se falou anteriormente, os sistemas só estão completos quando se acopla os módulos I/O ao controlador ou ao chassi. Estes módulos permitem adquirir os sinais provenientes dos sensores e assim podem ser utilizados para medições dos diferentes parâmetros como temperatura, tensão, resistência, frequência de áudio e muitos outros [19]. Existem mais de 60 módulos para suportarem uma maior variedade de entradas e saídas com diferentes tipos de conectores frontais (tais como terminais de parafuso, BNC, etc). Estes módulos já integram o condicionamento de sinais e o conversor analógico-digital [20]. Na figura 3.4 é possível ver diferentes módulos e os seus diferentes conectores frontais.



Figura 3.4 - Alguns módulos I/O da NI [16]

Concluindo, o CompactDAQ é uma solução bastante interessante quando se pretende a aquisição e condicionamento de sinais de diversos sensores. Permite que a aquisição dos sinais seja totalmente independente, ou seja, permite que a leitura do sinal seja realizada em intervalos de tempo diferentes. A modularidade está condicionada a 14 módulos dependendo do controlador ou chassi escolhido. Cada um destes módulos possui vários canais o que torna

possível que através de um módulo se possa adquirir sinais de vários sensores. Isto faz com que esta seja uma solução bastante versátil.

### 3.2.2 CompactRIO

O CompactRIO trata-se de um sistema de aquisição e controlo que é extremamente personalizável e com um desempenho muito elevado. O sistema CompactRIO é uma combinação de um controlador com um processador em tempo real, módulos I/O e um FPGA programável. À semelhança do CompactDAQ, o CompactRIO trata-se de uma plataforma portátil, robusta e de alto desempenho. Como foi dito, o sistema é constituído por elementos altamente configuráveis e baseados na tecnologia FPGA, o que permite ter elevadas performances, dispõe ainda de um processador em tempo real que possibilita o desenvolvimento de aplicações que poderão funcionar autonomamente [21].

Para mais facilmente se entender como é feito o processamento da informação no CompactRIO, na figura 3.5 é possível ver a sua arquitetura [22].

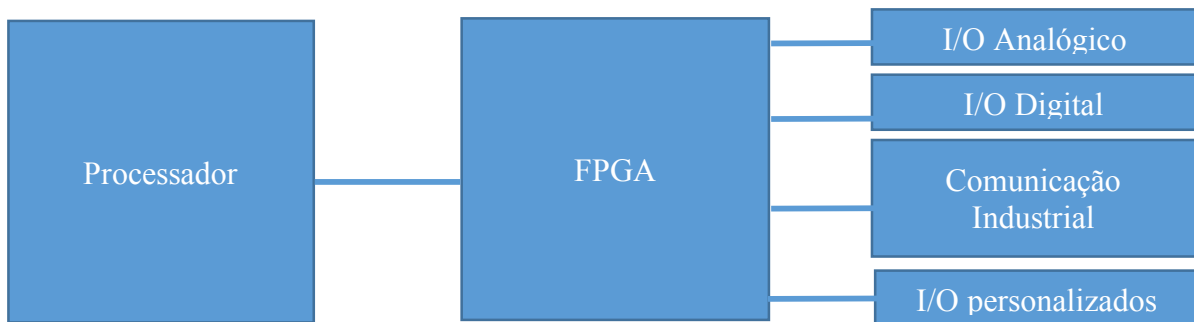


Figura 3.5 - Arquitetura CompactRIO

A característica principal para ser extremamente personalizável está relacionada com a modularidade do sistema. São definidos diferentes módulos que podem ser adaptados a cada projeto, dispondo de condicionamento de sinal para uma ligação direta aos sensores ou aos atuadores. O CompactRIO é, assim, ideal para aplicações avançadas de controlo e monitorização, combinando uma arquitetura robusta com um processador em tempo real e um FPGA programável. São por isso utilizados em soluções com um grau de complexidade e exigência maior do que o necessário para uma solução que necessite apenas de um sistema CompactDAQ [21]. Depois de se já ter mostrado a arquitetura do CompactRIO, na figura 3.6 pode-se ver um sistema CompactRIO juntamente com alguns módulos.

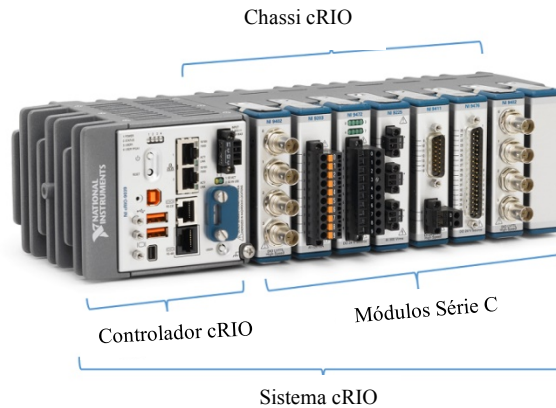


Figura 3.6 - Sistema CompactRIO, adaptado de [21]

### 3.2.3 Solução National Instruments

Foi então desenvolvida uma configuração baseada em cada plataforma da NI, CompactRIO e CompactDAQ, para se perceber qual a mais indicada para o sistema. A base das configurações é a mesma, alterando apenas os produtos envolvidos em cada uma das configurações, ou seja, para a solução CompactRIO foram utilizados controladores e chassis CompactRIO e os módulos indicados para estes controladores enquanto que para a solução CompactDAQ foram utilizados controladores e chassis CompactDAQ e módulos indicados para estes controladores. Isto acontece porque existem módulos indicados para controladores CompactRIO que não são indicados para controladores CompactDAQ.

Como dito anteriormente, foi desenvolvida uma configuração semelhante para ambas as plataformas. Esta configuração trata-se de uma solução distribuída em termos geográficos pois utiliza vários controladores e chassis, permitindo várias zonas de aquisição e monitorização de dados respeitando os requisitos.

Atualmente, toda a cablagem que permite a aquisição dos dados da sala e da casa das máquinas situa-se na sala. O objetivo passaria por pôr um controlador nessa zona permitindo também adquirir os dados provenientes do PV pois o número de entradas provenientes desse local seria muito pequeno (T13, T14 e SR). A juntar a isto seria necessário também um chassi na zona do armazenamento térmico, um no armazenamento elétrico, e outro no campo solar, assim como seriam necessários os módulos correspondentes. Na figura 3.7 é apresentada a configuração *National Instruments* para ambas as plataformas, CompactRIO e CompactDAQ.

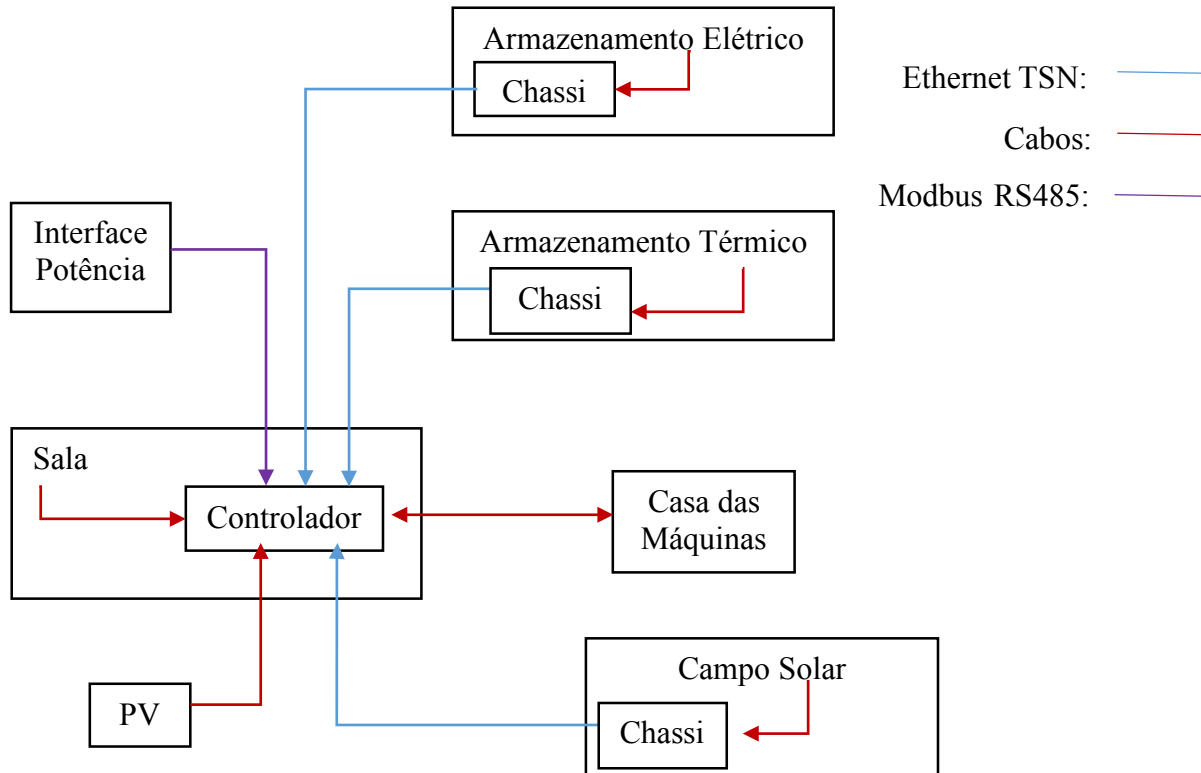


Figura 3.7 - Configuração *National Instruments*

Como se pode ver na figura 3.7, a configuração é a mesma para ambas as plataformas possuindo 4 zonas de aquisição de dados. A comunicação como se pode ver em ambas as plataformas seria feita por Ethernet TSN (*Time Sensitive Networking*), descartando os chassis USB e sem fios que o CompactDAQ possui, pelos motivos já apresentados.

Começando por detalhar a configuração segundo a plataforma CompactRIO, o controlador escolhido possui 8 slots (figura 3.8), o necessário para o número de módulos utilizados na zona constituída pela sala, casa das máquinas e PV. Este controlador apresenta um bom compromisso entre desempenho e custo, sendo por isso o escolhido. Para as restantes zonas escolheu-se o chassis com 4 slots mais económico. (figura 3.9).



Figura 3.8 - Controlador cRIO-9045 [21]



Figura 3.9 - Chassi cRIO-9146 [21]

Foi decidido que o controlador iria adquirir os dados da sala, da casa das máquinas e do PV porque atualmente os cabos de todos os sensores da casa das máquinas e da sala já se encontram na sala. Juntou-se o PV à sala e à casa das máquinas porque o PV possui poucos sinais a serem adquiridos (T13, T14 e SR) e tratando-se de uma zona próxima da sala, o uso de cabos para transmitir o sinal não representaria um problema, caso contrário o uso de cabos seria um inconveniente. Posto isto, vão chegar ao controlador da sala sinais provenientes de termopares, transdutores de pressão, caudalímetros e RTD's. Para além disto vai ser necessário controlar os atuadores, sendo que estes são 2 motores passo-a-passo, um variador de frequência, uma válvula com o respetivo controlador e 5 relés. Na tabela 5 é possível ver quais os módulos que vão ser utilizados bem como as variáveis que vão permitir adquirir:

Tabela 5 - Módulos NI utilizados na sala, casa das máquinas e PV

Módulo	Nº de canais	Variáveis a medir	Nº de canais livres
NI-9214	16	T1, T2, T3, T4, T5, T8,T9, T10, T11, T12, T13 e T14	4
NI-9216	8	RTD1, RTDc, RTDe, RTDg e SR	3
NI-9208	16	Pc, Pe, Pg, V1, V2, Ve, Vc e Vh	8
NI-9871	4	VE e VF	1
NI-9485	8	R1, R2, R3, R4 e R5	3

Para além disto os motores passo-a-passo, MP1 e MP2, iriam ligar à porta USB existente no controlador.

Passando para o campo solar seria utilizado o chassi da figura 3.9 para fazer aquisição dos dados, com os módulos apresentados na tabela 6:

Tabela 6 - Módulos NI utilizados no campo solar

Módulo	Nº de canais	Variáveis a medir	Nº de canais livres
NI-9210	4	T6 e T7	2
NI-9217	4	RTDer	3
NI-9203	8	S	7

Em seguida, para o armazenamento térmico, seria necessário utilizar um chassi igual ao da figura 3.9 juntamente com os módulos para as entradas e saídas apresentados na tabela 7:

Tabela 7 - Módulos NI utilizados no armazenamento térmico

Módulo	Nº de canais	Variáveis a medir	Nº de canais livres
NI-9212	8	T15, T16, T17, T18 e T19	3
NI-9203	8	Vco	7
NI-9482	4	R10	3

Para finalizar, falta apresentar os módulos que seriam utilizados no armazenamento elétrico (tabela 8), sendo que seria necessário também um chassi como o da figura 3.9:

Tabela 8 - Módulos NI utilizados no armazenamento elétrico

Módulo	Nº de canais	Variáveis a medir	Nº de canais livres
NI-9210	4	T20 e T21	2
NI-9203	8	PR1, PR2, N1 e N''	4
NI-9422	8	F	1
NI-9485	8	R6, R7, R8 e R9	4

Falta mencionar que a interface (IP) que permite adquirir os valores de potência produzida, de energia armazenada e de consumo de energia elétrica não tem um local definido e por isso não está presente nas tabelas. No entanto já tem previsto um módulo para a sua aquisição (NI-9871). Este módulo seria o mesmo que o utilizado para o VE e VF, visto que a sua comunicação é feita através de RS485. Esta seria a configuração idealizada para o CompactRIO.

Para o CompactDAQ, a configuração seria semelhante, as únicas diferenças seriam a nível de controladores e chassis como se podem ver nas figuras 3.10 e 3.11, que também foram escolhidos de maneira a serem os mais económicos, satisfazendo os requisitos do sistema, nomeadamente 8 slots para o controlador e 4 para o chassi.





Figura 3.10 - Controlador cDAQ-9133 [21]



Figura 3.11 - Chassi cDAQ-9185 [21]

A nível de comunicação entre chassis e controladores, ambas as plataformas comunicam através de Ethernet TSN, sendo que a única diferença entre configurações seria a nível de produtos e de preço de produtos, o que será apresentado mais à frente.

Agora que foram apresentadas as soluções idealizadas a nível de CompactRIO e CompactDAQ, falta falar da solução *Beckhoff* para depois se comparar as diferentes soluções e perceber qual a mais indicada.

### 3.3 Beckhoff

A *Beckhoff* é uma empresa alemã, fabricante de tecnologia de automação. A *Beckhoff* implementa sistemas de automação baseados na tecnologia *PC Control* e para isso possui uma vasta linha de produtos que vai desde PC's industriais, módulos de entrada e saída ou softwares de automação. Os seus produtos podem ser vendidos separadamente, representando apenas uma solução simples, ou então quando se pretende uma solução mais complexa podem ser vendidos como um todo agregando o PC industrial, os diferentes módulos de entrada e saída, as comunicações necessárias e o software [24]. Com isto em mente, o estudo de uma solução da *Beckhoff*, através de um PLC, surgiu como uma escolha óbvia para este projeto.

O PLC é um computador digital usado para a automação de processos eletromecânicos. Inicialmente foi desenvolvido para substituir circuitos de relés sequenciais, mas atualmente é utilizado em diversas indústrias que incluam processos automáticos. O modo de funcionamento

de um PLC assenta num programa, via software, que consoante o valor recebido das entradas e do seu estado, ativa ou desativa as suas saídas [25]. Por serem na sua maioria utilizados em ambiente industrial, os PLC foram projetados para suportarem uma vasta gama de temperaturas, serem imunes a ruídos elétricos, resistentes a vibrações e impactos e também para terem várias entradas e saídas como já referido anteriormente, para além disto são um exemplo de sistema em tempo real [26].

Na figura 3.12 é possível ver um exemplo de um PLC da *Beckhoff*.



Figura 3.12 - Exemplo de um PLC [24]

A *Beckhoff* ao longo dos anos tem desenvolvido tecnologia criando o TwinCAT, a nível de software, que constitui o núcleo do sistema de controlo. O sistema de software TwinCAT permite transformar quase qualquer sistema baseado em PC num sistema controlado em tempo real com vários tempos de execução. Por isto os PLC's estão todos implementados com o software TwinCAT. Os PLC TwinCAT são programados de acordo com a IEC 61131-3 e oferecem todas as linguagens de programação da norma [24].

### 3.3.1 Solução *Beckhoff*

Quanto ao sistema desenvolvido com o PLC, através de uma reunião com um representante da *Beckhoff* e através da consulta dos produtos que a marca comercializa, foi possível projetar um sistema baseado nesta tecnologia. A aquisição de dados é feita através de módulos específicos, sendo que em todos os casos se procurou escolher módulos com mais entradas ou saídas para haver flexibilidade, caso por algum motivo seja necessário acrescentar mais um sensor ou atuador que não estivesse previsto.

Para a escolha da arquitetura do sistema, e à semelhança do que já tinha sido referido anteriormente, aquando da escolha de uma solução através das plataformas CompactRIO e CompactDAQ, seria necessário cumprir os requisitos impostos.

Posto isto, primeiro foi pensado onde deveria estar o PLC de maneira a obter as 4 zonas de aquisição de dados e a tornar a comunicação com a interface LabVIEW mais fácil. Como foi visto na tabela 1, a maior parte das entradas e saídas encontram-se na casa das máquinas e por isso pensou-se que o ideal seria colocar o PLC na casa das máquinas onde o comprimento

dos cabos seria menor. No entanto, isto iria obrigar a toda uma reformulação porque a cablagem proveniente da casa das máquinas já se encontra na sala. Por este motivo e pelo facto do comprimento dos cabos não ser crítico (a casa das máquinas é contígua à sala), optou-se por colocar o PLC na sala, permitindo também fazer a comunicação com o PC que possui o LabVIEW. Depois de decidido onde iria ficar o PLC era necessário definir quais as entradas que iriam ligar diretamente ao PLC. Pelo que foi acima referido, os sinais de entrada e saída da sala e da casa das máquinas serão adquiridos todos no mesmo local (sala), sendo que, a juntar a isto, devido ao baixo número de sinais (T13, T14 e SR) provenientes do PV e devido à sua proximidade com a sala, optou-se por fazer a sua aquisição também na sala. Para além desta zona de aquisição de dados e para cumprir os requisitos, foi definido que o campo solar, o armazenamento elétrico e o armazenamento térmico corresponderiam cada um a uma zona de aquisição de dados.

Na figura 3.13 é possível ver o PLC que foi escolhido. Trata-se de um processador de gama média devido às baixas taxas de aquisição e computação necessárias. Também tem a particularidade de possuir várias portas USB o que vai ser benéfico quando se quiser controlar os motores passo-a-passo, MP1 e MP2. Para além disto, possui interfaces Ethernet para funcionar como master da rede EtherCAT que permite interligar todos os outros módulos remotos *Beckhoff*.



Figura 3.13 - PLC *Beckhoff* C6017 [24]

A figura 3.14 representa aquilo que é a arquitetura idealizada através desta solução. O PLC ficaria situado na sala, recebendo os diversos sinais provenientes da sala, da casa das máquinas e do PV e enviando os sinais para os atuadores através de cabos criando aqui uma primeira zona de aquisição e controlo de dados. Cada uma das outras localizações (campo solar, armazenamento térmico e armazenamento elétrico) representaria uma zona de aquisição e controlo de dados sendo que a comunicação entre estas zonas e o PLC seria feita através de um cabo Ethernet, daí serem necessários os acopladores em cada uma destas zonas. Finalmente o

PLC iria comunicar com a interface de potência através de RS485, não havendo para já uma localização definida para esta interface. Esta solução tem a vantagem de ser modular e por isso bastante versátil, podendo-se facilmente acrescentar ou retirar módulos conforme as necessidades. A juntar a isto é uma solução bastante simples porque apenas implica a passagem de um cabo entre as zonas que estão distantes umas das outras.

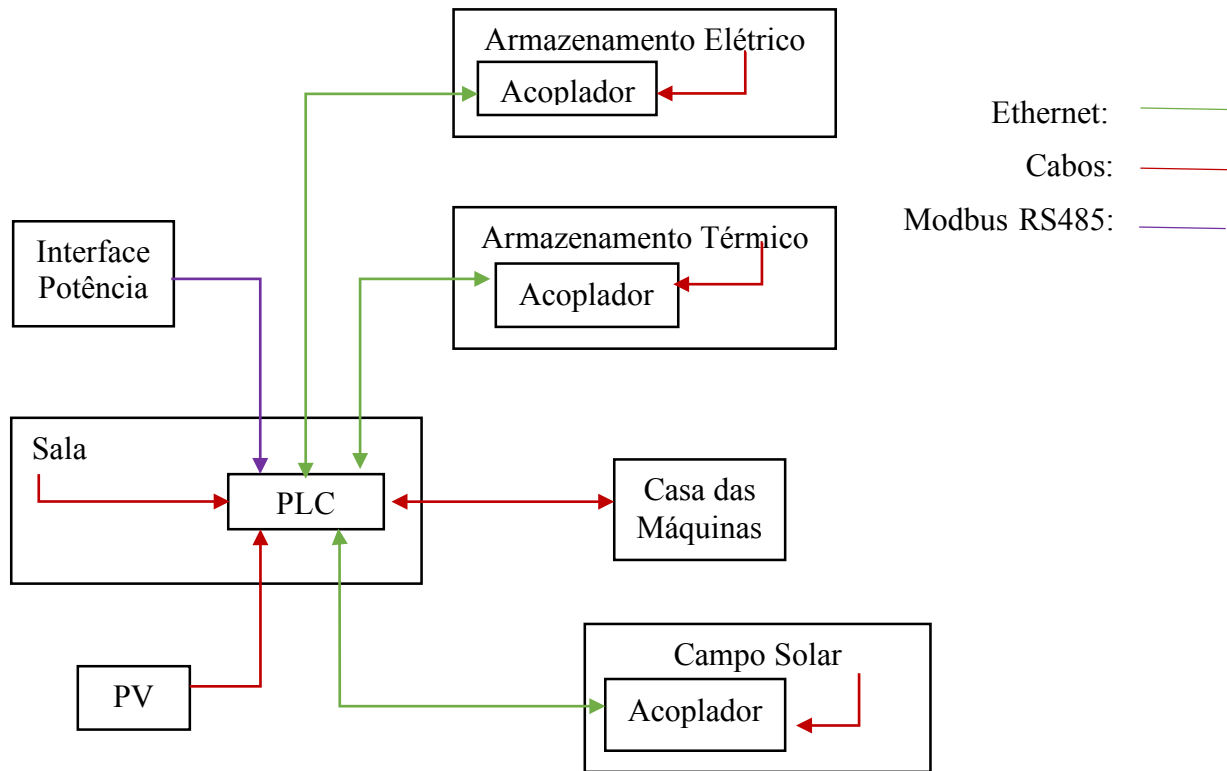


Figura 3.14 - Representação solução *Beckhoff*

Relativamente aos módulos de entradas e saídas necessários, estes tiveram de ser configurados consoante as necessidades de cada localização. Para as entradas e saídas da sala, casa das máquinas e PV foram escolhidos os módulos apresentados na tabela 9:

Tabela 9 - Módulos *Beckhoff* utilizados na sala, casa das máquinas e PV

Módulo	Nº de canais	Variáveis a medir	Nº de canais livres
EL3318+EL3318	8+8	T1, T2, T3, T4, T5, T8, T9, T10, T11, T12, T13 e T14	4
EL3202-0010+ EL3202-0010	2+2	RTD1, RTDc e RTDe	1
EL3204	4	RTDg e SR	2
EL3054+EL3054+ EL3054	4+4+4	Pc, Pe, Pg, V1, V2, Vc, Ve e Vh	4
EL6021		VE e VF	
EL2008	8	R1, R2, R3, R4 e R5	3

Como foi dito anteriormente, o PLC vai possuir portas USB que vão permitir a comunicação com os motores passo-a-passo, MP1 e MP2, motivo pela qual não aparecem na tabela. Quanto ao módulo EL6021, é um módulo que permite a comunicação de vários equipamentos através de RS485 desde possuam a mesma configuração na comunicação série (numero de stops bits, paridade) e apresentem endereços diferentes. Caso contrário serão necessários mais módulos iguais a este.

Para o campo solar, como não há nenhum atuador que seja preciso controlar, apenas foram selecionados módulos de entrada de sinal, apresentados na tabela 10:

Tabela 10 - Módulos *Beckhoff* utilizados no campo solar

Módulo	Nº de canais	Variáveis a medir	Nº de canais livres
EL3314	4	T6 e T7	2
EL3204	4	RTDer	3
EL3054	4	S	3

No armazenamento elétrico, como foi possível ver na tabela 3, vão existir entradas e saídas. Quanto aos módulos utilizados para controlar as saídas, é preciso ter atenção que no armazenamento elétrico vão existir 4 válvulas. Estas válvulas (fabricadas pela empresa *Eletromni Electric Actuators*) possuem uma alimentação de 24 VDC e 1 A. Por causa disto foram pensadas em duas hipóteses diferentes para a escolha dos módulos. A primeira seria a escolha de um módulo que assegurasse esta corrente de saída como por exemplo, o módulo EL2024 que permite uma saída até 2 A. A segunda hipótese seria a escolha de um módulo que permitisse uma saída até um valor mais baixo de corrente, por exemplo 0,5 A como no caso do módulo EL2004. Essa saída iria então comandar a bobina dos relés (*Finder*) cujos contactos estão ligados ao comando das válvulas. Optou-se por esta última solução pois assegura o isolamento elétrico entre as saídas do PLC e a alimentação das válvulas. Será assim necessário encomendar 4 relés para este fim. Assim sendo, os módulos utilizados para as entradas e saídas do armazenamento elétrico estão representados na tabela 11:

Tabela 11 - Módulos *Beckhoff* utilizados no armazenamento elétrico

Módulo	Nº de canais	Variáveis a medir	Nº de canais livres
EL3314	4	T20 e T21	2
EL3058	8	N1, N2, PR1 e PR2	4
EL1004	4	F	3
EL2008	8	R6, R7, R8 e R9	4

Relativamente aos módulos que vão estar presentes no armazenamento térmico, estão previstos módulos para entradas e para saídas visto que aqui para além de sensores também vão existir atuadores. Quanto ao módulo de saída, a válvula que vai ser utilizada é igual à que já é utilizada no atual sistema: trata-se de uma válvula de 3 vias comutada por um servomotor, mas que é utilizada apenas entre duas posições extremas. Assim sendo, a válvula será comandada por um relé, respeitando a mesma hipótese colocada no armazenamento elétrico. Posto isto, os módulos para as entradas e saídas são os apresentados na tabela 12:

Tabela 12 - Módulos utilizados no armazenamento térmico

Módulo	Nº de canais	Variáveis a medir	Nº de canais livres
EL3318	8	T15, T16, T17, T18 e T19	3
EL3054	4	Vco	3
EL2004	4	R10	1

Analogamente ao que se passa no armazenamento elétrico, o relé ainda está em falta, pelo que será necessário encomendá-lo também.

Finalmente falta referir que a interface responsável pelo fornecimento dos valores de potência de carga e descarga e da energia de armazenamento da bateria, dos valores de potência produzido pelos PV bem como pelos valores de consumo de energia elétrica não tem uma localização definida, no entanto é sabido que a comunicação é feita por RS485 seguindo o protocolo Modbus. Para tal, à semelhança do que acontece com o variador de frequência e com a válvula de expansão está prevista a implementação do Modbus RTU e um módulo próprio para a comunicação feita por RS485 (EL6021). Apesar de haver vários equipamentos que comunicam por este meio, tal como foi dito, basta apenas um módulo deste género desde que os equipamentos possuam a mesma configuração na comunicação série (número de stop bits, paridade) e apresentem endereços diferentes.

### 3.4 Comparação entre as diferentes configurações

Neste subcapítulo serão comparadas as diferentes configurações idealizadas para o sistema.

Começando por comparar a configuração desenvolvida pelas plataformas CompactRIO e CompactDAQ. Tratam-se ambas de configurações bastante distribuídas permitindo a existência das 4 zonas de aquisição de dados, fazendo com que a aquisição seja feita no local para depois seguir apenas um cabo para realizar a comunicação com o controlador. Por isso neste ponto não há grandes diferenças. Comparando a nível económico, a configuração desenvolvida pela plataforma CompactRIO custaria por volta dos 15600 euros, enquanto que a

configuração desenvolvida pela plataforma CompactDAQ custaria por volta dos 17000 euros. Isto apesar do CompactRIO possuir o FPGA programável e do CompactDAQ não o possuir. Na tabela 13 apresenta-se o custo dos diferentes controladores, chassis e módulos da NI utilizados para as soluções.

Tabela 13 - Comparação de custos CompactRIO e CompactDAQ

	CompactRIO	CompactDAQ
<b>Controlador</b>	3400 euros	3317 euros
<b>Chassis</b>	3 x 824 euros	3 x 1288 euros
<b>Módulos</b>	9759 euros	9759 euros

Visto que para o sistema em causa, o FPGA não é algo relevante, inicialmente pensou-se que o CompactDAQ seria a solução a adotar, no entanto depois de conferir os valores apresentados na tabela 13, fica claro que de entre estas duas plataformas fará mais sentido optar pelo CompactRIO.

Comparando agora as configurações CompactRIO e *Beckhoff*, é possível afirmar que ambas cumprem o requisito das 4 zonas de aquisição e por isso nesse aspeto não há grandes diferenças. A nível de comunicação tanto uma como a outra permitem comunicações através de Ethernet. A maior diferença entre estas soluções está a nível económico. A título exemplificativo, na tabela 14 apresenta-se o custo dos módulos de medição de T1, T2, T3, T4, T5, T8, T9 e T10 e na tabela 15, os custos dos módulos de medição de Pc, Pe e Pg. Enquanto que na tabela 16 é apresentado o custo do PLC e dos acopladores de maneira a compara com os valores dos controladores e dos chassis.

Tabela 14 - Comparação entre EL3318 e NI-9212

	<i>Beckhoff</i>	NI
<b>Nome do módulo</b>	EL3318	NI-9212
<b>Inputs</b>	8	8
<b>Tipo de medição</b>	Temperatura (Termopar)	Temperatura (Termopar)
<b>Resolução</b>	0,1°C	0,01°C/0,02°C/0,03°C
<b>Tempo de conversão</b>	5 s até 40 ms	550 ms até 10,5 ms
<b>Valor</b>	238,05 €	1025,00 €

Tabela 15 - Comparação entre EL3054 e NI-9208

	<i>Beckhoff</i>	NI
<b>Nome do módulo</b>	EL3054	NI-9208
<b>Inputs</b>	4	16
<b>Tipo de medição</b>	Corrente, 4-20 mA	Corrente, $\pm 20$ mA
<b>Resolução</b>	12 bits	24 bits
<b>Tempo de conversão</b>	0,625 ms	52 ms até 2 ms
<b>Temperatura de armazenamento</b>	-40°C...+85°C	-40°C...+85°C
<b>Valor</b>	120,06 €	778,00 €

Tabela 16 - Custos solução *Beckhoff*

	<i>Beckhoff</i>
<b>PLC</b>	598,05 euros
<b>Extensão</b>	53,01 euros
<b>Acopladores</b>	3 x 98,01 euros
<b>Módulos</b>	2735,82 euros

Através das tabelas 14, 15 percebe-se facilmente que existe uma diferença muito grande entre os valores dos módulos da *Beckhoff* e da NI, associada à maior resolução e taxa de amostragem nos módulos NI do que nos módulos *Beckhoff*. Através dos módulos NI, é possível obter frequências de aquisição mais elevadas do que no caso *Beckhoff*. No entanto, como já foi dito para o caso em questão, não serão necessárias frequências de amostragem elevadas. Para além desta diferença de valores nos módulos verifica-se o mesmo entre o PLC, a extensão e os acopladores da *Beckhoff* e o controlador e os chassis da NI, como se pode observar na tabela 16. Isto resulta numa diferença de preço muito grande, ou seja, toda a solução *Beckhoff* ficaria por volta dos 5000 euros, enquanto que a configuração através da plataforma CompactRIO ficaria por 15600 euros, como foi visto anteriormente.

Posto isto, ficou decidido que a solução a ser implementada seria a solução apresentada pela *Beckhoff*, correspondendo a uma solução económica e ao mesmo tempo que satisfaz as necessidades de resolução e de tempo de amostragem, como foi dito na secção 2.1.5.1.



## 4 Conclusões e trabalhos futuros

Neste trabalho foram realizadas diversas tarefas sobre um sistema de climatização e um sistema de monitorização e aquisição de dados:

- Inicialmente procurou-se perceber como funcionava todo o sistema de climatização, perceber a importância do VGE neste sistema e perceber os vários subsistemas existentes bem como quando eram utilizados;
- Após se perceber como funcionava este sistema de climatização procurou-se perceber qual o sistema de aquisição de dados que estava a ser utilizado, bem como fazer um levantamento das suas entradas e saídas;
- Depois de concluído este levantamento, foi necessário perceber quais seriam as novas atualizações do sistema. Estas atualizações passariam por delinear novas zonas de aquisição de dados. Foi por isso feito um novo levantamento destas atualizações;
- Já com o problema bem contextualizado, foi-se à procura de soluções modulares e simples que permitissem adquirir os sinais de todas as localizações satisfazendo os requisitos do problema. Com estas características em vista, chegou-se a soluções provenientes da *National Instruments* e da *Beckhoff*;
- Foi feito o projeto de uma configuração para ambas as marcas sendo que posteriormente foi feita a comparação entre cada uma;
- No final concluiu-se que a solução mais adequada para este sistema de aquisição de dados e que cumpria os requisitos necessários seria a solução proveniente da *Beckhoff*.

Note-se que o objetivo principal da dissertação passava pelo projeto da arquitetura de um sistema de monitorização e aquisição de dados para o sistema de climatização em questão. Este objetivo foi cumprido, no entanto como em qualquer projeto existe espaço para trabalhos futuros, a saber:

- Criação de esquemas elétricos contemplando as novas localizações e novos instrumentos de medição;

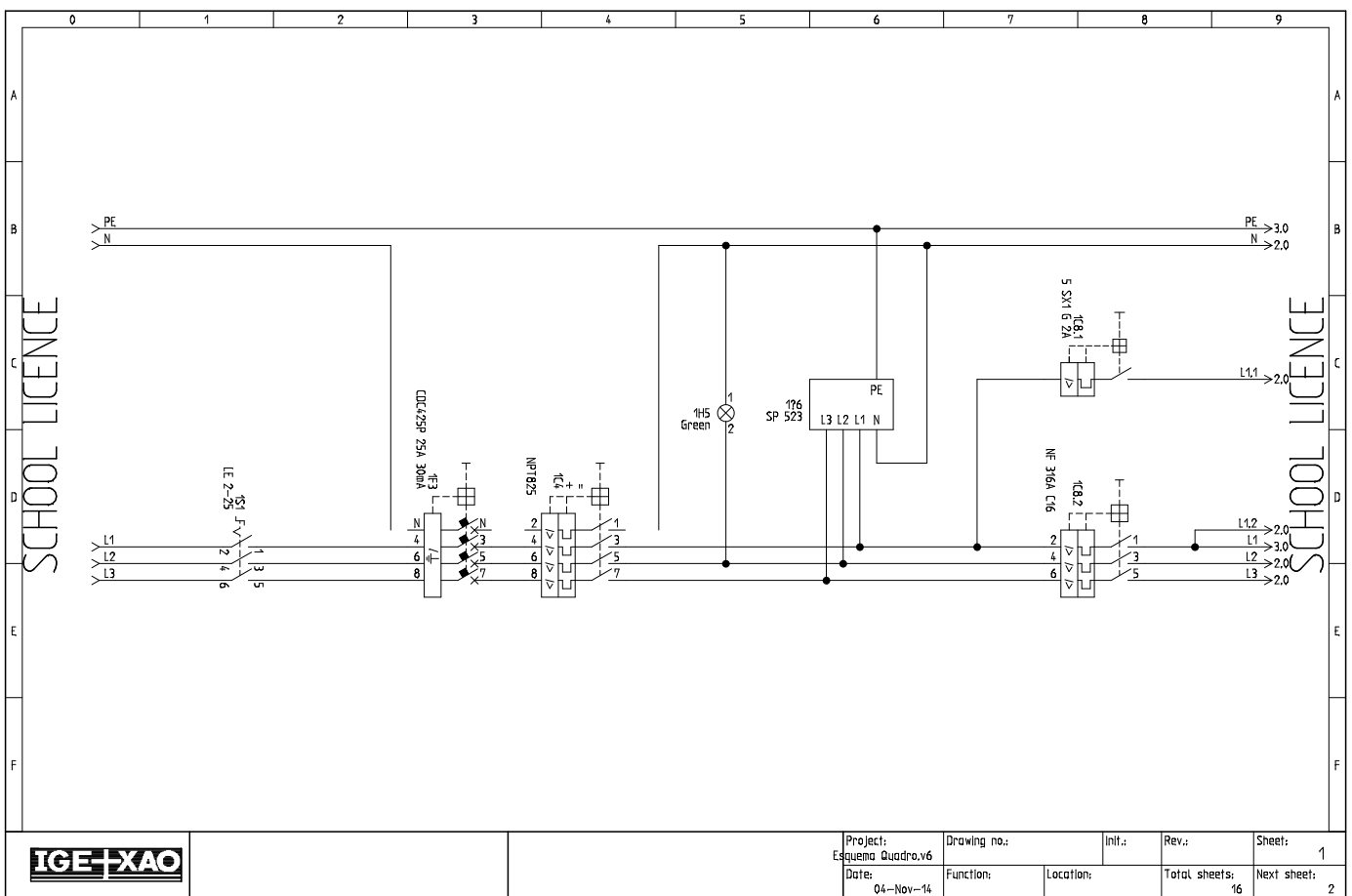
- Implementação e posterior teste do sistema de monitorização e aquisição de dados;
- Desenvolvimento de software baseando-se no programa já existente.

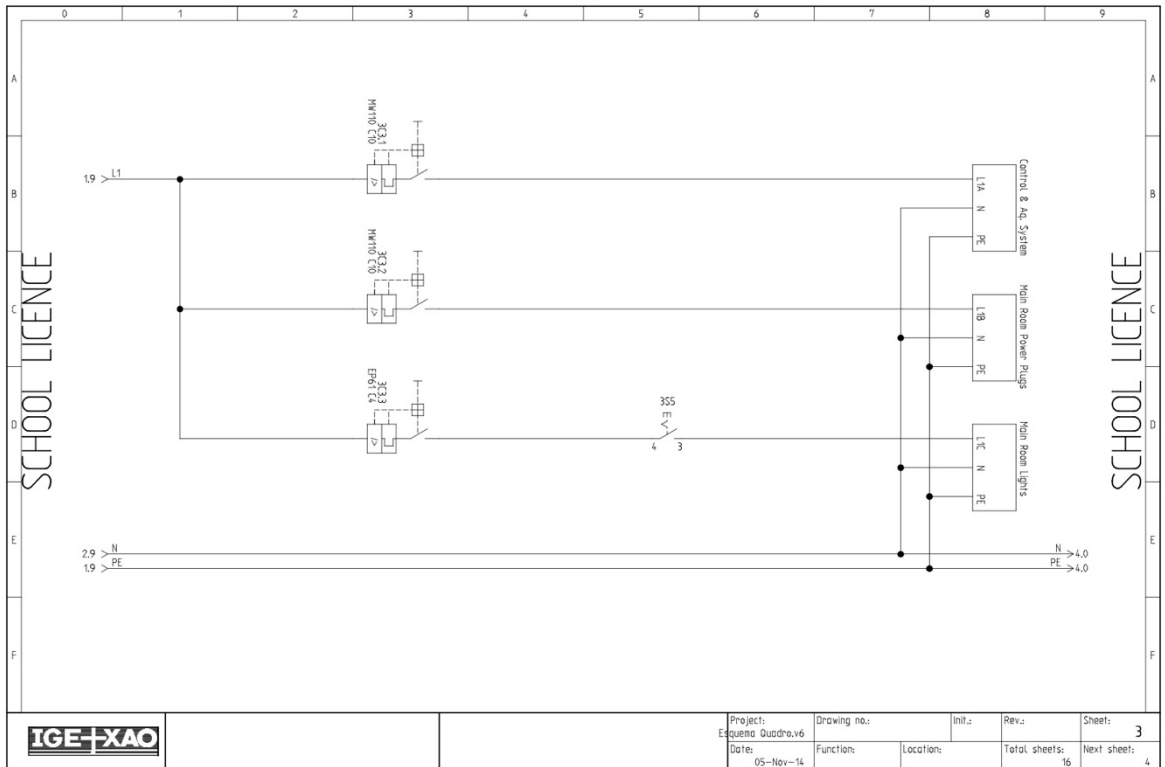
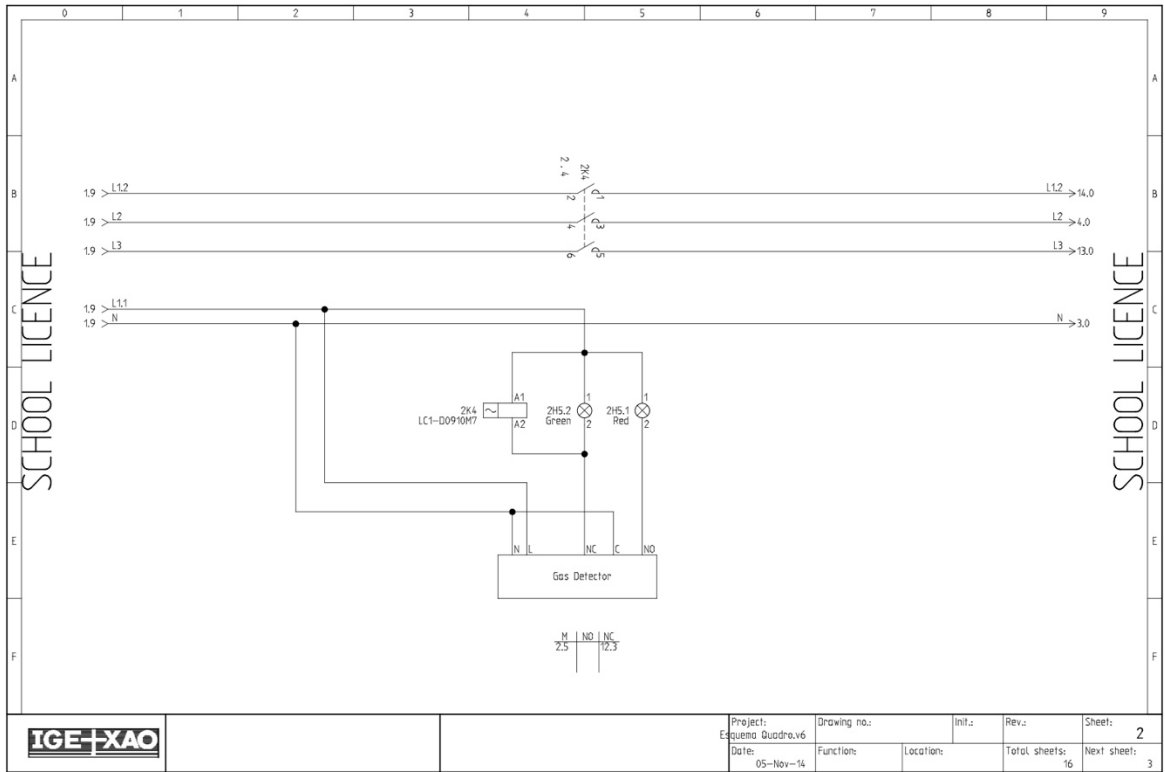
## Referências

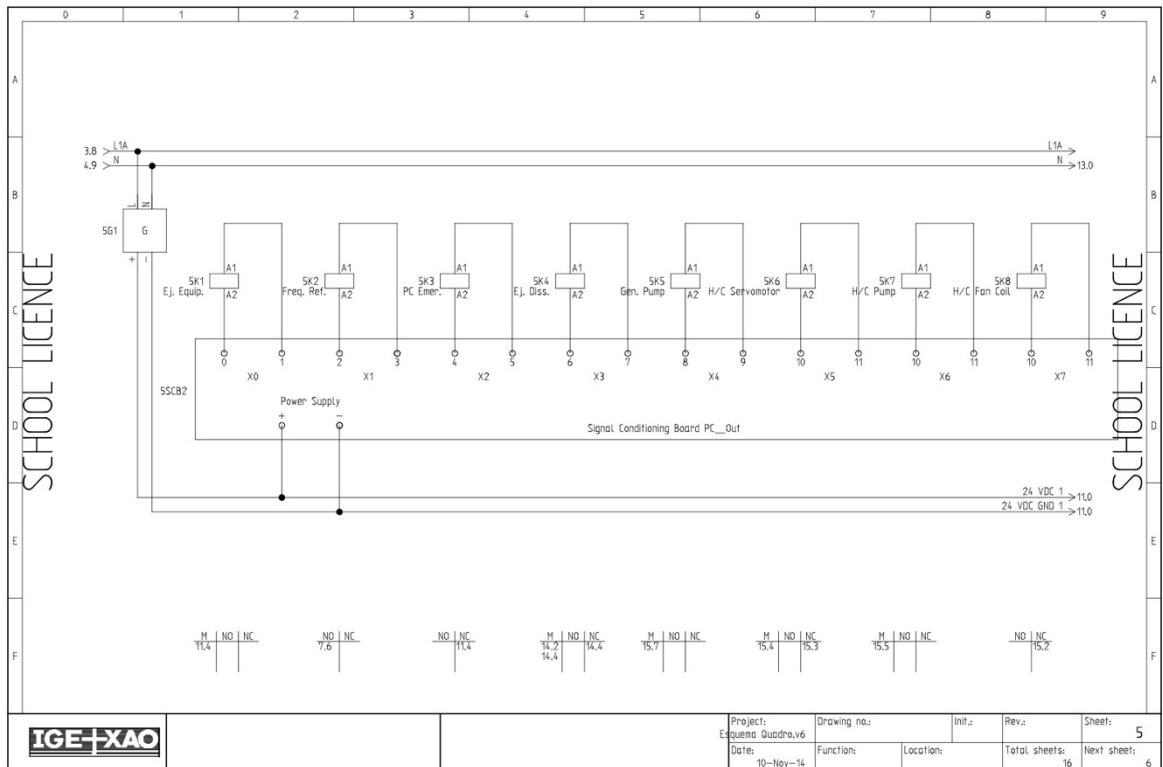
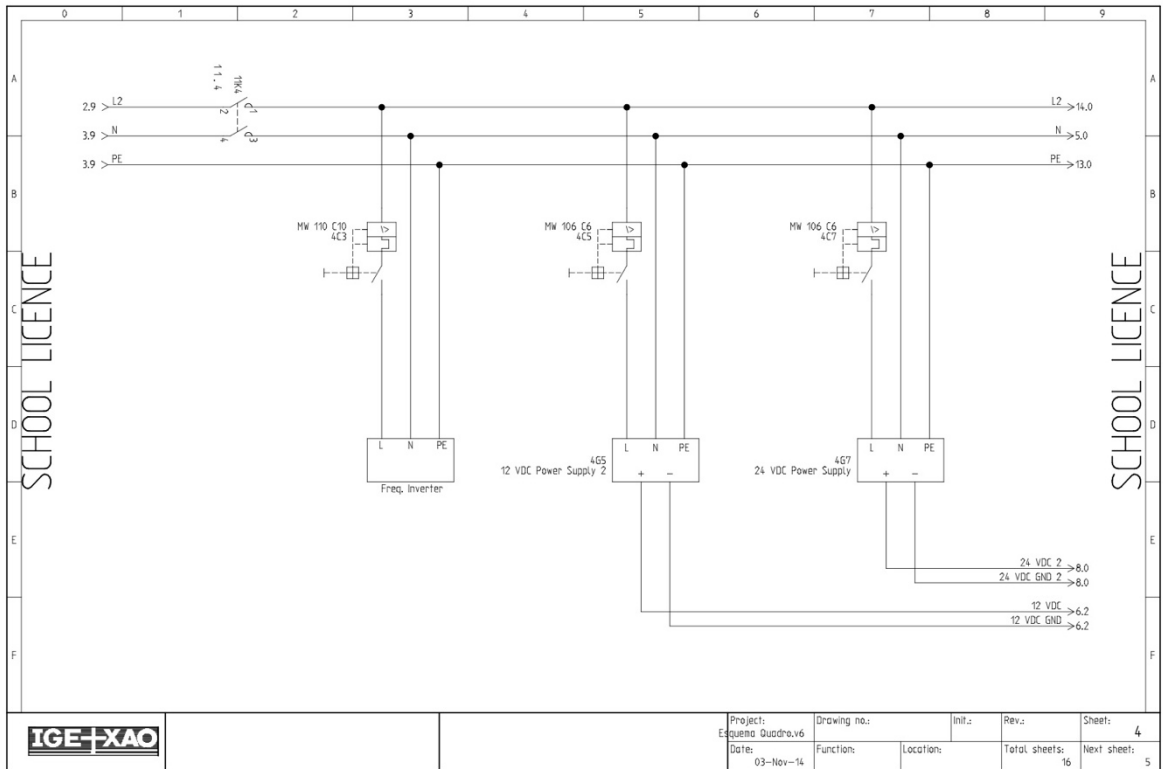
- [1] C. Europeia, *Recomendação da Comissão relativa à modernização dos edifícios*. Bruxelas, Bélgica, 2019.
- [2] C. Europeia, *RELATÓRIO DA COMISSÃO AO PARLAMENTO EUROPEU E AO CONSELHO - Progressos dos Estados-Membros na via para edifícios com necessidades quase nulas de energia*. Bruxelas, Bélgica, 2013.
- [3] D. G. de E. Geologia, “National plan for increasing the number of nearly zero-energy buildings in Portugal,” Portugal, 2014.
- [4] A. I. Palmero-Marrero and A. C. Oliveira, “Performance simulation of a solar-assisted micro-tri-generation system : hotel case study,” *Int. J. Low-Carbon Technol.*, vol. 6, pp. 309–317, 2011.
- [5] B. Shahzamanian, J. Soares, S. Varga, and A. C. Oliveira, “Thermal and electrical performance assessment of a solar polygeneration system,” *6th Int. Conf. Energy Environ. Res.*, pp. 22–25, 2019.
- [6] F. A. M. de Carvalho, Tese de mestrado : “Elaboração de um sistema de monitorização e análise de uma instalação de ar-condicionado solar com ejetor de geometria variável,” Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2016.
- [7] B. T. Baxi, “Catálogo Baxi,” [Online] 2019 Available: <https://www.baxi.pt>. [Accessed 20-Dec-2019]
- [8] “Grundfos.” [Online]. Available: <https://pt.grundfos.com>. [Accessed: 16-Dec-2019].
- [9] S. Varga, A. C. Oliveira, A. Palmero-marrero, and J. Vrba, “Preliminary experimental results with a solar driven ejector air conditioner in Portugal,” *Renew. Energy J.*, vol. 109, pp. 83–92, 2017.
- [10] A. I. Palmero-Marrero, P. R. Pereira, Final Technical Report - “Solar cooling test and demonstration facility using advanced ejector technology,” p. 39, 2015.
- [11] J. G. Dariusz Butrymowicz, Kamil Smierciew, Jarosław Karwacki, “Experimental investigations of low-temperature driven ejection refrigeration cycle operating with isobutane,” *Int. J. Refrig.*, vol. 9, pp. 197–209, 2013.
- [12] “Labview.” [Online]. Available: <https://www.ni.com/pt-pt/shop/labview.html>. [Accessed: 02-Dec-2019].

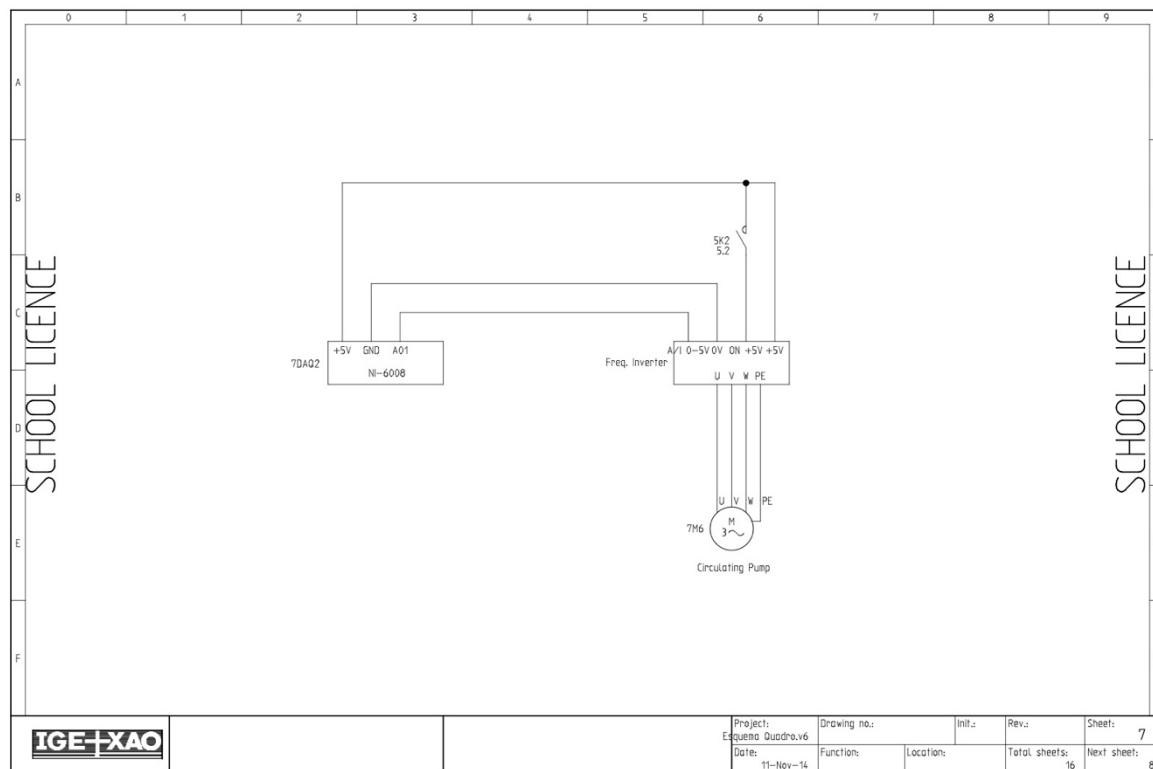
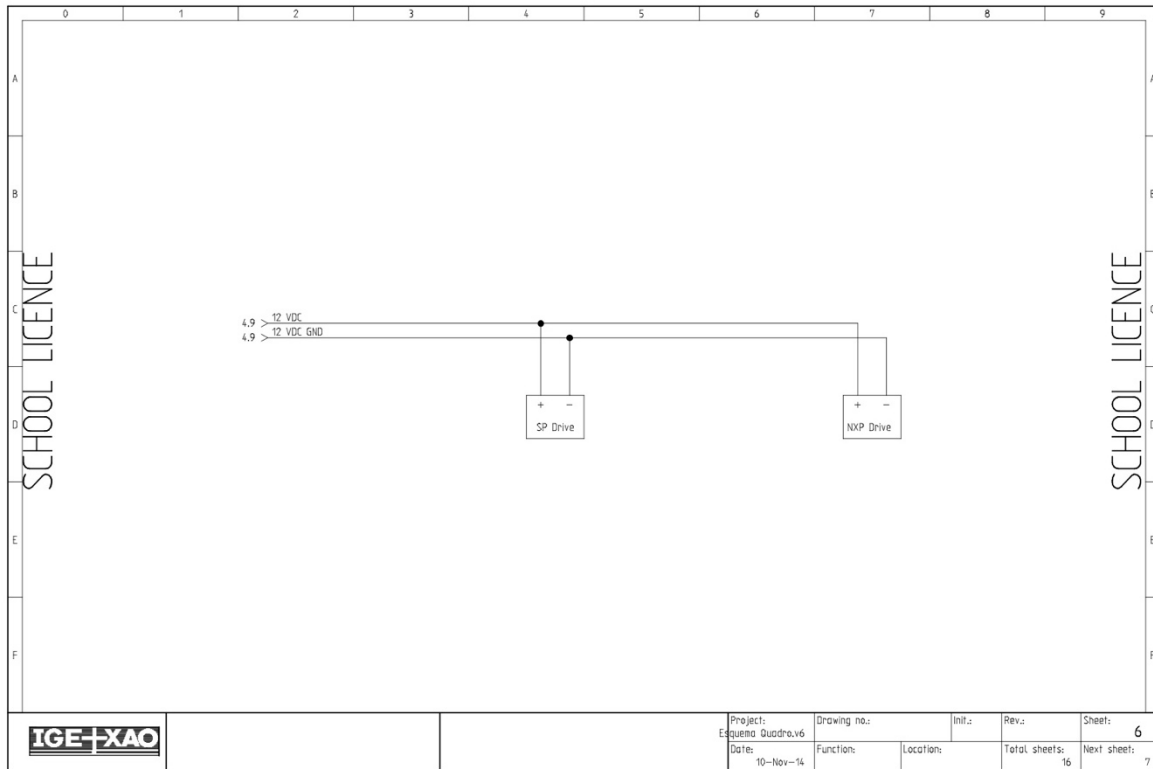
- [13] “Sobre NI.” [Online]. Available: <https://www.ni.com/pt-pt/about-ni.html>. [Accessed: 26-Nov-2019].
- [14] “Plataforma NI.” [Online]. Available: <https://www.ni.com/pt-pt/innovations/platform.html>. [Accessed: 26-Nov-2019].
- [15] B. Donnell, “Building a Tools Platform for a Specialized IOT World,” [Online]. Available: [http://www.ni.com/pdf/en/technanalysis\\_platform\\_paper.pdf](http://www.ni.com/pdf/en/technanalysis_platform_paper.pdf) *Technanalysis Res.*, pp. 1–8, 2015.
- [16] N. Instruments, “CompactDAQ Systems,” 2019. Available: <https://www.ni.com> [Accessed: 28-Nov-2019]
- [17] “Sistemas CompactDAQ.” [Online]. Available: <https://www.ni.com/pt-pt/shop/compactdaq.html>. [Accessed: 30-Nov-2019].
- [18] “Controladores CompactDAQ.” [Online]. Available: <http://www.ni.com/pt-pt/shop/select/compactdaq-controller>. [Accessed: 29-Nov-2019].
- [19] “O que é um Chassi CompactDAQ?” [Online]. Available: <https://www.ni.com/pt-pt/shop/compactdaq/what-are-compactdaq-chassis.html>. [Accessed: 01-Dec-2019].
- [20] “Chassi CompactDAQ.” [Online]. Available: <http://www.ni.com/pt-pt/shop/select/compactdaq-chassis>. [Accessed: 01-Dec-2019].
- [21] N. Instruments, “CompactRIO Controllers.” 2017 [Online]. Available: <http://www.ni.com/pdf/product-flyers/compactrio-controller.pdf> [Accessed: 28-Nov-2019]
- [22] “Sistemas CompactRIO.” [Online]. Available: <http://www.ni.com/pt-pt/shop/compactrio.html>. [Accessed: 02-Dec-2019].
- [23] N. Instruments, “Multifunction I / O,” 2017 [Online]. Available: <http://www.ni.com/pdf/product-flyers/multifunction-io.pdf> [Accessed: 27-Nov-2019]
- [24] “Beckhoff.” [Online]. Available: <https://beckhoff.com/>. [Accessed: 07-Dec-2019].
- [25] “Programmable Logic Controller.” [Online]. Available: <https://www.myodesie.com/wiki/index/returnEntry/>. [Accessed: 09-Dec-2019].
- [26] “Vantagens de um PLC.” [Online]. Available: <http://www.plcs.net/contents.shtml>. [Accessed: 09-Dec-2019].
- [27] N. Instruments, “DATASHEET NI 9485,” 215AD [Online]. Available: <https://www.ni.com/pdf/manuals/> [Accessed: 29-Nov-2019]

## ANEXO A: Esquema quadro elétrico

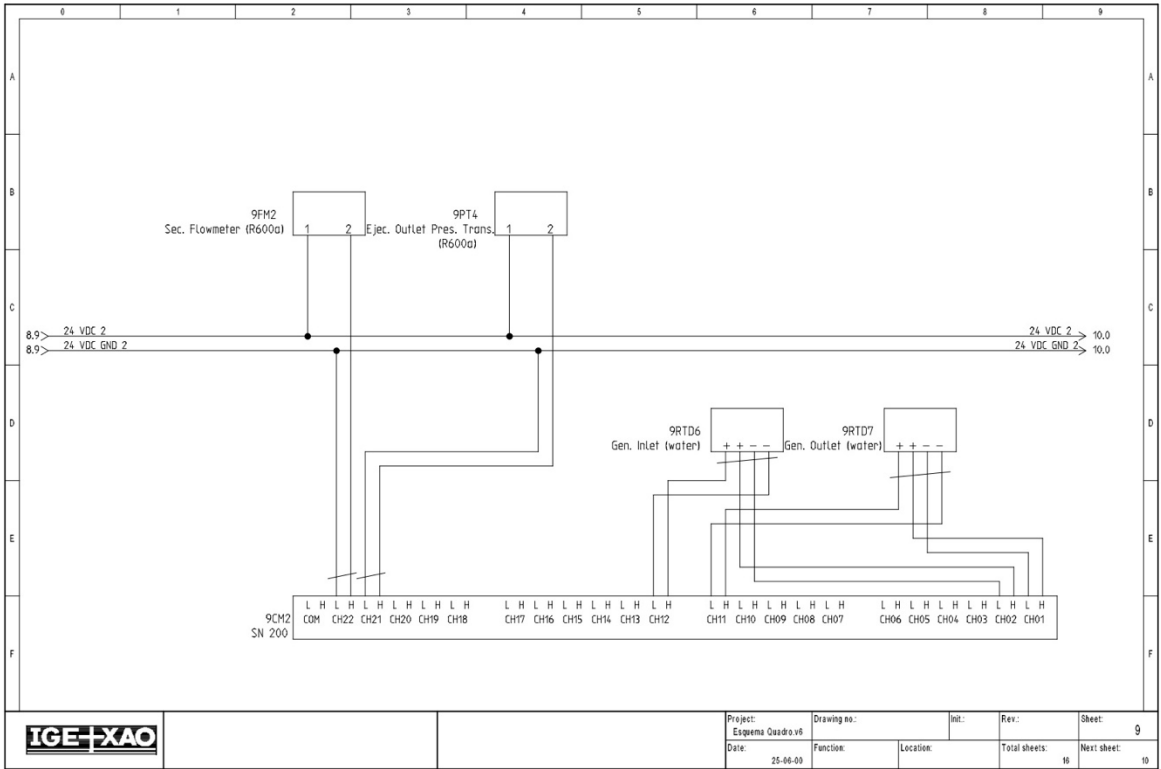
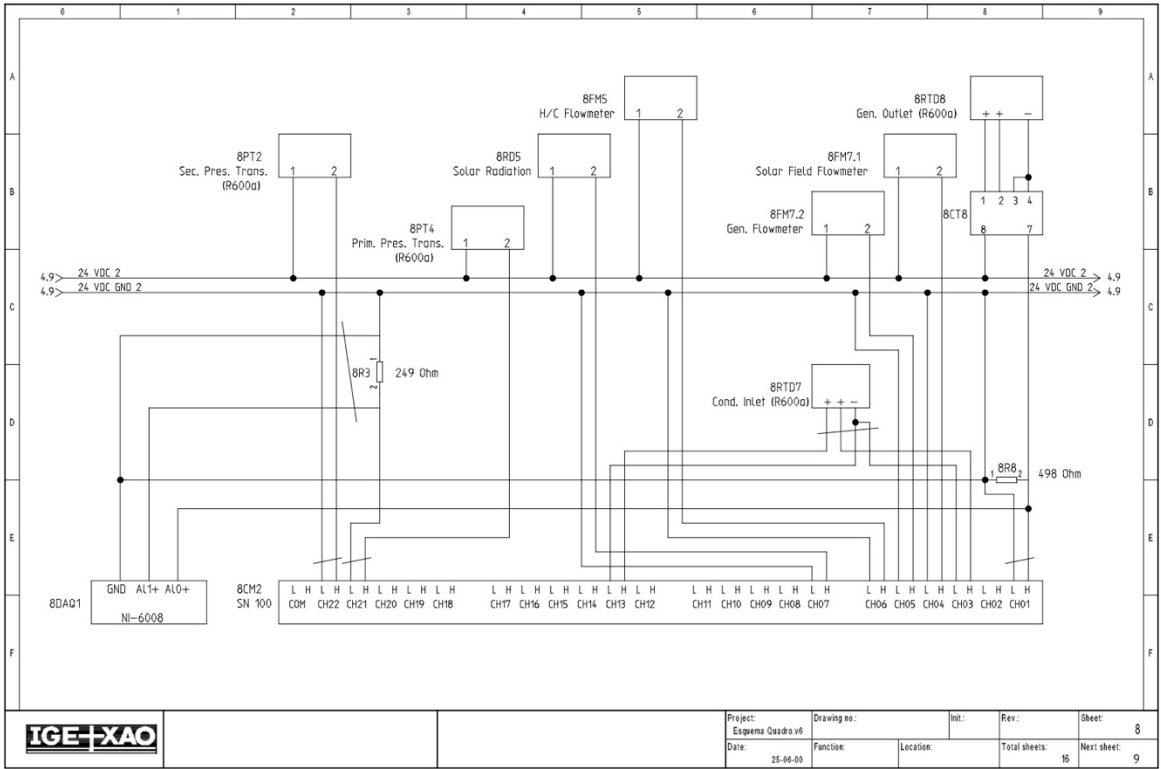




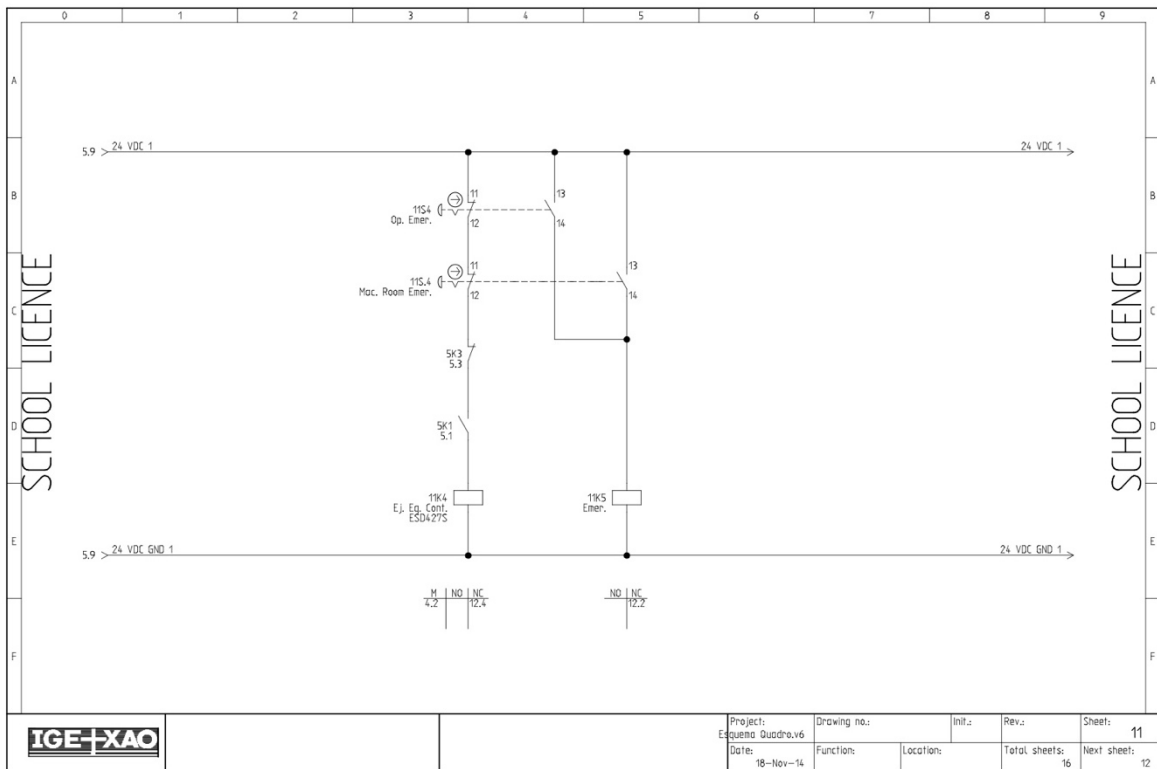
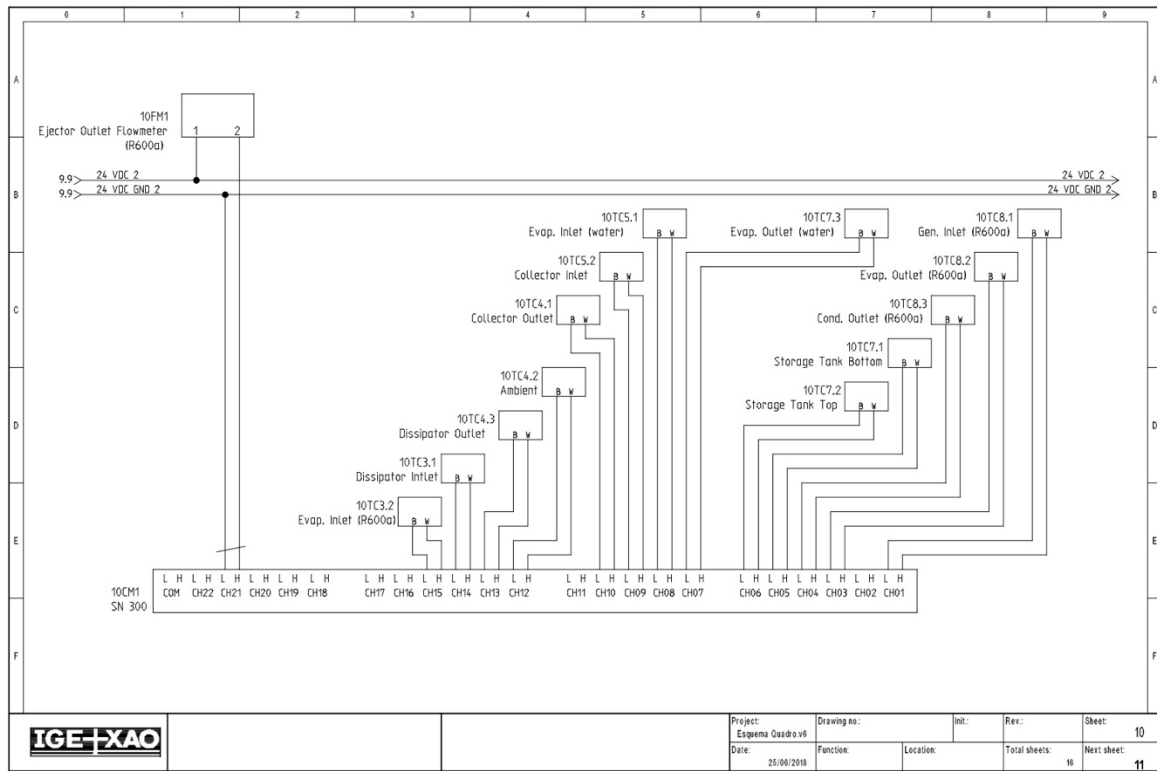


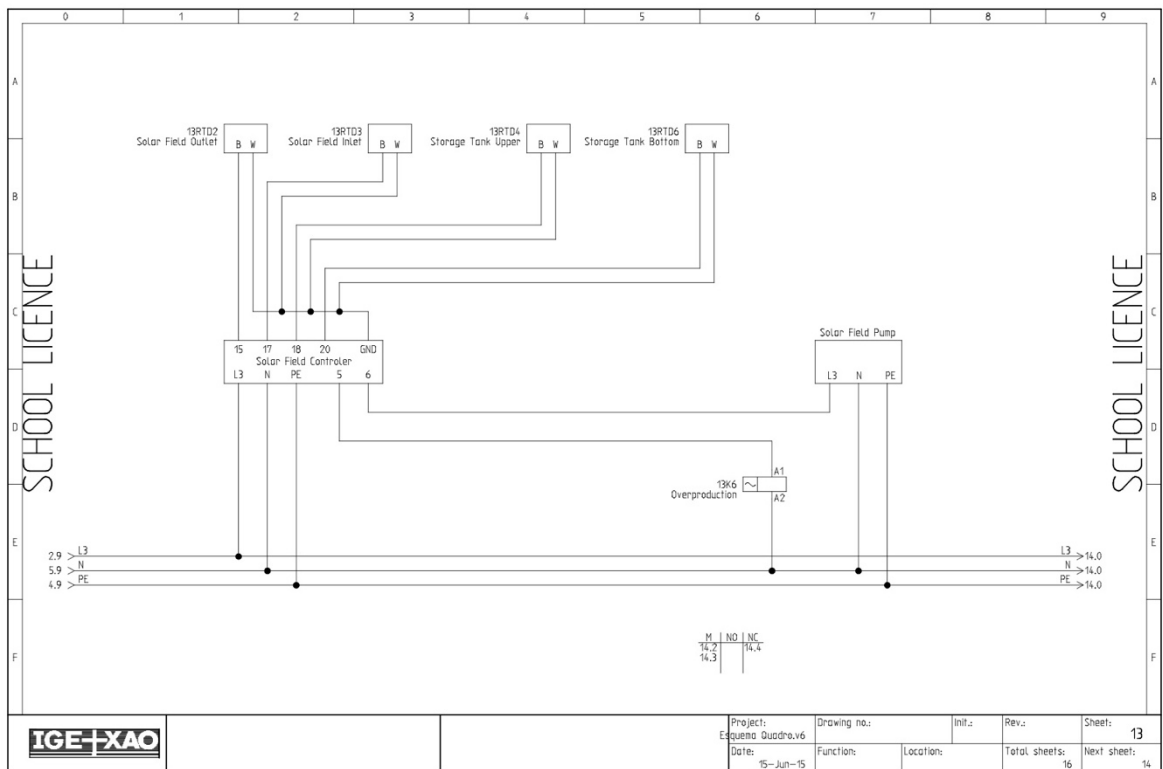
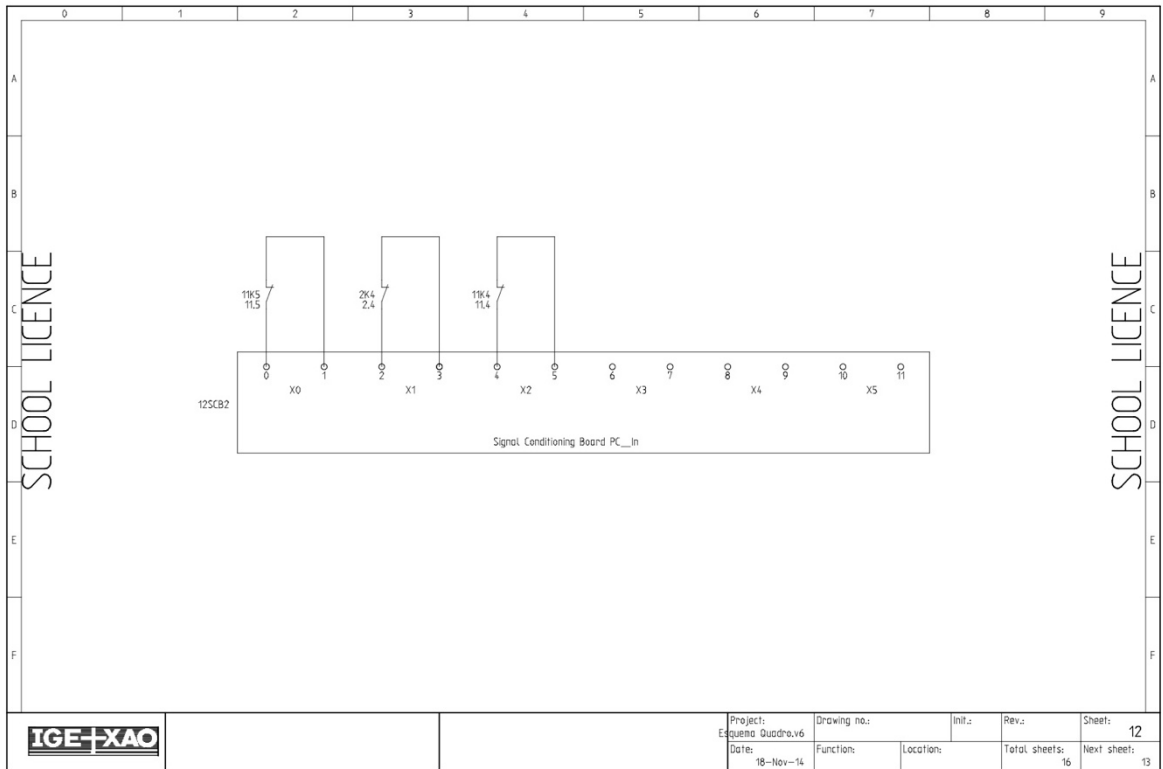




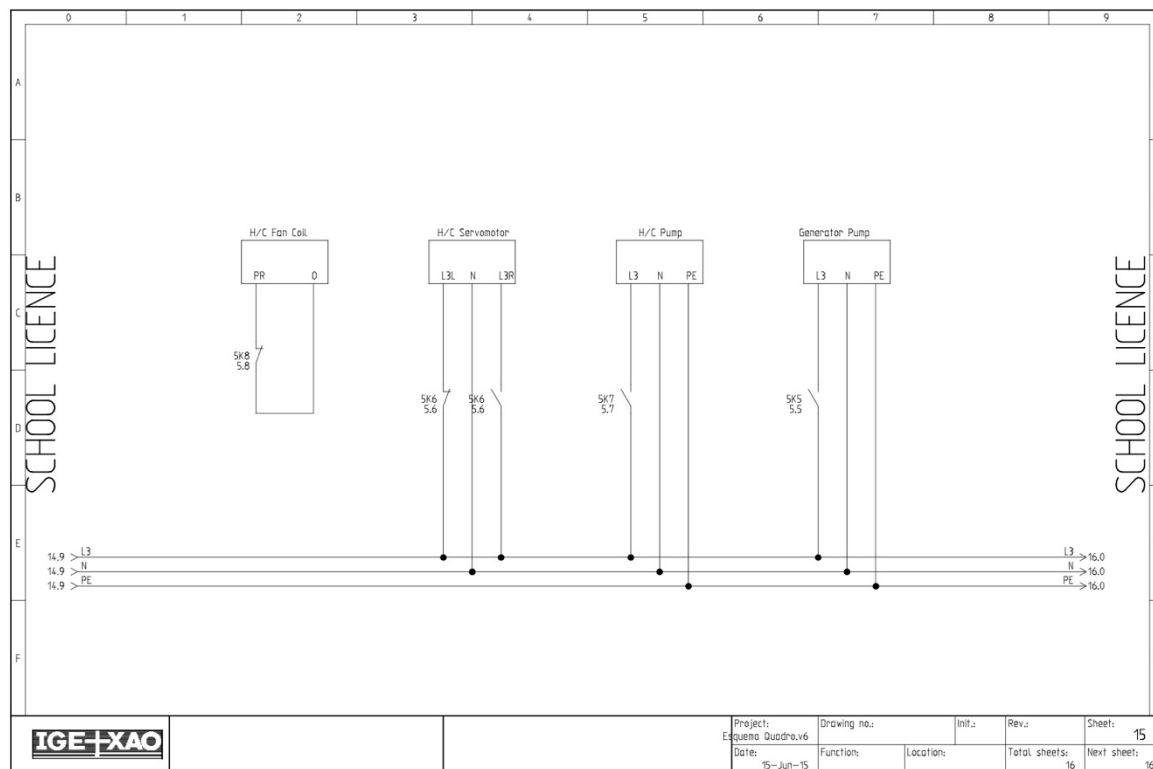
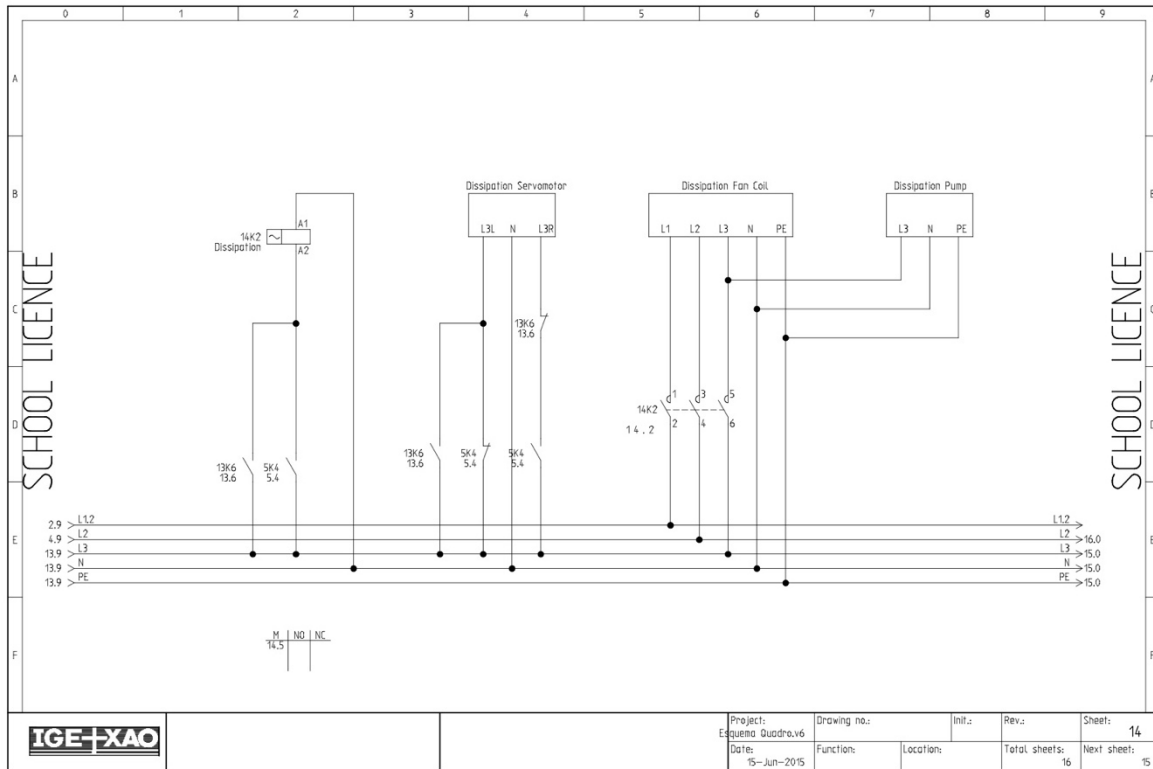


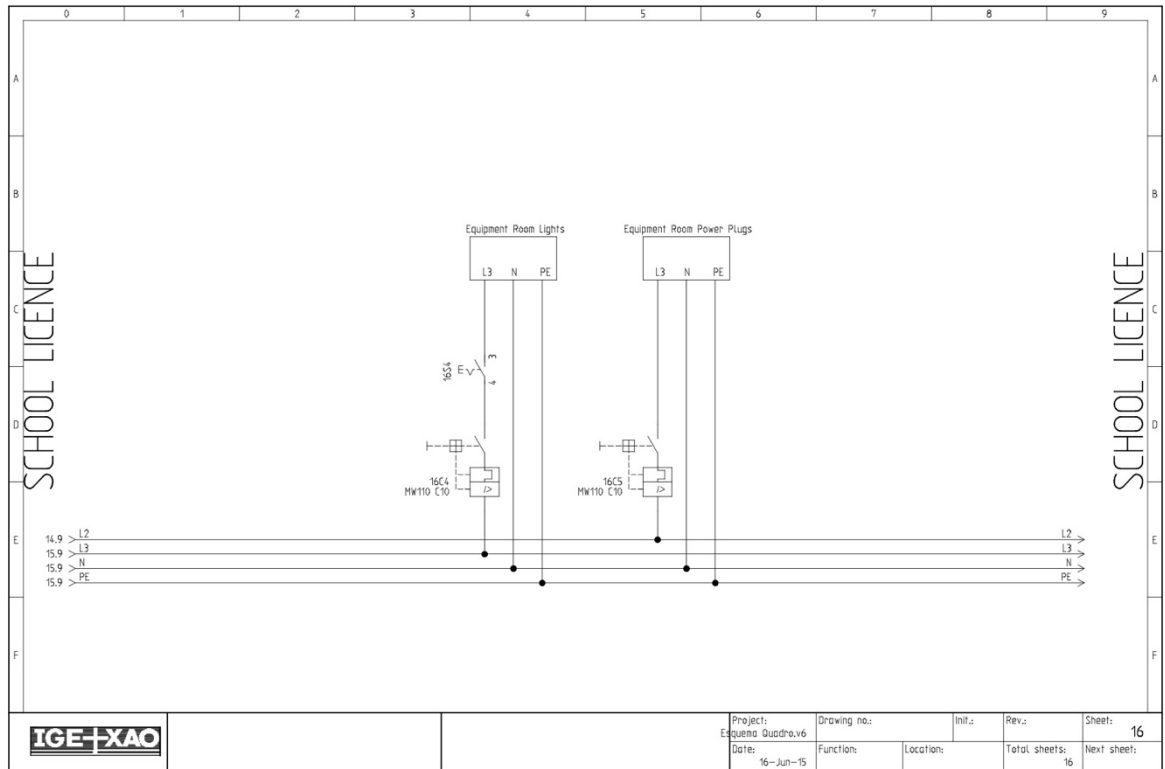
Monitorização de um Sistema de Poligeração de Energia





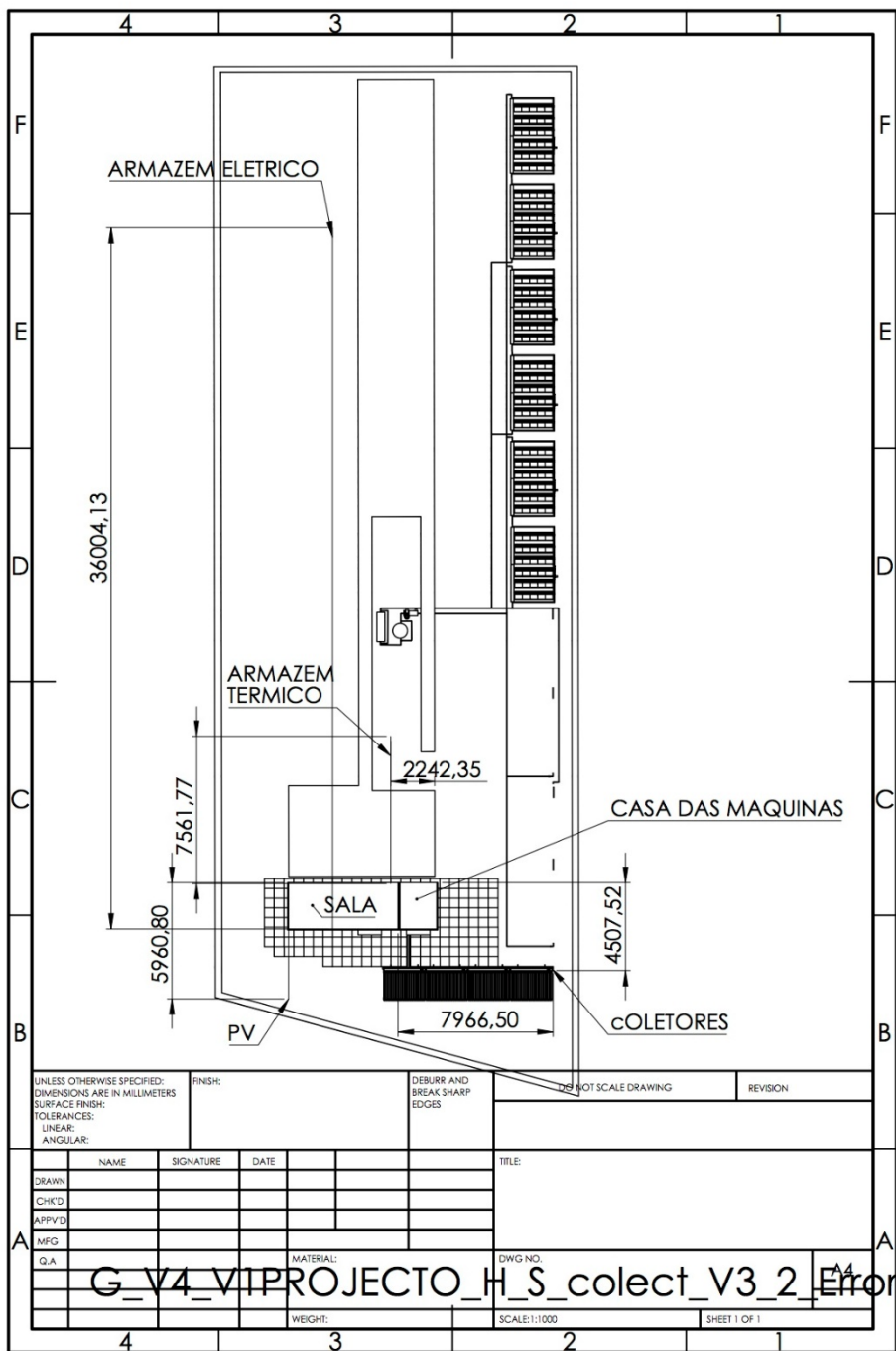
Monitorização de um Sistema de Poligeração de Energia







**ANEXO B: Localização das diferentes zonas**

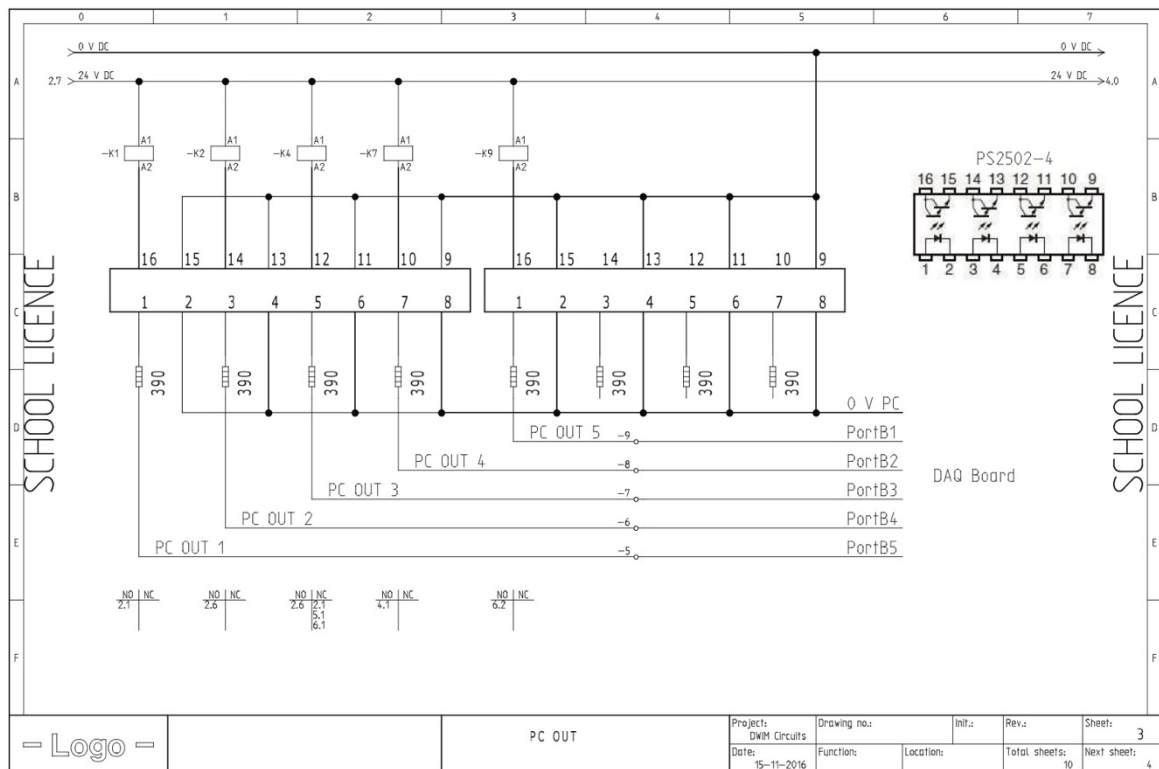


G\_V4\_VIPROJECTO\_H\_S\_colect\_V3\_2\_Errors





## ANEXO C: Esquema da placa de condicionamento de sinal existente



Monitorização de um Sistema de Poligeração de Energia

