



UNIVERSIDADE DE COIMBRA

Sistemas de Monitorização e Supervisão

Projeto - Sistema de Regas em Jardins Públicos

Prof. Jorge Landeck

António Caramelo
2018279317

Gonçalo Gouveia
2018277419

26 de junho de 2022

Conteúdo

1	Objetivo	2
2	Elementos constituintes do sistema	3
2.1	PLC	3
2.2	Inversor	3
2.3	Estação metereológica	3
2.4	Contador de Energia	4
2.5	Router	4
2.6	Válvulas	5
2.7	Bomba de água	5
3	Diagrama da arquitetura	5
4	Diagrama de Controlo	7
5	Implementação de Outros Sensores	8
6	Dashboard	8
7	Atuadores considerações	11
8	Alarmes, Avisos e Limiares	12
8.1	Avisos	12
8.2	Alarme	13
9	Custos	13
10	Performance	13
11	Conclusão	14

1 Objetivo

Elaboração do projeto de um sistema integrado de monitorização e supervisão dos sistemas de rega dos jardins e áreas verdes de um município.



(a) Jardim Mendes da Silva – Projeto CMC (jardim exemplo)



(b) Repuxo de água (exemplo de controlador de agua em um jardim)

2 Elementos constituintes do sistema

2.1 PLC

Para a escolha do PLC é importante escolhermos um controlador que tenha o número suficiente de portas de entrada. Necessita de ter portas Ethernet e RS-485. Para isto escolhemos o seguinte PLC: Schneider Electric TM241CEC24U

Por fim, temos em atenção o consumo energético do nosso PLC, e o valor de tensão de *output* do controlador, este tem de ter capacidade de alimentar as bombas de água (24V).



Power Consumption in W	32.6...40.4 W
Supply Voltage Limits	20.4...28.8 V
Memory Capacity	8 MB for program
Battery Type	BR2032 lithium non-rechargeable,
Realtime Clock	Yes
Ethernet	Yes
RS-485	Yes
Suporta protocolo para MODBUS	Yes
Quantidade de entradas digitais	14
Quantidade de saídas digitais	10

Figura 1: Schneider Electric TM241CEC24U

2.2 Inversor

Para o inversor foi escolhido o seguinte modelo: Inversor Solar Híbrido HUAWEI SUN2000 Carregador de Baterias LG.

A principal função deste inversor é transformar a corrente contínua dos painéis em corrente alternada e carregar as baterias. O inversor pode carregar uma bateria com o excedente da produção fotovoltaica e desta forma ter energia disponível à noite de forma a ser o mais autossuficiente possível.

À noite ou em dias nublados sem sol, quando não há geração de energia fornecida pelos painéis fotovoltaicos, o inversor recebe energia das baterias ou da rede elétrica.

Uma métrica importante que temos de destacar é que o fator de potência do inversor escolhido (0.8). O fator de potência é a relação entre a energia que é recebida, e a energia convertida.



Power:	2 – 5 kW max(3 – 7 kW)
Power Factor (FP) :	0.8
MPPT Voltage Range:	120 – 480 VDC
Frequency:	50 – 60 Hz
Wi-Fi:	IEEE 802.11/2.4GHz
Certificates:	CE&RoHS

Figura 2: HUAWEI SUN2000

2.3 Estação metereológica

Para a Estação metereológica foi escolhido o seguinte modelo: Estação FIMER VSN800.

Este modelo foi escolhido, por ter capacidade de aguentar condições atmosféricas adversas, comunicação modbus-RTU e o seu baixo consumo energético que vai de encontro às necessidades para este projeto.



Serial Port	RS-485 2 wire, modbus RTU
Recommended cable	Belden 1120
Temperature Range	$(-40^{\circ}\text{C to } 80^{\circ}\text{C}) + / - 0.3^{\circ}\text{C}$
Power Supply Input	10 – 30VDC, 50 mA

Figura 3: FIMER VSN800

2.4 Contador de Energia

Para as necessidades energéticas do nosso jardim, encontramos o seguinte medidor de energia: ORNO OR-WE-504.

Este medidor permite a medição direta de energia ativa num sistema monofásico e o registo de energia coletada, e este suporta o protocolo de comunicação Modbus RTU.



Power Input:	230 V
Frequency:	50/60Hz
Port:	RS-485
Communication Protocol:	Modbus RTU
Protection:	IP20

Figura 4: Contador de energia ORNO OR-WE-504

2.5 Router

Para o router foi escolhido um modelo que fosse 4G e suportasse slot cartão SIM. Também é importante que o router tenha um bom alcance pois, em ambiente aberto é normal que o sinal sofra mais reflexões e atenuações. 4G Wireless Router LTE CPE Router 300Mbps.



SIM Card Slot	YES - EU version
Network Protocol	IEEE802.11b/g/n
Data Rate	300Mbps
Reach	40-50m

Figura 5: 4G Wireless Router LTE CPE Router 300Mbps

2.6 Válvulas

Escolhemos as seguintes válvulas, RainBird 075ASVF.



Flow Range	0,01 – 1,39 l/s
Inrush Current	0,30 A
Holding Current	0,23 A

Figura 6: Válvula RainBird 075ASVF

2.7 Bomba de água

Para a nossa fonte escolhemos utilizar a seguinte bomba de água, Aquascape Ultra 550 Water Pump.



Maximal Debit	1998,5 l/h
Maximum Height	2,40 m
Power	33 W

Figura 7: Bomba de água Aquascape Ultra 550

3 Diagrama da arquitetura

Neste diagrama representamos a arquitetura do jardim F, um dos mais complexos a nível de especificações.

Nome	Válvulas	Programador	Meteorologia
Jardim A	1		
Jardim B	1		
Jardim C	2		
Jardim D	3	1	
Jardim E	2	1	1
Jardim F	4	1	1

Figura 8: Tipologias e complexidade de jardins.

Para os restantes jardins a estrutura é semelhante, mas com menos componentes conectados ao PLC, em jardins que não exista estação metrológica, não é necessário um painel fotovoltaico.

Os protocolos de conexão para o PLC priorizados pelo nosso grupo foram o protocolo MODBUS-TPC e MODBUS-RTU. Estes protocolos são comumente usados em sistemas SCADA, servers e sistemas de integração entre sistemas, já que vários dos sensores e atuadores aceitam este tipo de comunicação.

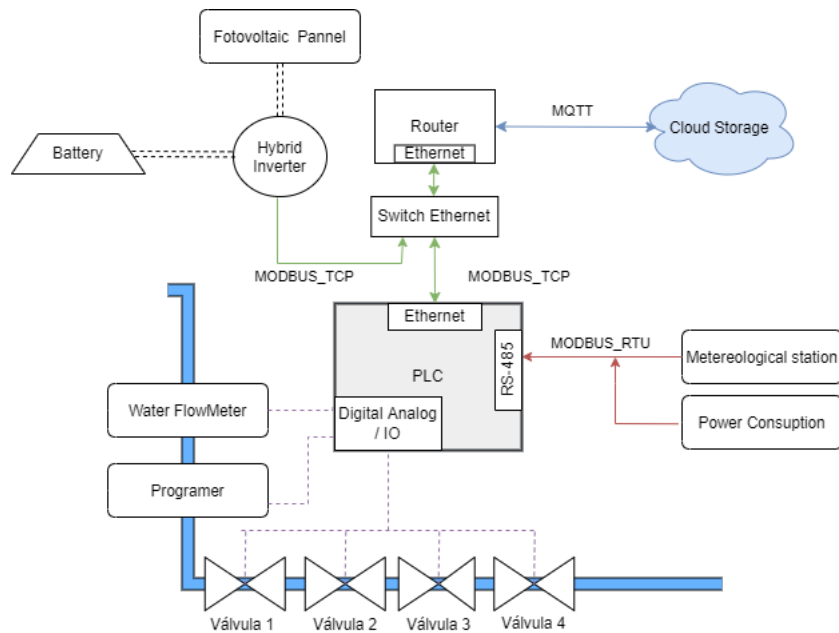


Figura 9: Diagrama da Arquitetura (Jardim F)

Foi considerado que em jardins de grandes dimensões com varias electroválvulas, quando uma válvula é ativada, todas as outras são ativadas (quando as condições necessárias são cumpridas, as válvulas são ativadas).

O PLC comunica com uma cloud online por MQTT, que é um protocolo que utiliza o paradigma publish/subscribe (pub/sub) para a troca de mensagens. O paradigma pub/sub implementa um middleware denominado de broker. Sendo o broker responsável por receber, e disparar as mensagens recebidas dos publishers para os subscribers. O publisher é responsável por se ligar ao broker e publicar as mensagens. Já o subscriber é responsável por se ligar ao broker e receber as mensagens que ele tiver interesse.

4 Diagrama de Controlo

Desenhámos um fluxograma de controlo, assim é possível observar como foi implementado o algoritmo de controlo. Este tipo de diagrama é importante, caso futuramente queiramos alterar alguma da lógica de controlo, ou se por ventura alguém externo ao projeto queira perceber melhor a nossa implementação, por exemplo uma auditoria ou uma avaliação.

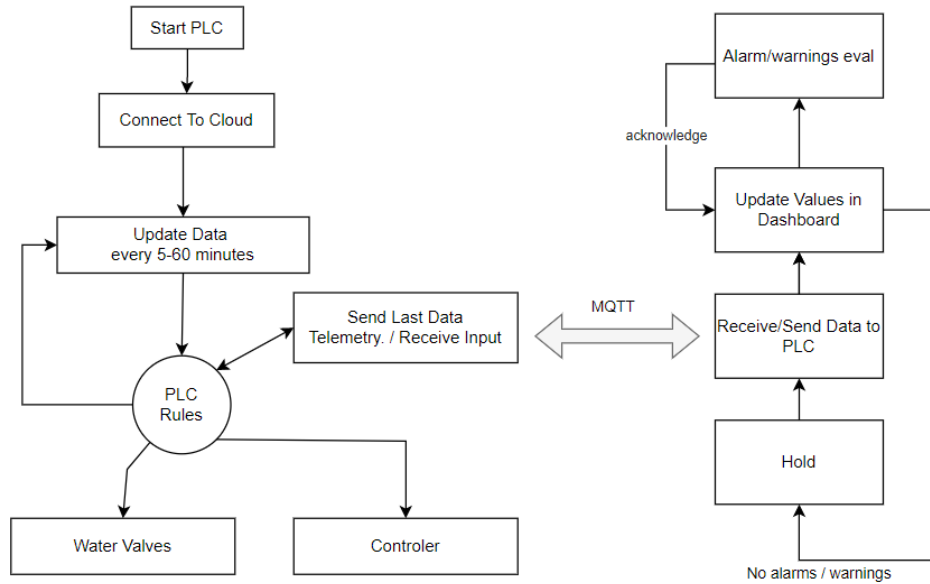


Figura 10: Diagrama de Controlo

Inicialmente um operador do sistema tem de definir limiares e limites de controlo, após estes valores serem validados é feita a ligação entre o sistema de aquisição e controlo a uma *Cloud* (Dashbaord), em seguida os dados são atualizados a um ritmo definido pelo utilizador entre 5 e 60 minutos. Os dados são avaliado pelo PLC e pelas regras definidas pelo utilizador (Figura de baixo). Os dados são enviados para uma *Cloud* com uma frequência também definida pelo utilizador, aqui os dados quando são recebidos atualizam os *widgets*, e são disparados alarmes e avisos. Estes alarmes Têm que ser reconhecidos pelo utilizador e são disparados consoante o seu nível de severidade. Após a atualização do *Dashboard*, espera-se por novos valores e assim sucessivamente.

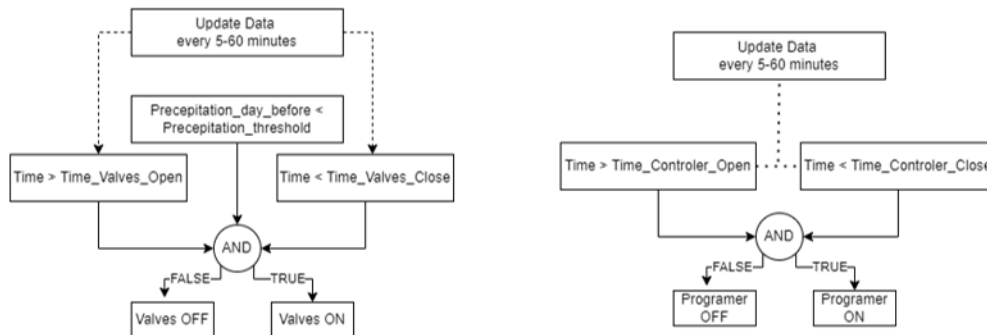


Figura 11: Diagrama de lógica do PLC

5 Implementação de Outros Sensores

Para possíveis estudos de saúde urbana, e monitorização de poluição, o nosso grupo propõe a implementação de um sensor de CO_2 e de pressão atmosférica. AERASGARD® KLQ-CO2

Visto que dados destes sensores são importantes para repensar políticas urbanas, como de transportes e estudos de ciências da vida.



Figura 12: AERASGARD® KLQ-CO2

Este sensor é fácil de implementar no nosso sistema de aquisição de dados visto que comunica com protocolo Modbus-RTU, apenas se têm que instalar em paralelo com os outros sensores que comunicam com o mesmo protocolo.

6 Dashboard

Os dados simulados são de dias de Verão e para apenas o jardim F (escolhemos este jardim, por ser um dos jardins mais complexos, e outros jardins serão feitos de maneira semelhante). **Importante:** Neste código cada 0,5 segundos corresponde a 5 minutos na vida real.

Com o auxílio da ferramenta ThingsBoard Demo foi criado o seguinte Dashboard. Foram consideradas algumas técnicas de design de Dashboard [3], práticas recomendadas de design que devem ser seguidas para exibir dados da melhor maneira, facilitando a análise e a ação, sendo sempre bem visíveis alarmes e avisos.

No Dashboard podemos encontrar toda a informação de uma maneira bastante intuitiva. Encontrando os valores instantâneos e cumulativos diários de algumas variáveis de especial interesse (consumo de água, energia e o rácio de energia produzida e consumida), ou o desenvolvimento temporal de outras variáveis de interesse (Temperatura, consumo e produção de energia elétrica).

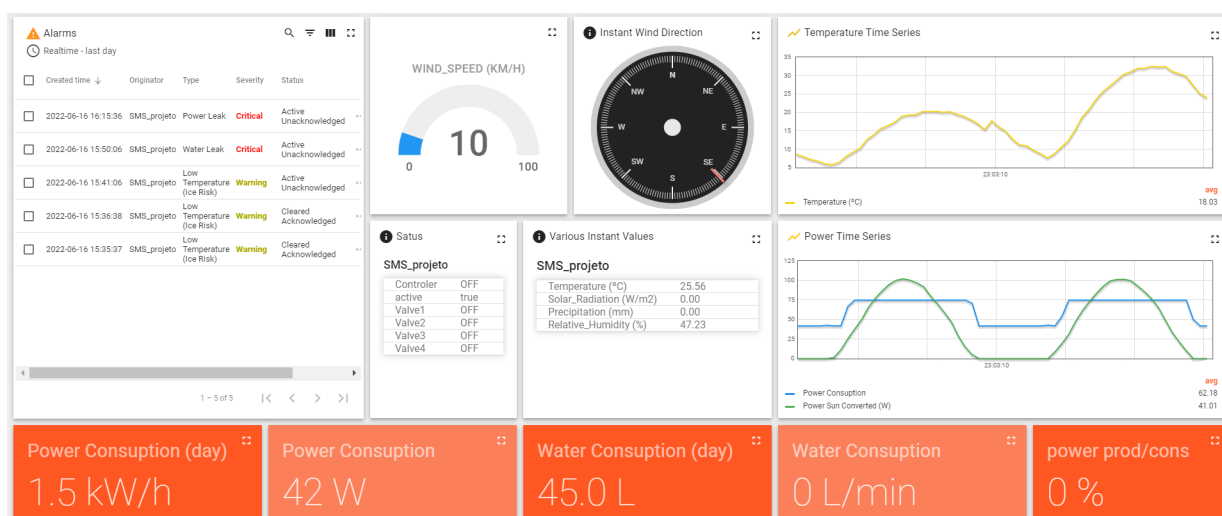


Figura 13: Dashboard Geral - Avisos, series temporais, valores instantâneos e estado de atuadores.

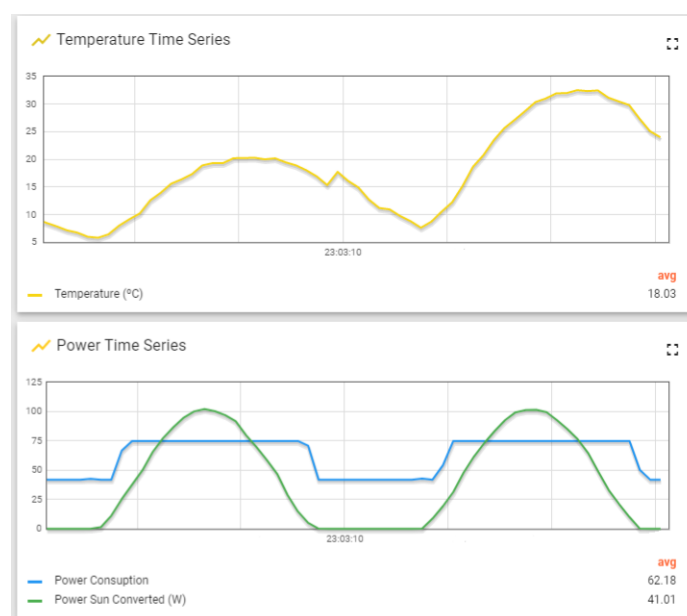


Figura 14: Séries temporais.

Pela imagem acima podemos perceber que a energia produzida varia ao longo do dia, esta energia é convertida pelos painéis solares. A energia consumida ao longo do dia também é diferente ao longo deste, é possível observar que a partir das 08:00 o consumo de energia aumenta devido à bomba de água do repuxo ser ativada, também é possível observar um pequeno pico de energia as 06:00 que corresponde à ativação das válvulas de água (Inrush/Holding).

De forma a determinar os gastos elétricos e de caudal foram feitas considerações baseadas nas datasheets de cada componente. Para o consumo de energia elétrica consideramos os seguintes valores para os diferentes componentes:

Componente	Potência (W)
Válvulas (cada uma)	5,52
PLC	40,4
Fonte de água	33
Inversor	FP=0.8
Estação meteorológica	1,2
Contador de Energia	0,4
Router	10

NOTA- O Inversor reduz a potência produzida pelo painel em 20%, é algo importante a ter em conta. Para o valor de potência do router consideramos um valor típico visto que não encontramos valores específicos na sua datasheet.

Para o consumo de água, como as válvulas são reguláveis em relação ao seu caudal, podemo ter um débito entre 0,01 e 1,39l/s, considerámos que estas funcionavam com um caudal de 0,75l/min cada uma. Em relação à fonte consideramos que esta não gasta água, a água bombeada fica na fonte para ser bombeada novamente.

Tendo em conta as nossas necessidades elétricas podemos fazer os seguintes cálculos para propor o tamanho do painel fotovoltaico ideal a integrar o nosso projeto. Ao longo de uma dia normal os gastos elétricos totais ao fim de um dia são de cerca de 1,6 kWh, podemos converter este valor em W :

$$P_{(W)} = 1000 \times E_{(kWh)} / t_{(hr)} = 1000 \times \frac{1,6}{24} = 66,7 W \quad (1)$$

Se considerarmos que num dia temos 8h de sol com uma irradiância média de 600 W/m², e que o nosso painel tem uma eficiência de cerca de 20% (valor típico para um painel fotovoltaico) podemos fazer uma estimativa da área necessária para o nosso painel cobrir as nossas necessidades elétricas:

$$600 W \times \frac{20\%}{100} \times A = 66,7 W \Rightarrow A = \frac{66,7}{200 \times 0,2} \Rightarrow A = 0,55 m^2 \quad (2)$$

Para o nosso projeto escolhemos um painel solar com uma área de 0,65 m² ao invés dos 0,55 m² calculados de forma a garantir a produção de energia mesmo em dias de inverno ou dias mais nublados em que a radiação solar é menor que a prevista.

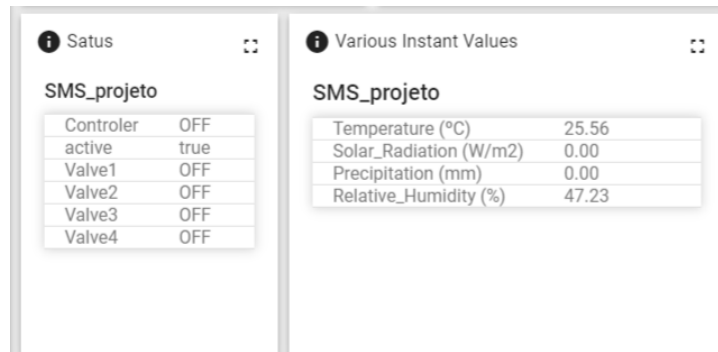


Figura 15: Estado lógico de sensores e atuadores, informação de valores instantâneos

NOTA - Para se poder ter acesso ao nosso projeto no ThingsBoard Demo foi usada a seguinte credencial de acesso em que permitimos o livre acesso:

User	smsprojeto2021.22@gmail.com
Password	SMSprojeto2022

Para o programa funcionar como esperado, é de interesse que o utilizador insira os seguintes dados (Figura(14)) no *GUI* quando corre o código *python*. Estes parâmetros vão de encontro os requisitos do professor e aos limiares definidos na secção seguinte.

No valor de *Refresh Rate* é indicado que insira um valor em minutos entre 5 e 60 minutos, sendo números múltiplos de 5.

Figura 16: Janela de User interface para inserir os dados.

Os alarmes e avisos disparados que se podem observar no na Figura 12. apenas são disparados pois alteramos os dados para este efeito.

Embora os alarmes e avisos estejam definidos no *Thingsboard*, estes não são disparados quando se corre a nossa simulação. a nossa simulação segue dados reais de dias de verão da cidade de Coimbra, pelo que os alarmes de vento, temperatura não atingem valores críticos. também não é possível simular fugas de energia ou de agua do jardim, pelo que os alarmes que apresentamos estejam implementados mas não sejam ativados quando se corre a simulação. Os alarmes e avisos implementados podem ser vistos na aba *Device profiles* com o nome *SMS*.

7 Atuadores considerações

Embora o utilizador possa inserir os horários em que os atuadores ligam Figura 15. O nosso grupo propõe os seguintes horários.

O controlador sendo apenas um elemento que controla um elemento decorativo do jardim(Figura 1. (b)), seria do nosso interesse que não estivesse ligado 24h por dia mas sim apenas quando. Deste modo, o repuxo está ligado das 08 : 00h ate as 23 : 00h.

Os sistema de rega são activados de madrugada (06 : 00h - 06 : 15h período de verão) , tendo em conta boas práticas de sustentabilidade ambiental em jardinagem. Sempre que no dia anterior

tenha existido uma precipitação superior a 30mm o sistema de rega não é ativado durante as horas estipuladas.

"A melhor hora para regar as plantas ao ar livre é pela manhã. Isso dá às suas plantas um bom armazenamento hídrico para enfrentar o calor do dia. Idealmente, deve regar as plantas no início da manhã, enquanto as temperaturas ainda estão baixas. Isso significa que menos água evaporará ao amanhecer, e as plantas usarão a maior parte da água distribuída.

Algumas pessoas preferem regar no final da tarde ou no início da noite. Mas regar à tarde pode significar que as plantas ainda estão molhadas quando a noite cai. Os espaços verdes que permanecem molhados por um período significativo de tempo são um terreno fértil para contraírem doenças fúngicas e parasíticas."

8 Alarmes, Avisos e Limiares

É de especial interesse que num sistema de supervisão e aquisição de dados sejam definidos alarmes e avisos sobre a visibilidade alargada da integridade do sistema, ajudar a entender as tendências de uso e a entender o impacto das alterações feitas. Se as métricas adquiridas estiverem fora dos intervalos esperados, ultrapassarem superiormente ou inferiormente um dado limiar, o sistema pode disparar notificações para solicitar que um operador se desloque ao jardim, ou que fique consciente (avisos) de um possível problema no sistema, e as suas causas.[5;6]

Como dito anteriormente a nossa simulação segue dados reais de dias de verão da cidade de Coimbra, pelo que os alarmes de vento, temperatura não atingem valores críticos.

Como boa prática de design e gestão de alarmes não se deve implementar todos os alarmes definidos no mesmo nível de prioridade porque nem todas as situações de alarme são igualmente importantes e porque ter muitos alarmes de alta prioridade torna mais provável que os operadores os ignorem. Para determinar a prioridade adequada para cada alarme, deve-se ter em conta dois fatores:

1. Quão graves serão as consequências se nenhuma ação for tomada
2. Quanto tempo há disponível para o operador responder com sucesso para evitar essas consequências.

Sendo que estamos perante um jardim, apenas com sistemas de rega, e não perante um sistema de monitorização industrial, escolhemos não definir alarmes e avisos em excesso e apenas os que consideramos mais relevantes.

Podemos definir os seguintes **Alarmes e Avisos**:

8.1 Avisos

O principal objetivo de alertas é chamar a atenção humana para o status atual do sistema

- Quando a temperatura estiver abaixo de 0 °C dispare um aviso no Dashboard em que chama a atenção para a presença de gelo na superfície do parque.

- Sempre que se verifique uma precipitação total diária superior a 60mm um aviso é acionado no Dashboard de forma a avisar a possibilidade de existir estragos e inundações em um dos parques.

- Quando a velocidade do vento ultrapassa os 60 km/h é acionado um aviso pois podem existir estragos.

8.2 Alarme

Este tipo de alarmes será ativado caso seja preciso tomar algum tipo de ação para resolver o problema crítico, que requira uma rápida intervenção/observador de uma pessoa responsável pelo parque.

- Um alarme é ativado quando há um consumo anormal de água, ou seja quando o consumo total diário ultrapassa um valor (no nosso caso 55 l/dia). Isto pode significar que há uma fuga de água ou alguém pode estar a "desviar" água do parque para outros fins.

- É também ativado um alarme se o consumo de energia total diário for superior a um limiar, no nosso caso superior a 2.5 kWh . Um consumo superior a este limiar pode significar algum furto de energia elétrica.

- Por último é definido um alarme se a velocidade do vento ultrapassar os 80 km/h pois pode ter acontecido algum tipo de dano material crítico em um dos jardins.

9 Custos

Para a implementação do nosso projeto o nosso grupo estima que seja necessário um valor estimado em 3000€ , para o sistema de monitorização de apenas um jardim (F). Além dos elementos escolhidos para este projeto, consideramos um valor adicional de 1500€ , em material diverso como por exemplo cabos de ligação, ou material de suporte para os sensores.

elemento	PLC	Inversor	Estação Meteorológica	Contador de energia	Router	Outros
Preço (€)	400-600	900-1000	400-600	30-60	80-120	1000

NOTA: O custo estimado, é apenas para um dos jardins (Jardim F), pelo que os custos estimados para outros jardins com menores especificações seja de um valor mais baixo. Não são considerados custos de mão de obra, nem de manutenção.

10 Performance

Indicadores de performance são usualmente rácios e os seus valores apresentados em percentagem.

Para o exemplo do nosso projeto, um jardim, é difícil definir bons indicadores de performance sem recorrer à comparação com outros jardins. Um exemplo de um indicador é a percentagem o total de energia gasta pelo jardim que é produzida pelo painel solar, assim conseguimos ter noção da autos sustentabilidade do nosso jardim.

$$r = \frac{E_{produzida}}{E_{consumida}}$$

Poderíamos ter feito uma simulação de diferentes jardins com parâmetros e aspetos diferentes do nosso de forma a comparar a performance com estes e perceber qual a forma mais eficiente de implementar um certo aspecto. Poderíamos simular um jardim igual mas sem a capacidade de não regar quando no dia anterior chove, e comparar a percentagem de água poupada durante um ano com o nosso método. Também seria de esperar que um jardim sem monitorização necessitasse de mais

manutenção, visto que não pode alertar um operador sobre a sua situação, poderíamos simular um jardim sem manutenção e a percentagem de custos salva com os nossos alarmes.

11 Conclusão

O objetivo do trabalho foi concluído com êxito, tendo sido possível implementar uma simulação de um sistema integrado de monitorização e supervisão de sistemas de rega para jardins e áreas verdes de um município.

Se assim o tempo nos permitisse implementaríamos no Dashboard outros sensores pertinentes para a aquisição de dados ambientais, como o nosso sensor adicional proposto (sensor de concentração de CO_2 [secção 5.]). Adicionalmente, de forma a termos indicadores de performance adicionais poderíamos ter simulado jardins diferentes de forma a comparar com o nosso.

A realização deste trabalho contribuiu para o enriquecimento dos conhecimentos sobre sistemas SCADA, topologias de rede, protocolos de comunicação e soluções para sistemas de controlo distribuído (sensores e controladores, por exemplo). O percurso de investigação desenvolvido permitiu, ainda, aplicar na prática, conhecimentos teóricos relativos à projeção e conceção de sistemas de controlo distribuído e de soluções comerciais.

Referências

- [1] Boas práticas em jardins municipais.
- [2] Thingsboard documentation
- [3] Dashboard design principles and best practices
- [4] <https://homeguides.sfgate.com/should-water-plants-middle-day-71223.html>
- [5] Smart alarms principles.
- [6] Monitorização e alertas
- [7] Professor's notes SMS 2021/22