

## Manutenção Inteligente em Cenário de Indústria 4.0

### 1 Produto

A empresa 4dotZERO tem Áreas de Produção (arPRO) que executam processos em que são usadas máquinas com capacidade de reporte de dados úteis para detecção de avarias ou manutenção dessas máquinas<sup>1</sup>.

O 4MNU é um produto interno da 4dotZERO para garantir a manutenção reativa ou preditiva dessas máquinas, que usa a aplicação appMNG para intermediação das interações de coordenação entre máquinas, funcionários e outros serviços, e gestão dos dados relacionados.

### 2 Funcionários

Considerando a sua relevância para o 4MNU, a 4dotZero tem a seguinte estrutura orgânica e funcionários:

- Um Departamento de Recursos Humanos (DRH), dirigido pelo Diretor Financeiro da 4dotZERO (CFO);
- Um Departamento Técnico (DTC), que tem um Diretor Técnico (CTO);
- Um Departamento de Produção (DPR), que tem um Diretor de Produção (CPO) e tem gestores de produção (gePRO) responsáveis, cada um, por uma ou mais arPRO.

O DTC tem uma unidade de gestão (ugTEC), uma unidade de análise (uaTEC), e unidade de intervenção (uiTEC).

Há funcionários técnicos, contratados pelo DRH após seleção conjunta pelo CTO, CRO e CFO desempenhando funções numa das unidades do DTC, sendo isso na uiTEC feito em equipas de intervenção (eINT).

### 3 Máquinas

Cada máquina tem uma unidade de energia (U\_PWR), uma ou mais unidades funcionais (U\_FUN) e uma unidade de controlo (U\_CTR), comunicando todas entre si por de um barramento de dados (B\_DATA).

A U\_CTR tem um módulo para comunicação com o exterior (M\_COM), que usa tecnologia “Internet Protocol” (IP) sobre 5G, tem um módulo de geolocalização Galileu<sup>2</sup> (M\_GEO), e tem uma aplicação de controlo (appCTR).

A appCTR envia à appMNG dados que recebe das outras unidades e a localização geográfica da máquina.

A U\_PWR tem uma ou mais baterias elétricas recarregáveis, todas do mesmo tipo, e um módulo M\_BMS<sup>3</sup> que gere, por um barramento de energia (B\_PWR), o fornecimento de energia a todas as outras unidades, e gere o carregamento das baterias em pontos de carregamento.

Cada tipo de unidade ou bateria tem um único fornecedor, podendo o mesmo tipo existir em várias máquinas, ou uma máquina ter várias U\_FUN do mesmo tipo.

### 4 Informação

Para cada nova máquina a ugTEC regista na appMNG:

- O fornecedor de cada tipo de unidade;
- O fornecedor do tipo de baterias;
- O fornecedor da appCTR;
- Se a máquina será para uso por apenas uma arPRO de cada vez ou se poderá ter uso simultâneo várias arPRO;

O fornecedor de cada tipo de unidade atualiza na appMNG:

- O serviço “twin”<sup>4</sup> (TWIN) que oferece;
- O ficheiro definindo o esquema de dados reportados pela unidade, em formato XSD<sup>5</sup> ou JSON Schema<sup>6</sup>.

O fornecedor de cada tipo de bateria atualiza na appMNG:

- O nível de carga mínima que, se atingido, significa que a U\_PWR pode estar em risco de avaria;
- O nível de carga mínima, inferior ao anterior e que, se atingido, significa avaria da U\_PWR.

O fornecedor de cada appCTR atualiza na appMNG:

- O ficheiro executável mais recente da appCTR;
- O tipo e versão do sistema operativo de que a appCTR depende, selecionando-o de uma lista já existente na appMNG, a qual atualiza no momento se necessário.

A ugTEC atualiza na appMNG, para cada máquina:

- Os períodos em que irá ficar indisponível para uso;
- O momento em que será dada como obsoleta.

A ugTEC mantém atualizada na appMNG uma lista de localização dos pontos de carregamento das baterias.

A appMNG informa todas as máquinas e todos os TWIN sempre que a lista dos pontos de carregamento é alterada.

### 5 Eventos

A appMNG envia, a cada serviço TWIN, os dados das unidades do seu tipo assim que os recebe, que responde ou confirmando a recepção dos dados ou com um aviso.

A appMNG repete o envio desses dados enquanto o TWIN não responder dentro de um intervalo de tempo, para esse fim registado pelo fornecedor quando registou esse TWIN.

A appMNG gera, em consequência do que é informada ou do que conclui da análise disso, os seguintes tipos de eventos de início de execução do processo de manutenção:

- uaTEC regista nova versão de appCTR;
- appCTR informa que foi desligada manualmente;
- TWIN avisa de avaria identificada;
- TWIN avisa de avaria inferida;
- TWIN avisa de impossibilidade de se atingir um ponto de carregamento das baterias por distância excedida;
- Avaria inferida porque não está a decorrer instalação da appCTR e a mesma não reportou nada dentro de intervalo de tempo para tal definido pelo fornecedor.

<sup>1</sup> <https://www.uesystems.com/the-4-basic-maintenance-modes>

<sup>2</sup> <https://www.euspa.europa.eu/european-space/galileo/What-Galileo>

<sup>3</sup> [https://en.wikipedia.org/wiki/Battery\\_management\\_system](https://en.wikipedia.org/wiki/Battery_management_system)

<sup>4</sup> [https://en.wikipedia.org/wiki/Digital\\_twin](https://en.wikipedia.org/wiki/Digital_twin)

<sup>5</sup> <https://www.w3.org/TR/xmlschema11-1>

<sup>6</sup> <https://json-schema.org>

## 6 Manutenção

No início de cada execução do processo de manutenção, a uaTEC faz um relatório de análise (relANL) e decide se prossegue ou se faz um relatório de fecho (relEND) e a execução termina.

Se a execução prossegue, a ugTEC faz um plano de intervenção (plnINT) que é executado por uma eINT.

A eINT desliga a máquina manualmente no início da intervenção, e liga-a no fim se a intervenção tem sucesso.

A appCTR informa a appMNG quando uma máquina é desligada manualmente ou quando é ligada manualmente.

Até terminar, a eINT vai registando num relatório de intervenção (relINT) ações que faz durante a mesma, o que a uaTEC analisa quando a intervenção for dada por terminada.

Se o relINT reporta sucesso, a uaTEC faz um relatório de fecho e a execução do processo termina.

Se o relINT reporta insucesso, a uaTEC decide se:

- A ugTEC faz um novo plnINT e a execução do processo prossegue segundo esse novo plano;
- Ou se faz um relEND e a execução do processo termina, caso em que decide também se a appMNG volta a gerar o mesmo evento e se inicia nova execução do processo.

Se a ugTEC faz um plnINT para uma máquina que tem uma intervenção a decorrer, essa intervenção é cancelada, a eINT faz um relINT, a uaTEC faz um relEND, e a execução do processo em que esse plnINT se enquadra termina.

Se a ugTEC faz um plnINT para uma máquina que tem uma intervenção planeada, a uaTEC faz um relEND, e a execução do processo em que esse plnINT se enquadra termina.

Se a eINT não termina a intervenção até às 17:00, essa intervenção é interrompida e retomada no dia seguinte às 09:00, exceto nos casos seguintes, em que a intervenção continua até terminar ou ser cancelada:

- Máquina estava a ser usada por arPRO quando o evento de início da primeira execução do processo foi gerado;
- Máquina tem uso por asPRO previsto para as 24h seguintes.

A ugTEC pode em qualquer momento analisar o relINT enquanto a intervenção decorrer, e decidir se há motivo para a mesma ser terminada e reportado insucesso.

Cada gePRO reserva na appMNG cada intervalo de tempo em que uma arPRO sua irá utilizar uma máquina, sendo informado pela appMNG se há algum evento de início de uma execução do processo de manutenção que ocorra durante esse uso ou 24h antes do início do uso.

## 7 Intervenções

Quando um plnINT fica pronto para ser executado, a appMNG coloca-o numa lista de espera para atribuir à próxima eINT que ficar disponível.

Quando uma uiTEC fica disponível, a appMNG seleciona um plnINT da lista de espera, dando primeiro prioridade aos das máquinas nesse momento em uso por alguma arPRO e depois aos das máquinas com uso previsto nas próximas 24h, e aplicando depois esta ordem de prioridades:

- 1 - Impossibilidade de carregar as baterias;
- 2 - Avaria identificada na U\_CTR ou na U\_PWR
- 3 - Avaria identificada nalguma U\_FUN;
- 4 - Avaria inferida;
- 5 - Qualquer outro caso.

Cada plnINT inclui ações sobre uma ou mais unidades.

A atribuição a uma eINT de um plnINT que consista apenas na instalação de uma nova versão da appCTR só é feita se nesse momento a máquina não estiver em uso por alguma arPRO, nem isso esteja previsto para as próximas 24h.

A instalação da appCTR pela eINT consiste em gravar num módulo de memória persistente o respetivo ficheiro na appMNG, e depois substituir esse módulo na U\_PWR.

Enquanto decorre uma execução do processo de manutenção para uma máquina, ela não pode ser reservada por algum gePRO.

## 8 Tecnologia

Todos os relatórios relativos à execução de um processo de manutenção são editados ou consultados diretamente na appMNG.

A appMNG tem uma interface em tecnologia HTML para todos os utilizadores, executa num servidor aplicacional JBoss<sup>7</sup> e tem uma base de dados em tecnologia MySQL<sup>8</sup>, ambos instalados num ambiente com capacidade de HPC<sup>9</sup>.

Uma aplicação appBCK, executando num servidor dedicado, faz com uma periodicidade predefinida o “backup” dos dados da appMNG para esse servidor.

A comunicação entre a appMNG e as máquinas é intermediada pela aplicação de “message queue”<sup>10</sup> appQUE, que executa num hardware de alta disponibilidade.

A comunicação entre a appMNG e os TWIN é feita por um protocolo prtTWIN, com mensagens estruturadas que, para acesso aos dados na appMNG, transportam identificadores SFTP<sup>11</sup> URL que são resolvidos por um “SFT server handler”<sup>12</sup> em tecnologia DataPower Gateway<sup>13</sup>.

(fim do UoD)

<sup>7</sup> <https://www.jboss.org>

<sup>8</sup> <https://www.mysql.com>

<sup>9</sup> <https://en.wikipedia.org/wiki/Supercomputer>

<sup>10</sup> [https://en.wikipedia.org/wiki/Message\\_queue](https://en.wikipedia.org/wiki/Message_queue)

<sup>11</sup> <https://datatracker.ietf.org/doc/html/draft-ietf-secsh-filexfer-13>

<sup>12</sup> <https://www.ibm.com/docs/en/datapower-gateways/10.0.x?topic=configuration-sftp-server-handlers>

<sup>13</sup> <https://www.ibm.com/products/datapower-gateway>