



Mestrado em Gestão de Sistemas e Tecnologias de
Informação

Nelson Duarte Berto dos Santos

Aluno N° 201528278

Indústria 4.0

Aplicação da Internet das Coisas na Área Industrial

Estudo de Caso no Grupo Tecnofita

Orientador

Professor Doutor José Braga de Vasconcelos

Barcarena, julho de 2017



Barcarena

Julho 2017

Universidade Atlântica

Mestrado em Gestão de Sistemas e Tecnologias de Informação

Indústria 4.0

Aplicação da Internet das Coisas na Área Industrial

Estudo de Caso no Grupo Tecnofita

Elaborado por:

Nelson Santos

N. 201528278

Orientador:

Professor Doutor José Braga de Vasconcelos

O autor é o único responsável por as ideias expressas nesta dissertação

Esta página foi deixada em branco propositadamente!

Pensamento

“Alguns homens vêem as coisas como são, e dizem ‘Porquê?’

Eu sonho com as coisas que nunca foram e digo ‘Porque não?’”

(George Bernard Shaw)

Agradecimentos

As minhas primeiras palavras de agradecimento têm de ir, para a minha mulher, Cátia Santos, pois forneceu-me sempre o seu apoio na realização deste trabalho e projeto de vida.

Agradeço também ao meu pai, minha mãe e meus avós que contribuíram com as bases da minha educação permitindo o crescimento da minha formação pessoal e profissional.

Agradeço há equipa do grupo Tecnofita pela disponibilização das suas máquinas, pelo seu tempo e também aos seus colaboradores pelos testes efetuados.

Quero também agradecer a todo o corpo docente, sem exceção, mas com especial ênfase ao Professor Doutor José Braga de Vasconcelos, pelo apoio e direcionamento, que fez com que este trabalho fosse concluído dentro do prazo.

E por fim quero agradecer aos fantásticos amigos e colegas que trabalharam comigo em vários projetos, Rui Dias, Nuno Artilheiro e Nelson Rosado.

Resumo

Na era da globalização qualquer empresa industrial, que queira ser competitiva e estar bem posicionada no mercado global, necessita obrigatoriamente de ter uma monitorização real e eficaz, esta geralmente é desenhada à medida para conseguir superar a concorrência. Tal monitorização era, até aos dias de hoje, extremamente dispendiosa.

Nesta dissertação foi possível demonstrar que existem sistemas que permitem uma monitorização em tempo real e a baixo custo. Estas demonstrações foram realizadas através de um protótipo implementado numa fábrica, protótipo este que foi desenvolvido com o hardware Raspberry Pi 3 e um sistema de sensores GrovePi. O protótipo de software foi desenvolvido com a linguagem de programação C#. Para a monitorização em tempo real foi criada uma base de dados na plataforma Azure da Microsoft, sendo a mesma consultada através da implementação de um painel de visualização com acesso ao recurso de PowerBI.

A quarta revolução industrial (Indústria 4.0) que é impulsionada pelos avanços das tecnologias de informação, da comunicação e da automação industrial, estando estas cada vez mais presentes nas empresas, beneficia do fenómeno da Internet das Coisas (Internet of Things), que possibilita a comunicação entre produtos / máquinas / sensores e comunicam em rede uns com os outros. Para que a Indústria 4.0 se torne efetiva, requer a adoção de uma infraestrutura tecnológica formada por sistemas físicos e virtuais, com o apoio de Big Data (grande conjunto dados armazenados), Real Time Analytics (análise e processamento de dados em tempo real), robôs automatizados, simulações, produção avançada, realidade aumentada, entre outras tecnologias de informação e computação.

Com esta dissertação será demonstrada mais uma alternativa para disponibilizar a análise e visualização de dados em tempo real através de sistemas de baixo custo, para permitir às pequenas e médias empresas a aplicação da Internet das Coisas e participarem na quarta revolução industrial, designada por Industria 4.0.

Abstract

In the age of globalization, any industrial company, that wants to be competitive, and well positioned, in the global market, needs to have a real and effective monitoring, which is usually tailor-made, to overcome competition. Such monitoring was till today, extremely expensive.

In this thesis, it was possible to demonstrate that there are systems that allow real-time and low-cost monitoring. These demonstrations were carried out through a prototype implemented in a factory, the prototype that was developed with the hardware Raspberry Pi 3 plus a system of sensors GrovePi, and in terms of software an application developed with the language C#. For the real-time monitoring, a database was created on Microsoft's Azure platform, after which a preview panel, with access to the PowerBI feature, was implemented.

The fourth industrial revolution (Industry 4.0), which is driven by advances in information technology, communication and industrial automation, are increasingly present in companies, it benefits from the phenomenon of the internet of things, which enables the communication between products / machines Sensors and communicate with each other. In order for Industry 4.0 become effective, it requires the adoption of a technological infrastructure comprised of physical and virtual systems, supported by Big Data, Analytics, automated robots, simulations, Advanced production, augmented reality and the internet of things, etc.

With this thesis, will be demonstrated an alternative to provide the analysis and visualization of data in real time through low cost systems, which allow small and medium companies to initiate themselves to the internet of things and therefore to participate in the fourth industrial revolution.

Índice

Capítulo 1 - Enquadramento.....	14
1. Introdução.....	14
1.1. Questão de Investigação.....	15
1.2. Objetivos	15
1.3. O negócio do grupo Tecnofita.....	16
1.4. As normas.....	16
1.5. Estrutura do documento	17
Capítulo 2 - Conceitos	18
2. Termos técnicos e conceitos.....	18
2.1. Internet das coisas (IOT Internet of Things).....	18
2.2. Arquitetura da internet das coisas	20
2.3. Automação industrial	20
2.4. Benefícios da automação.....	21
2.5. Esquema de interação Homem/Máquina nos sistemas de automação industrial	22
2.6. Projetos de I.O.T. e automação industrial (I.I.O.T – Industrial Internet Of Things)	24
2.7. Big Data	25
2.8. Indústria 4.0.....	26
2.9. Produtividade	28
2.10. Produção e gestão de operações	28
Capítulo 3 – Estado de arte.....	30

3.	Revisão de literatura.....	30
3.1.	Sistemas existentes.....	30
3.2.	C.L.P. (Controlador Lógico Programável).....	30
3.3.	CAP (Controlador de Automação Programável)	33
3.4.	CLP VS CAP.....	33
3.5.	Determinando as vantagens e desvantagens dos utilizadores	34
3.6.	Microcontroladores, Microprocessadores, (SOC) Sistema em um chip	36
Capítulo 4 – Metodologia.....		37
4.	Implementação	37
4.1.	Requisitos.....	37
4.2.	Arquitetura hardware	37
4.3.	Arquitetura Software	40
4.4.	Modelo do processo do software.....	41
4.5.	Metodologia	41
4.6.	Metodologia de interpretação.....	42
4.7.	Sistema de desenvolvimento	42
4.8.	Desenvolvimento para a nuvem	42
4.9.	Aplicação do protótipo de baixo custo nas máquinas da fabrica Tecnofita.....	43
Capítulo 5 – Protótipo e resultados		44
5.	Protótipo.....	44
5.1.	Aplicação como tarefa de fundo	45
5.2.	Microsoft Azure, plataformas/serviços utilizados.....	45

5.3. Hub Eventos	46
5.4. Stream Analytics	47
5.5. Web App Service	50
5.6. IOT Hub	52
5.7. Power BI.....	56
5.8. Custos.....	57
5.9. Resultados Principais	58
5.10. Resultados secundários	59
5.11. Avaliação do Grupo Tecnofita.....	60
Capítulo 6 – Conclusões e trabalho futuro	61
6. Conclusão	61
6.1. Trabalho Futuro.....	63
Capítulo 7 – Bibliografia.....	64
7. Referências bibliográficas	64

Índice de Figuras

Figura 1 - Estrutura documento	17
Figura 2 - Ecosistema da internet das coisas	19
Figura 3 - Arquitetura 3 níveis I.O.T.....	20
Figura 4 - Hierarquia do Sistema de automação industrial	22
Figura 5 - Evolução na indústria	26
Figura 6 - Revoluções industriais	27
Figura 7 - Esquema do sistema de produção	28
Figura 8 - Painel típico de relés	32
Figura 9 - CLP recente com várias portas	35
Figura 10 - Arquitetura RapsberryPi GrovePi.....	37
Figura 11 - SPI (Master / Slave).....	38
Figura 12 - Protocolo SPI.....	38
Figura 13 - Barramento I2C	39
Figura 14 - Especificações Raspberry Pi 3.....	39
Figura 15 - Arquitetura software	40
Figura 16 – Metodologia prototipagem	41
Figura 17 - Grovepi + Raspberry pi	43
Figura 18 - Aplicação como tarefa de fundo	44
Figura 19 - Serviços Azure.....	45
Figura 20 - IOT HUB devices	54

Figura 21 - Power BI multidispositivos.....	56
Figura 22 - Gráfico medidor Power BI.....	56
Figura 23 - Variância tempos produção dia 1	58
Figura 24 - Esquema de rede vpn para suporte remoto	59

Capítulo 1 - Enquadramento

1. Introdução

A competitividade atual é extrema, e as pequenas e médias empresas têm de evoluir diariamente, para conseguir, no mínimo, atingir os mesmos níveis de sucesso que as grandes empresas industriais. Para que tal aconteça, é necessário evoluírem o ambiente empresarial de forma a ficarem aptas para a batalha contra a concorrência mundial.

Na era da globalização qualquer empresa industrial, que queira ser competitiva, e estar bem posicionada no mercado global, necessita obrigatoriamente de ter uma monitorização real e eficaz, geralmente desenhada à medida para conseguir superar a concorrência. Tal monitorização era, até aos dias de hoje, extremamente dispendiosa pois as máquinas teriam de ter sistemas com controladores lógicos programáveis e sensores a enviarem informação para vários servidores, com vários sistemas, com várias bases de dados e servidores com interfaces de “front-end” a disponibilizarem a informação para que os gestores conseguissem obter uma análise da sua produção. Atualmente todos estes servidores podem existir através de uma subscrição na plataforma Azure e através de monitorização real interpretada através do Microsoft Power BI, permitindo assim uma vantagem que até agora era impossível que as pequenas e médias empresas tivessem.

Esta dissertação é sobre a possibilidade das pequenas e médias empresas utilizarem a internet das coisas para possibilitar a interpretação da sua produção em tempo real. Mais concretamente será criado um protótipo que efetuará o upload dos dados das medições de um sensor, que permitirá analisar em tempo real o que está a ser produzido, tornando-se em informação valiosa e essencial. Este protótipo terá de conseguir enviar dados através da internet para a plataforma Azure na nuvem da Microsoft. Posteriormente será interligado a outra plataforma (Power BI) que permitirá a sua interpretação. Será possível criar tal sistema a um baixo custo?

A metodologia utilizada será uma pesquisa bibliográfica exhaustiva, enriquecida com os resultados de um protótipo.

Nos próximos capítulos será efetuada uma análise e demonstração das várias tecnologias que serão utilizadas, bem como a revisão do estado de arte tendo o objetivo de demonstrar que é possível ter uma monitorização em tempo real a preços reduzidos.

1.1. Questão de Investigação

Na procura do aumento e monitorização da produtividade é necessário encontrar uma monitorização das máquinas industriais e uma diminuição dos custos de manutenção, e, se possível, atingir estes objetivos com soluções de baixo custo.

- Será possível monitorizar a produção de uma ou mais máquinas através de sensores e sistemas de monitorização em tempo real e de baixo custo?
- Conseguir-se-á implementar sensores nas máquinas que permitam às empresas medir e visionar essas medições em tempo real?
- Conseguir-se-á uma análise de produtividade e um sistema de monitorização da produção através de um sistema de internet das coisas implementado nas máquinas?

1.2. Objetivos

Atualmente existe pouca documentação sobre sistemas de baixo custo que permitam uma análise em tempo real da produção fabril, será o objetivo desta dissertação elaborar um protótipo que permita documentar e revelar um novo caminho para os projetos industriais de monitorização de baixo custo, para tal o protótipo será colocado no grupo Tecnofita, onde também não existe nenhum sistema de monitorização em tempo real das suas máquinas industriais, nem nenhum sensor que permita obter dados estatísticos da produção ou medições de produtividade dos colaboradores nas respetivas máquinas.

O grupo Tecnofita assume que a análise de produção é essencial nos tempos atuais, sendo que uma boa análise permite o incremento e melhoria da produção.

Pretende-se avaliar os requisitos inerentes à instalação de um sistema que permita uma análise da produção a um custo reduzido, utilizando a internet das coisas nas máquinas industriais.

Os requisitos serão avaliados com base nas implementações de vários sensores bem como equipamentos IOT “Internet Of Things”, esses testes serão efetuados com o recurso à elaboração de um protótipo real, mas em ambiente laboratório. O estudo tem adicionalmente como objetivo a verificação de possibilidade de análise de produtividade dos colaboradores associados às várias máquinas.

Como objetivo extra será criado um sistema que fornecerá o acesso às máquinas através de um sistema de vpn entre o fornecedor e o equipamento, desta forma garantindo a diminuição dos custos de viagens dos fornecedores para reparação das máquinas.

Atualmente são poucas as aplicações que permitem aceder às máquinas industriais remotamente, e muito poucas as que conseguem automatizar alguns processos de manutenção, quer preventivamente quer reactivamente.

1.3.O negócio do grupo Tecnofita

A Tecnofita é uma empresa portuguesa fabricante e transformadora de fitas bi-adesivas e adesivas para o mercado nacional e internacional. Tem 21 anos de experiência no mercado dos adesivos, onde procura a evolução contínua mantendo a qualidade e competitividade. Desenvolvem e aconselham os clientes através duma equipa altamente especializada para que estes atinjam os melhores resultados possíveis.

O objetivo empresarial é a contínua evolução em busca dos melhores produtos a fim de proporcionar a melhor qualidade e competitividade mantendo sempre um prazo de entrega reduzido, garantindo assim, a máxima satisfação dos seus clientes.

É uma empresa certificada e todos os seus produtos são sujeitos aos mais rigorosos testes a fim de poderem garantir a máxima qualidade dos mesmos.

De forma a prestarem os melhores serviços e estarem sempre preparados para as solicitações dos seus clientes, dispõem de máquinas onde podem efetuar diversos trabalhos, tais como:

- Colocação de adesivo - em formatos grandes ou pequenos (rolos).
- Rebobinagem – Passagem de rolos em Jumbo para rolos menores
- Corte – diferentes máquinas de corte para diferentes tipos de corte
- Die-cuts – peças pré-cortadas em formatos pequenos ou grandes.

1.4.As normas

A ISO 9001 é a norma de sistemas de gestão mais utilizada mundialmente, constituindo-se como referência internacional para a Certificação de Sistemas de Gestão da Qualidade. A nova versão da norma ISO 9001 foi publicada a 15 de setembro de 2015.

A adoção de um Sistema de Gestão da Qualidade é, segundo a ISO 9001, uma decisão estratégica da Organização, ou seja, tomada ao mais alto nível de decisão para servir um propósito específico e obter resultados.

Sendo a Tecnofita uma empresa certificada ISO 9001, possuem processos de avaliação e precisam ter garantia da qualidade do material de produção/venda, normalmente utilizam a certificação como um dos critérios para aquisição. Pretendem também ter medições e resultados que permitam analisar a produção e a produtividade dos operadores / turnos, e suas máquinas.

1.5. Estrutura do documento

Este documento está organizado da seguinte forma:

- Capítulo 1 – Enquadramento da dissertação
- Capítulo 2 – Expõe os conceitos básicos sobre as tecnologias usadas neste trabalho
- Capítulo 3 – Apresenta o estado de arte.
- Capítulo 4 – Demonstra a metodologia utilizada para realizar o protótipo
- Capítulo 5 – Apresenta o protótipo assim como os testes e resultados do mesmo.
- Capítulo 6 – Apresenta as conclusões e o trabalho futuro.

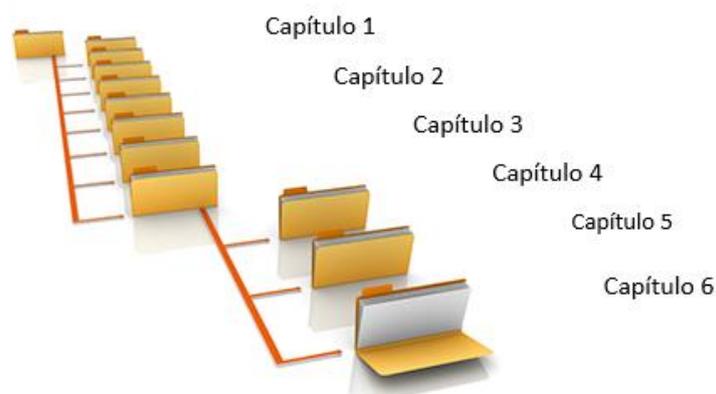


Figura 1 - Estrutura documento

Capítulo 2 - Conceitos

2. Termos técnicos e conceitos

Este capítulo apresenta uma descrição sobre os vários conceitos ou normas usadas neste trabalho. Começando pela principal, a internet das coisas, passando pela indústria seu estado e evolução e a produtividade.

2.1. Internet das coisas (IOT Internet of Things)

A Internet das coisas, ou em inglês I.O.T. - *Internet of things*, tal como descrito por (IEEE, 2014) é um conjunto de itens ligados em rede cada um incorporado com sensores, estando esses sensores conectados à Internet. De acordo com (Greenough & Camhi, 2016), está a revolucionar a indústria e suas metodologias de trabalho, é projetado que irá existir 34 mil milhões de dispositivos conectados à internet até 2020, a par dos 10 mil milhões dos dispositivos conectados já em 2015. Dispositivos IOT serão 24 mil milhões enquanto os dispositivos tradicionais de computação (ex. *Smartphones, Tablets, Smartwatches*, etc.) vão ser cerca de 10 mil milhões

- Serão gastos cerca de 6 milhão de milhões de dólares (\$6 *Trillion*) em soluções IOT nos próximos 5 anos
- As empresas vão ser as que mais vão adotar as soluções de IOT. Visualizam que podem melhorar de três maneiras 1). Diminuírem os custos operacionais; 2). Aumentarem a produtividade; 3). Evoluírem para novos mercados ou desenvolverem novas ofertas.

Existem atualmente alguns projetos desenvolvidos e alguns estudos que apontam para o crescente aumento da interligação entre as máquinas e as pessoas através da internet. Os resultados aumentam a análise de produtividade e asseguram a melhoria contínua.

Numa combinação de *Big Data*, análise, atuadores, hubs de informação, inteligência artificial, conectividade, redes, nuvem, processos de informação, otimização de processos, pessoas, objetivos inteligentes, robótica, *middleware* e novos ecossistemas de valor, a internet das coisas cria um infinito de possibilidades de inovação e otimização, tal como referenciado em (i-SCOOP, 2017).

Termos e definições básicas

Segundo (Meola, 2016) Abaixo está um glossário de alguns termos que definem a Internet das coisas:

- Internet das coisas IOT (Internet of Things): Uma rede de objetos conectados á internet capazes de colher informação e trocar dados utilizando sensores embutidos.
- Dispositivo IOT: Qualquer dispositivo conectado à internet que consiga ser monitorizado e/ou controlado através de uma localização remota
- Ecosystema IOT: Todos os componentes que possibilitem às empresas, governos, e consumidores a conexão aos seus dispositivos, incluindo painéis de bordo, redes, análises, armazenamento de dados, segurança, etc.
- Entidade: Inclui instituições, governos e consumidores
- Camada Física: Hardware que faz o dispositivo IOT, incluindo sensores e equipamento de rede
- Camada de rede: Responsável por transmitir dados coletados pela camada física para dispositivos diferenciados
- Camada aplicacional: Inclui os protocolos e interfaces que os dispositivos usam para identificar e comunicar uns com os outros
- Remoto: Capacita as entidades, que utilizam os dispositivos IOT, de conectar-se e controlar os mesmos através de painéis de bordo, ou através de aplicações móveis. Incluindo relógios inteligentes, tablets, computadores, relógios inteligentes, tv's inteligentes entre outros.

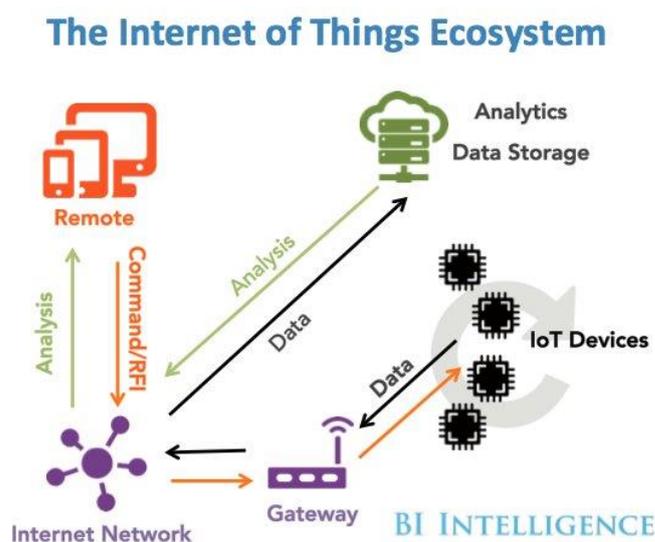


Figura 2 - Ecosystema da internet das coisas

Fonte: <http://www.businessinsider.com/iot-trends-will-shape-the-way-we-interact-2016-1>

- Painel de bordo: Disponibiliza para os utilizadores a informação acerca do ecossistema de IOT, possibilita ainda o controlo desse ecossistema, geralmente fornecido remotamente.
- Análise: Sistema de software que analisa os dados gerados pelos dispositivos IOT. A análise pode ser utilizada para vários cenários tais como manutenção preventiva.
- Armazenamento: Onde são guardados os dados gerados pelos dispositivos IOT.
- Rede: A camada de comunicação, que através da rede de internet possibilita que as entidades comuniquem com os seus dispositivos e, que em alguns casos, possibilita a comunicação entre dispositivos.

2.2.Arquitetura da internet das coisas

Está a ser atualmente definida pela (IEEE) o standard da arquitetura internet das coisas, e está a ser projetada com os níveis exibidos acima na Figura 3 - Arquitetura 3 níveis I.O.T.

Tal como mencionado por (Minerva, Biru, & Rotondi, 2015), no seu relatório “*Towards a definition of the Internet of Things (IoT)*” e publicado pela IEEE, o âmbito do projeto P2413 é definir uma estrutura de arquitetura que descreva os vários domínios da Internet das coisas e as relações entre esses vários domínios.



Figura 3 - Arquitetura 3 níveis I.O.T.

2.3.Automação industrial

A automação vem das palavras gregas “Auto” e “Matos” que significava movimento próprio. (Electrical Technology, 2015).

Automação é definida como a criação e aplicação de tecnologia para monitorizar e controlar a produção bem como a disponibilização de produtos ou serviços, (International Society of Automation)

A automação industrial pode ser definida como o uso ou a criação de tecnologias e mecanismos de controlo automatizados, que resultam em operações e monitorização de processos com pouca ou nenhuma interação humana, conseguindo assim uma melhor performance que o controlo manual na industria. (Electrical Technology, 2015)

2.4. Benefícios da automação

A automação providência benefícios a quase toda a industria, atravessa todas as funções dentro da indústria desde a instalação, integração e manutenção até o design, fornecimento e gestão, alcança por vezes as funções de marketing e de vendas das indústrias.

A automação envolve uma gama muito ampla de tecnologias, incluindo robótica e sistemas especialistas, telemetria e comunicações, eletro-óptica, segurança cibernética, medição e controlo de processos, sensores, aplicações sem fio, integração de sistemas, medição de testes e muitos, muitos mais. (International Society of Automation):

- **Aumento de produtividade**

Automação das fábricas ou, da fabricação, ou dos processos, melhora a taxa de produção através de um melhor controlo da produção. Ajuda a efetuar a produção em massa reduzindo drasticamente o tempo de montagem por produto com uma maior qualidade de produção. Portanto, para uma determinada entrada de trabalho, é produzida uma grande quantidade de produção.

- **Diminuir custos de produção**

A integração de vários processos na industria com máquinas automatizadas, minimiza tempos de ciclo e esforço e, portanto, a necessidade de trabalho humano é reduzida. Assim, o investimento em trabalho manual é diminuído com a automatização

- **Melhoria da qualidade**

Uma vez que a automação reduz o envolvimento humano, a possibilidade de erros humanos também é eliminada. A homogeneidade e a qualidade do produto podem ser mantidas com a automação, controlando e monitorizando os processos industriais em todas as fases desde o início do produto.

- **Manutenções**

A automação reduz completamente a necessidade de verificação manual dos vários parâmetros dos processos. Ao aproveitar as tecnologias de automação, os processos industriais ajustam-se automaticamente às variáveis do processo.

- **Segurança**

A automação industrial aumenta o nível de segurança do pessoal substituindo-o por máquinas automáticas em condições de trabalho perigosas. Tradicionalmente, robôs industriais e dispositivos robóticos são implementados em locais arriscados e perigosos.

2.5. Esquema de interação Homem/Máquina nos sistemas de automação industrial

Os sistemas de automação industrial podem ter uma natureza muito complexa, tendo um grande número de dispositivos trabalhando em sincronia com as tecnologias de automação. A figura abaixo descreve a disposição hierárquica do sistema de automação que consiste em diferentes níveis hierárquicos. (Electrical Technology, 2015)

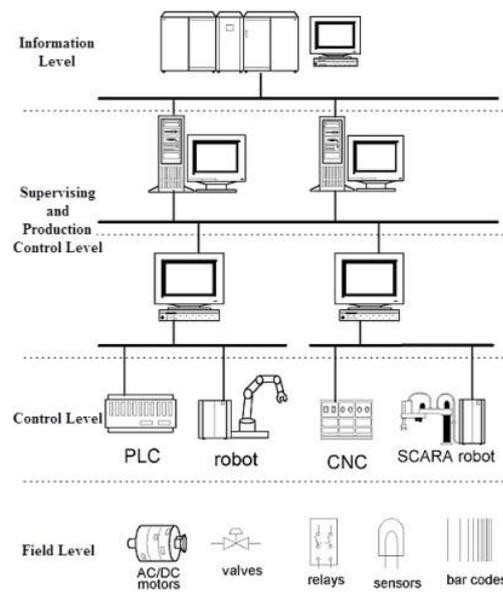


Figura 4 - Hierarquia do Sistema de automação industrial
 Fonte: <http://www.electricaltechnology.org/2015/09/what-is-industrial-automation.html>

- ***Field Level***

No nível mais básico da hierarquia de automação são incluídos dispositivos tipo sensores e atuadores. A tarefa principal destes dispositivos é transferir os dados de processos e máquinas para o próximo nível mais alto para análise e monitorização.

Os sensores convertem os parâmetros em tempo real como temperatura, pressão, fluxo, nível, etc. em sinais elétricos. Estes dados de sensor são ainda transferidos para o controlador de forma a monitorizar e analisar os parâmetros de tempo real. Alguns dos sensores incluem termómetros, sensores de proximidade, RTDs, medidores de fluxo, etc.

Por outro lado, os atuadores convertem os sinais elétricos (dos controladores) em meios mecânicos para controlar os processos. Válvulas de controle de fluxo, válvulas solenóides, atuadores pneumáticos, relés, motores DC e servo motores são exemplos de atuadores.

- ***Control Level***

Este nível consiste em vários dispositivos de automação como máquinas CNC, PLCs, ou sistemas de computação arduino, raspberry pi, etc., que adquirem os parâmetros do processo de vários sensores. Os controladores automáticos dirigem os atuadores com base nos sinais de sensor processados e na técnica de programação ou controlo desenvolvidos.

- ***Supervising and Production Control Level***

Neste nível, os dispositivos automáticos e o sistema de monitorização facilitam as funções de controle e intervenção, como a Interface Homem Máquina (IHM), supervisionando vários parâmetros, definindo metas de produção, arquivando eventos, definindo o início e o desligar das máquinas, etc. Existem vários sistemas de Controle de Distribuição (DCS) ou Sistemas de supervisão e aquisição de dados (SCADA) IHM's que são amplamente utilizados neste nível.

- ***Information or Enterprise Level***

Este é o nível superior da automação industrial que efetua a gestão de todo o sistema de automação. As tarefas deste nível incluem o planeamento da produção, análise de

clientes e de mercado, pedidos e vendas, etc. Assim, trata mais com atividades comerciais e menos com aspetos técnicos.

As redes de comunicação industrial são mais proeminentes em sistemas de automação industrial que transferem as informações de um nível para o outro. Portanto, estas estão presentes em todos os níveis do sistema de automação para fornecer um fluxo contínuo de informações. Estas redes de comunicação podem ser diferentes de um nível para o outro. Algumas destas redes incluem RS485, CAN, DeviceNet, Foundation Field bus, etc.

Da hierarquia acima podemos concluir que há um fluxo contínuo de informações do nível mais alto para o nível mais baixo e vice-versa. Se assumirmos esta forma gráfica, é como uma pirâmide na qual, à medida que subimos, a informação é agregada e, ao descer, obtemos informações detalhadas sobre o processo.

(Electrical Technology, 2015)

2.6. Projetos de I.O.T. e automação industrial (I.I.O.T – Industrial Internet Of Things)

Tal como indicado por, (Venturelli, 2015), os projetos de automação industrial sempre existiram, desde os pequenos sistemas de automação por relés, os primeiros Sistemas Digitais de Controle Distribuído (SDCD), do final da década de 60 implementados em Indústrias químicas, e atualmente nos mais diversos e complexos sistemas.

(Bai, 2016) na sua revisão ao livro da Internet das Coisas (Greengard, 2015) disse que as integrações das máquinas com sensores, com sistemas de rede e com sistemas de análise de dados, iam dar origem ao nascimento dos sistemas de automação industrial (I.I.O.T), e efetivamente podemos rever atualidade nessas palavras.

A empresa (ABB, 2017), informa que nas últimas décadas a automação industrial evoluiu sendo impulsionada pela “*Big Data*”, graças à inovação tecnológica e aos avanços da Internet das Coisas, dos serviços e das pessoas.

2.7. Big Data

O termo *Big Data*, ou em português “mega volume dados”, apareceu, de acordo com o repórter da revista Forbes (Press, 2014), no artigo da NASA (Cox & Ellsworth, 1997) descrevendo um problema com a interpretação gráfica com os dados muito grandes.

Transcrevendo, (Sciutto), “*Big Data é um componente crítico ..., mas o gerenciamento desses dados é um dos principais desafios.*”

Os Investigadores da Universidade de Berkeley, (Lyman & Varian, 2003), estimaram que o mundo havia produzido 1.5 bilhões de gigabytes de informação em 1999 e que em 2003, nesse estudo, encontraram que o montante tinha triplicado nesses 3 anos. Tal como tinha sido previsto pelo analista da Gartner, (Laney, 2001), que informou que os 3 maiores desafios para a gestão dos dados seriam os 3 V’s – Volume, Variedade e Velocidade:

- **Volume** - Quantidade de informações armazenada
- **Variedade** - Os dados têm todo o tipo de formatos
- **Velocidade** - Os dados fluem muito rapidamente e devem ser tratados eficazmente

Tal como mencionado por, (Sharma, 2016), Diretora da Germany Trade and Invest (Câmara do comércio e investimento do Governo Federal Alemão), o universo digital deve crescer para perto de 44 Zeta bytes no ano 2020, sendo que a maioria desses dados não vão ser produzidos pelas pessoas, mas sim pelas máquinas enquanto comunicam entre elas. Atualmente só é analisada uma fração dos dados gerados, pois as bases de dados atuais não suportam tamanha complexidade e tamanho. Surgem novas tendências e análises que permitem a criação de dados inteligentes e de onde nascem novos produtos e serviços. A “*big data*” permite decisões eficazes e o aperfeiçoamento dos processos de negócios.

Na Indústria 4.0 a “*big data*” é falada como os 6 c’s:

1. Conexão (sensores e redes)
2. Cloud, em português nuvem (computação como Serviço)
3. Cyber (modelo e memória)
4. Conteúdo / Contexto (significado e correlação)
5. Comunidade (partilha e colaboração)
6. Customização (diferenciação e valor)

No mundo da INDÚSTRIA 4.0, os grandes dados são processados utilizando ferramentas avançadas de análise de forma a gerar informações de gestão de produção significativas.

2.8. Indústria 4.0

“*Industry 4.0*” descrita por, (Hans-Petter Halvorsen, 2017), é a nova palavra de ordem para a combinação da indústria e a internet das coisas. Não é uma nova tecnologia, nem uma nova área de negócio, é de facto uma nova aproximação para atingir resultados que não eram possíveis há dez anos atrás, e que agora são possibilitados graças aos avanços tecnológicos da última década. Poderá ser indicada como a quarta revolução industrial.

- A Primeira revolução industrial usou a água e o vapor para mecanizar a produção
- A Segunda revolução industrial usou a energia elétrica para criar produções em massa
- A Terceira revolução industrial utilizou a eletrônica e a tecnologia informática para automatizar a produção
- A Quarta revolução industrial está a crescer sob os alicerces da terceira revolução, a revolução digital está a ocorrer desde meados do último século, e está caracterizada pela fusão de tecnologias que vão desenhando as suas linhas entre o mundo físico, digital e biológico.

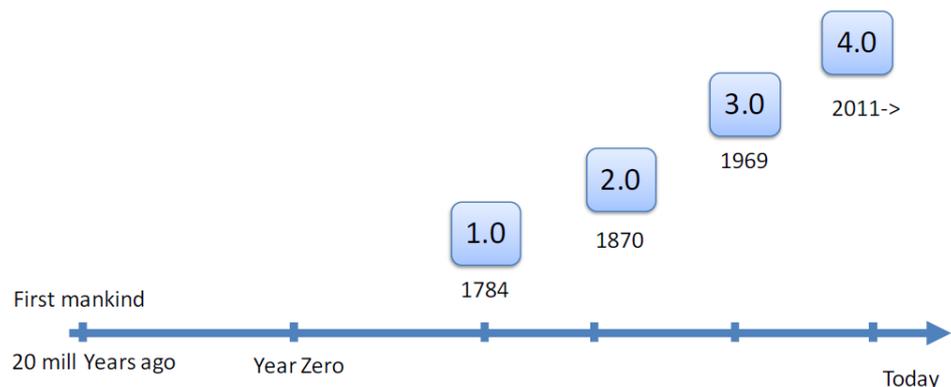


Figura 5 - Evolução na indústria

Fonte: <https://www.foreignaffairs.com/articles/2015-12-12/fourth-industrial-revolution>

Segundo, (Davies, Industry 4.0 Digitalisation for productivity and growth, 2015) do serviço de investigação do comité europeu, o termo “Industry 4.0” foi usado pela primeira vez em 2011 na Alemanha, depois em outubro de 2012, um grupo de Trabalho sobre o tema apresentou um conjunto de recomendações à comissão Federal Alemã sobre a implementação da Indústria 4.0. Neste documento estratégico de alta tecnologia foi delineado um plano para automatizar, na totalidade, a produção de uma fábrica sem qualquer envolvimento humano.

De acordo com (Austlid , Hoff, & Hatteland, 2015) a Indústria 4.0 não é apenas acerca da era digital e a melhoria de processos, é também sobre o desenvolvimento de novas formas de trabalho, novos negócios. É uma revolução impulsionada pela internet, onde a digitalização irá atingir todo o tipo de indústrias e será a base para o futuro da competitividade. A adoção de algoritmos, robots e a aplicação da análise “*Big Data*” irá nos próximos dez anos alterar não só a indústria bem como todo o desenvolvimento social.

Estamos à beira de uma revolução tecnológica que irá alterar a maneira como vivemos, trabalhamos e relacionamos uns com os outros.

“We stand on the brink of a technological revolution that will fundamentally alter the way we live, work, and relate to one another.” (Schwab, 2015)

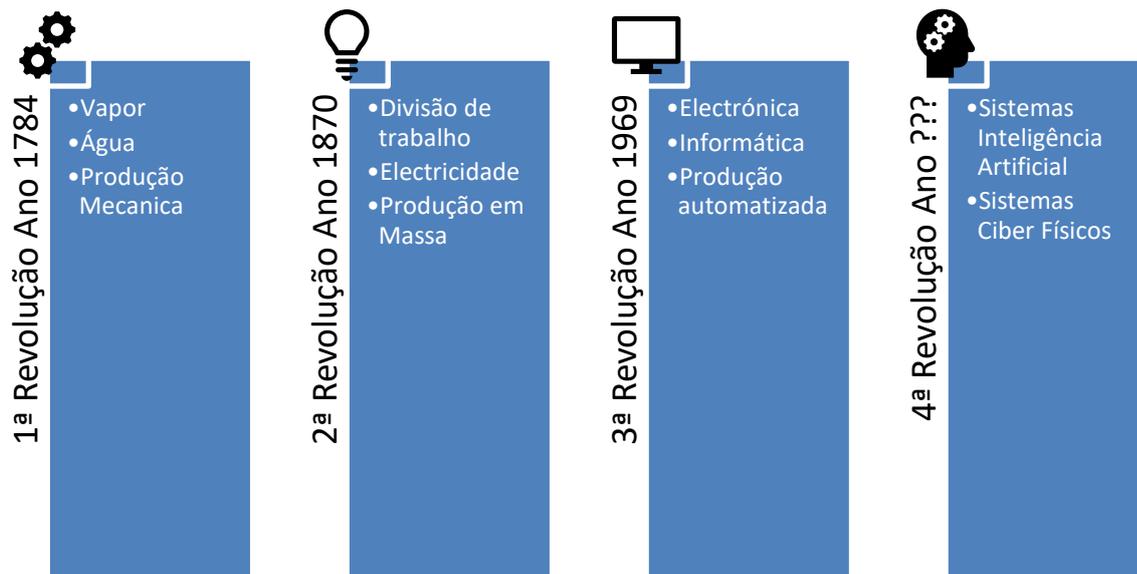


Figura 6 - Revoluções industriais

2.9. Produtividade

No briefing de (Davies, Industry 4.0 Digitalisation for productivity and growth, 2015) do parlamento europeu, foi indicado que a produtividade irá ser beneficiada com os vários efeitos da indústria 4.0. É descrito que ao usar a análise avançada nos programas de manutenção preditiva, as empresas de produção podem evitar falhas da máquina na fábrica, reduzir o tempo de inatividade em cerca de 50% e aumentar a produção em 20%.

O aumento da produtividade dos trabalhadores é um dos primeiros benefícios das fábricas que implementam sistemas de automação I.O.T., no entanto tal como referenciado no relatório (World Economic Forum, 2015), terão de existir algumas medidas para que os trabalhadores se especializem, pois, algumas profissões poderão deixar de existir devido a esta implementação.

2.10. Produção e gestão de operações

De acordo com, (Kumar & Suresh, 2008), a gestão da produção e das operações é o processo que combina e transforma os diversos recursos utilizados no subsistema empresarial "produção / operações", em valor acrescentado de produtos e/ou serviços, de

forma controlada e de acordo com as políticas da organização. Portanto, é parte de uma organização, que se preocupa com a transformação de uma série de entradas (Produtos / serviços) com o nível de qualidade exigido.

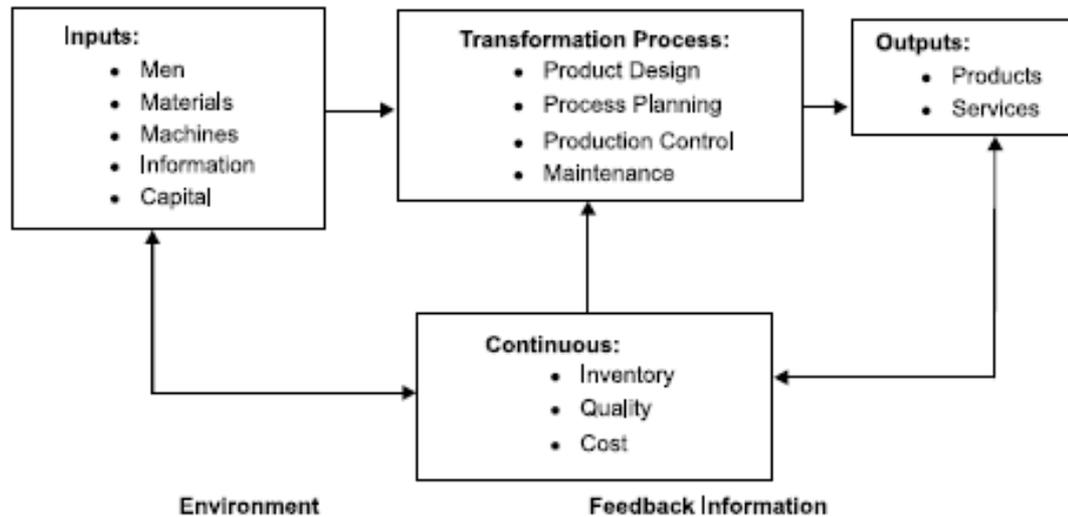


Figura 7 - Esquema do sistema de produção
 Fonte: (Kumar & Suresh, 2008)

O conjunto de atividades de gestão inter-relacionadas, que estão envolvidas na criação de certos produtos, é chamada de gestão de produção. Se o mesmo conceito for estendido à gestão de serviços, então o correspondente conjunto de atividades de gestão é chamado de gestão de operações.

Capítulo 3 – Estado de arte

O Estado de arte é indicativo, pois tratando-se de um caso de estudo para um objetivo específico, será desenvolvido um protótipo baseado no hardware existente no mercado que servirá para apoiar uma aplicação criada de raiz e serão analisados os sistemas atuais ajudando a concluir se são ou não de baixo custo.

3. Revisão de literatura

3.1. Sistemas existentes

3.2. C.L.P. (Controlador Lógico Programável)

Os sistemas industriais, PLCs (*programmable logic controller*), ou em português os CLPs Controladores Lógicos Programáveis, são usados para mais do que apenas controlar, eles permitem monitorizar e reportar o estado dos sistemas e dos seus componentes, mas o seu custo torna-o pouco acessível e o desenho geralmente é específico para determinada função com pouca possibilidade de alteração ou com alterações possíveis mas dispendiosas devido ao conhecimento do técnico especialista nesse desenvolvimento.

De acordo com (Venson, 2017), o primeiro CLP surgiu na indústria automobilística, até então as utilizações potenciais dos relés eletromagnéticos eram para controlar operações sequenciadas e repetitivas numa linha de montagem. Este equipamento foi batizado nos Estados Unidos como PLC (Programmable Logic Control), e este termo é registrado pela Allen Bradley (fabricante de PLCs).

Em (Parede & Lemes, 2011), pode ler-se que “*O primeiro CLP foi criado em 1968 por Dick Morley, funcionário da empresa Bedford Associates. Ele foi desenvolvido com o objetivo de substituir os armários empregados para controlar operações sequenciais e repetitivas na linha de montagem da indústria automobilística General Motors...*” Pode ler-se ainda que “*...segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), CLP é um equipamento eletrônico digital com hardware e software compatíveis com aplicações industriais*”. Já para a National Electrical Manufacturers Association (NEMA), trata-se de um “*aparelho eletrônico digital que utiliza uma memória programável para o armazenamento interno de instruções para implementações específicas, tais como lógica, sequenciamento, temporização, contagem e aritmética, para controlar através de módulos de entrada e saída vários tipos de máquinas e processos*”.

Referencia também que com o surgimento dos circuitos integrados, foi possível viabilizar e difundir a utilização do CLP em grande escala, melhorando o poder de processamento e diminuindo

o tamanho dos equipamentos. Esse avanço está atrelado, em grande parte, ao desenvolvimento tecnológico dos computadores, até mesmo em sua arquitetura de hardware e software. O uso de microprocessadores e microcontroladores de última geração e o de arquitetura híbrida, aliada às novas técnicas de processamento paralelo e às redes de comunicação, contribuíram para o sucesso desse equipamento industrial.

Há pouco tempo o CLP possuía arquitetura proprietária, na qual cada fabricante produzia o próprio modelo e desenvolvia os softwares de programação e simulação exclusivos para seus equipamentos, ou seja, não existia portabilidade. Com a adoção da norma IEC 61131-3, ocorreu a padronização da linguagem de programação e a solução para softwares e aplicativos foi alcançada.

Atualmente, os CLPs possuem funções específicas de controle e canais de comunicação que permitem interligá-los entre si e a computadores em rede, formando um sistema integrado. Enquanto se estudavam as propostas de padronização do fieldbus (barramento de campo), as redes wireless suplantaram essa tecnologia e se incorporaram aos CLPs como opção de coleta de sinais de chão de fábrica. Dessa maneira, eliminaram-se os condutores usados para interligá-los, propiciando troca de informações e distribuição de dados por todo o processo.

As vantagens da utilização do CLP em aplicações industriais são inúmeras e cada dia surgem novas, que resultam em maior economia, superando o custo do equipamento. Essa evolução oferece grande número de benefícios, por exemplo:

- Maior produtividade.
- Otimização de espaço nas fábricas.
- Melhoria na qualidade do produto final.
- Alto MTBF (tempo médio entre falhas).
- Baixo MTTR (tempo de máquina parada).
- Maior segurança para os operadores.
- Menor consumo de energia.
- Redução de refugos.
- Reutilização do cabeamento.
- Maior confiabilidade.
- Fácil manutenção.
- Projeto de sistema mais rápido.
- Maior flexibilidade, satisfazendo maior número de aplicações

Com o objetivo de resolver esses problemas, a General Motors solicitou o desenvolvimento e a produção de um equipamento com as seguintes características:

- Ser facilmente programável e ter sua sequência de operação prontamente mudada, de preferência na própria planta.
- Possuir manutenção e reparo facilitados usando uma montagem de módulos encaixáveis (tipo plug-in).
- Funcionar em ambientes industriais com mais confiabilidade que um painel de relés.
- Ser fisicamente menor que um painel de relés para minimizar o custo de ocupação do chão de fábrica.
- Produzir dados para um sistema central de coleta de informações.
- Ser competitivo quanto ao custo em relação a painéis de relés em uso na época.



Figura 8 - Painel típico de relés

O primeiro CLP projetado previa duas placas: a placa fonte e a placa processadora controlada por software. Um protótipo construído com essa arquitetura mostrou-se muito lento, exigindo o acréscimo de mais uma placa, chamada Logic Solver, que tinha como finalidade implementar em hardware as funções mais usadas pelo software, acelerando, assim, o processamento.

Em 1969, a Bedford Associates apresentou para a General Motors um equipamento que atendia a suas necessidades, além de funcionar em operações distintas e ser de fácil programação. Esse equipamento era o MODICON (modular digital controller).

O MODICON 084 foi o primeiro CLP comercial com essas tecnologias. Tal modelo proporcionou diversos benefícios à indústria, entre eles:

- Grande economia nas mudanças de funções, por ser facilmente programável.
- Aumento na vida útil do controlador, por utilizar componentes eletrônicos.
- Menor custo de manutenção preventiva e corretiva, por ser intercambiável.
- Diminuição dos espaços físicos ocupados nas áreas produtivas, pois as suas dimensões eram reduzidas. “

3.3.CAP (Controlador de Automação Programável)

Os CAPs são relativamente novos no mercado de automação, usando o termo cunhado pela empresa de pesquisa de mercado ARC Advisory Group em 2001. Desde então, não houve um acordo específico sobre o que diferencia um CAP de um CLP. Alguns acham que o termo CAP é simplesmente uma gíria de marketing para descrever CLPs altamente avançados, enquanto outros acreditam que há uma distinção definitiva entre um CLP e um CAP. Em qualquer caso, definir exatamente o que constitui um CAP não é tão importante em relação ao entender os tipos de aplicabilidade para os quais cada um é mais adequado.

3.4.CLP VS CAP

Enquanto os CLPs (controladores lógicos programáveis) existem há mais de 40 anos, os avanços recentes aumentaram consideravelmente as suas capacidades, tornando a linha entre um CLP e um controlador de automação programável (CAP). Que diferenças permanecem entre essas duas categorias? Existe uma diferença de desempenho entre CLPs e CAPs que os utilizadores devem ter em mente ao escolher a melhor solução para uma aplicação específica?

Segundo, (Payne, 2013), os CLPs foram criados no final dos anos 60 para substituir os sistemas baseados em relés. Conceitualmente, eles eram semelhantes e utilizavam lógica Ladder que provém do fato que a disposição dos contatos e bobinas é realizada, de maneira geral, na vertical, que lembra o formato de uma escada. A cada lógica de controle se dá o nome de rung (degrau), composta por linhas e colunas. Os CLPs iniciais requeriam terminais proprietários dedicados para programação, memória muito limitada e falta de Entradas / Saídas remotas.

Na década de 1980, o software baseado em PC foi introduzido para a programação de CLPs, que se tornaram mais rápidos e tinham adicionado mais recursos com o passar dos anos. Desde

então, muitas tecnologias novas foram aplicadas aos CLPs, expandindo extremamente suas potencialidades em uma base quase contínua.

1. Arquitetura com maior abertura
2. Desenho modelar
3. Mais entradas e saídas (i/o)
4. Melhor capacidade de controlo dos processos
5. Desenhado para uma maior integração com sql e outras bases de dados
6. Possibilita aos utilizadores a definição de tipos de dados
7. Maior capacidade de entradas e saídas
8. Mais portas de comunicação embutidas
9. Registo de eventos USB
10. Programação via porta USB

3.5.Determinando as vantagens e desvantagens dos utilizadores

A maioria dos fornecedores possui uma ampla gama de CLPs e CAPs, o que pode dificultar a escolha do produto certo para uma determinada aplicação.

Normalmente, os CLPs foram mais adequados para o controle da máquina, tanto simples como de alta velocidade. As características comuns destes CLPs são análises simples da execução do programa, memória limitada, e um foco em E / S discreto com controle de ligar / desligar.

Por outro lado, um CAP é voltado para arquiteturas complexas de sistemas de automação, compostas por várias aplicações de software baseadas em PC, incluindo funções IHM (interface homem-máquina), gestão de ativos, eventos, controle avançado de processos (APC) e outros. Um CAP é geralmente mais indicado para aplicações com requisitos de controle de processo extenso, como os CAPs são mais capazes de lidar com E / S analógicas e funções de controle relacionadas. Um CAP tende a proporcionar maior flexibilidade na programação, maior capacidade de memória, melhor interoperabilidade e mais recursos e funções em geral.

Como resultado de ter uma arquitetura baseada em lógica ladder e um foco no controle discreto *on-off*, expandir um CLP além de suas capacidades originais - como a adição de amplas capacidades de controle analógico - muitas vezes se revelou difícil. Nos CLPs mais antigos ou mais baixos, placas de hardware separadas precisavam ser adicionadas e programadas para realizar

funções fora do foco principal do CLP. Essas funções incluíam, mas não estavam limitadas a múltiplos componentes em rede, controle de processos, e manipulação sofisticada de dados.

Para atender a procura por mais funcionalidades dos CLPs, os fabricantes adicionaram recursos e recursos. Por exemplo, os CLPs mais antigos só podiam acomodar um número relativamente pequeno de ciclos (*loops*) *PID*, tipicamente cerca de 16, enquanto os novos CLPs podem lidar com milhares desses ciclos. Os CLPs mais recentes, geralmente, possuem múltiplas portas de comunicação e aumentam significativamente a memória em comparação com modelos mais antigos (Figura abaixo).

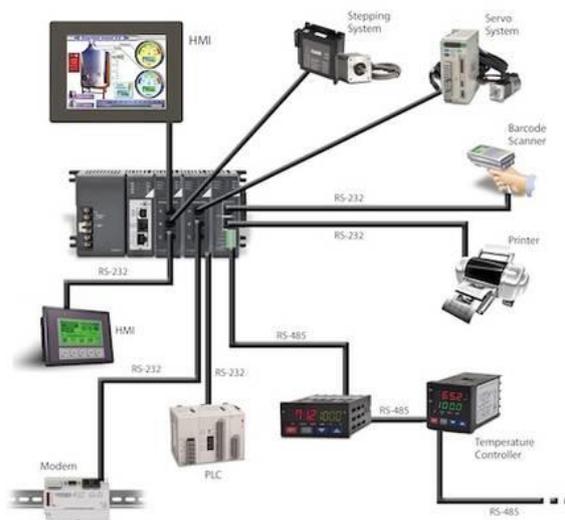


Figura 9 - CLP recente com várias portas
Fonte: <http://www.controleng.com/single-article/plc-vs-pac/44448cf771be09bff7115c621633bd94.html>

Na figura acima verifica-se que por outro lado, os CAPs oferecem uma arquitetura mais aberta e um design modular para facilitar a comunicação e a interoperabilidade com outros dispositivos, redes e sistemas empresariais. Eles podem ser facilmente utilizados para comunicação, monitorização e controle em várias redes e dispositivos, porque empregam protocolos padrão e tecnologias de rede como Ethernet, OPC e SQL.

Os CAPs também oferecem uma única plataforma que opera em vários domínios, como movimento, discreto e controle de processos. Além disso, o design modular de um CAP simplifica a expansão do sistema e facilita a adição e remoção de sensores e outros dispositivos, muitas vezes eliminando a necessidade de desconectar os fios. O seu design modular torna fácil adicionar,

monitorizar e controlar eficazmente milhares de pontos de E / S, uma tarefa além do alcance da maioria dos CLPs.

Outro diferenciador importante entre um CLP e um CAP é a programação baseada em tags oferecida por um CAP. Com um CAP, uma única base de dados de nome tag pode ser usada para desenvolvimento, com um pacote de software capaz de programar vários modelos. As tags ou nomes descritivos podem ser atribuídos a funções antes de vincular a endereços de E / S ou de memória específicos. Isso torna a programação de CAP altamente flexível, com escalabilidade fácil para sistemas de maior envergadura.

No final das contas ambos são de custo elevado e geralmente a decisão de implementação quer de um quer de outro exige uma análise cuidada.

3.6. Microcontroladores, Microprocessadores, (SOC) Sistema em um chip

Tal como referenciado por, (Palmiere, 2016), o microcontrolador é um circuito integrado programável que contém todos os componentes de um computador (CPU, memória, portas de entrada e saída, etc). A sua aplicabilidade vai desde um simples controle remoto a máquinas mais complexas como exemplo máquinas pneumáticas e hidráulicas, máquinas dispensadoras de produtos, motores, temporizadores, sistemas automotivos, sistemas de controle, telefonia e medicina entre outros. Um microcontrolador é diferente de um microprocessador. Enquanto os primeiros são sistemas completos, geralmente desenhados para aplicações embutidas e um propósito específico, o microprocessador é um circuito integrado com a função de CPU, com o objetivo de ser utilizado por várias aplicações e que para operar adequadamente deverá estar inserido em um sistema maior que incorpore um sistema de entrada e saída de dados, vias de comunicação e memória externa. Um (SOC), System on a chip, ou em português sistema em um chip, consiste em um chip de silício que contém um ou mais núcleos de processadores - microprocessadores (MPUs) e/ou microcontroladores (MCUs) e/ou processadores digitais de sinais (DSPs) - bem como memória, aceleradores de funções por hardware, funções de periféricos, (Prado, 2014). Um minicomputador que possibilita a execução de sistemas operativos que executam aplicações.

Capítulo 4 – Metodologia

Este capítulo tem o objetivo de analisar as características dos vários métodos utilizados no protótipo.

4. Implementação

4.1.Requisitos

Hardware

Raspberry Pi 3 + GrovePi

Sensores e atuadores (botões, led's, sensores de som, infravermelhos)

Software

Visual Studio (IDE) + Subscrição Microsoft (Action pack, ou outra)

Windows 10 IOT CORE

Nuvem

Azure + PowerBI

4.2.Arquitetura hardware

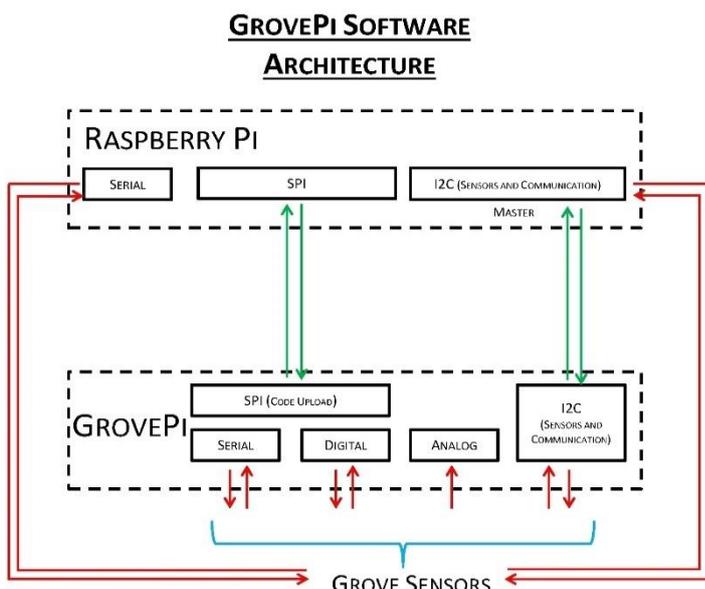


Figura 10 - Arquitetura RaspberryPi GrovePi
Fonte: (Dexter Industries, 2017)

Na arquitetura do protótipo temos o **RaspberryPi 3** ligado com o **GrovePi** que segundo a, (Dexter Industries, 2017), tem a arquitetura exibida na figura à esquerda.

Interligado através de dois protocolos:

- SPI – Serial Peripheral Interface
- I2C – Inter-Integrated Circuitdo protocolo

Tal como indicado por, (Mendonça, 2017), atualmente Professor Auxiliar no Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores (DEEC) da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP)

“Uma das novidades destes dois protocolos ... é serem síncronos, ou seja, um dos sinais envolvidos é um sinal de relógio. Desta forma é possível usar transferências mais rápidas. Por exemplo no protocolo SPI podem-se usar *baudrates* de 1000000bit/s ou mesmo mais.

Estes protocolos usam uma estratégia *master-slave*, onde o microcontrolador toma o papel de master, que ao gerar o sinal de relógio comanda a troca de dados com os outros dispositivos (os *slaves*).

No protocolo SPI (*Serial Peripheral Interface*), quer o *master* quer o *slave* possuem internamente um registo de deslocamento que serão ligados entre si por duas linhas de dados:

- *MOSI* – *Master Output Slave Input*

- *MISO* – *Master Input Slave Output*

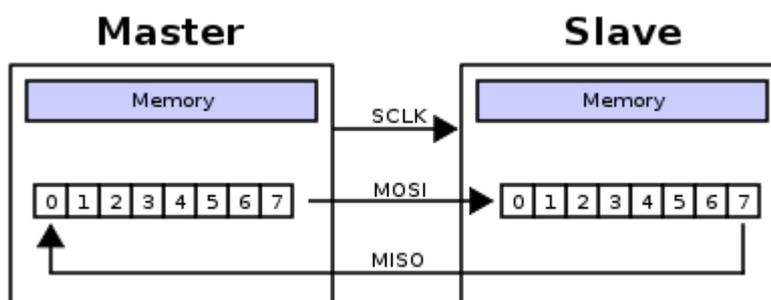


Figura 11 - SPI (Master / Slave)

Fonte: <https://paginas.fe.up.pt/~hsm/docencia/comp/spi-e-i2c/>

Os bits são deslocados ao ritmo do sinal de relógio (SCLK) gerado pelo *master*.

Para se poder ligar diferentes *slaves*, o master controla o valor presente em determinadas linhas de seleção (designadas na figura seguinte por SSx). O *slave* que tiver a sua linha ativa, saberá que os dados na linha MOSI são para si, e/ou que pode gerar dados na linha MISO. Deste modo não há qualquer conflito ao nível das linhas MISO pois só uma estará ativa (as restantes estarão em “alta impedância”).

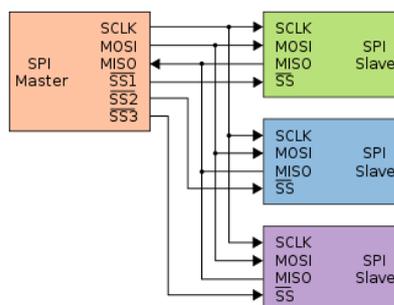


Figura 12 - Protocolo SPI

Fonte: <https://paginas.fe.up.pt/~hsm/docencia/comp/spi-e-i2c/>

O protocolo I2C (*Inter-Integrated Circuit*) é implementado apenas com duas linhas:

- SDA – *Serial Data*
- SCL – *Serial Clock*

A existência duma só linha de dados impede, que tal como ocorre no protocolo SPI, a comunicação seja *full-duplex*, ou seja, que se possa realizar em simultâneo o envio e a receção de dados.

Como a figura seguinte mostra, todos os dispositivos ficam “pendurados” nesse barramento. Não existem quaisquer linhas de seleção pelo que o mecanismo de escolha de qual o dispositivo *slave* com que o master pretende comunicar. Isso é feito na forma dum endereçamento por software, i.e. cada *slave* terá um endereço de 7 bits a ser usado quando do estabelecimento da comunicação.”

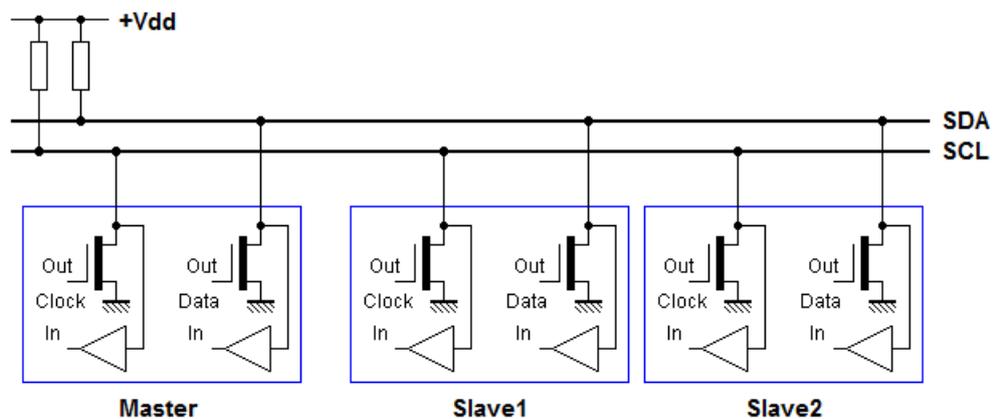


Figura 13 - Barramento I2C

Fonte: <https://paginas.fe.up.pt/~hsm/docencia/comp/spi-e-i2c/>

O **Raspberry Pi 3** tem as seguintes especificações

- SoC: Broadcom BCM2837
- CPU: 4× ARM Cortex-A53, 1.2GHz
- GPU: Broadcom VideoCore IV
- RAM: 1GB LPDDR2 (900 MHz)
- Networking: 10/100 Ethernet, 2.4GHz 802.11n wireless
- Bluetooth: Bluetooth 4.1 Classic, Bluetooth Low Energy
- Storage: microSD
- GPIO: 40-pin header, populated
- Ports: HDMI, 3.5mm analogue audio-video jack, 4× USB 2.0, Ethernet, Camera Serial Interface (CSI), Display Serial Interface (DSI)

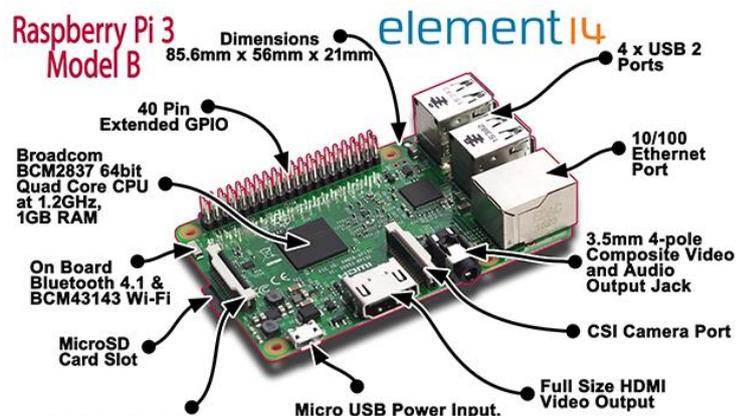


Figura 14 - Especificações Raspberry Pi 3

Fonte: <https://www.element14.com/community/docs/DOC-80899/1/raspberry-pi-3-model-b-technical-specifications>

4.3.Arquitetura Software

Windows IOT CORE

De acordo com, (Microsoft Corporation, 2017),o Windows 10 IoT Core traz o poder do Windows para o dispositivo IOT e facilita a integração de experiências com os dispositivos, como interfaces de utilizador naturais, pesquisa, armazenamento on-line e serviços baseados em nuvem.

Foi desenvolvida uma aplicação universal Windows e programada em linguagem c# sendo executada no sistema Windows IOT Core como aplicação de tarefa de fundo.



Figura 15 - Arquitetura software

Fonte: http://radacad.com/wp-content/uploads/2016/09/2016-09-12_14h47_57.png

4.4. Modelo do processo do software

Tendo em conta as tecnologias escolhidas para desenvolver este projeto, e dado que os requisitos iniciais não são totalmente conhecidos, pois existem várias opções em aberto, foi optado por um modelo de processo de *software* evolucionário com prototipagem, tal como descrito no livro Swebok da, (IEEE Computer Society, 2004) , a prototipagem é geralmente utilizada para validar a interpretação da engenharia de software sobre os requisitos do software, e também para elucidar sobre novos requisitos.

Assim, cada teste, será efetuado de forma evolutiva e á medida. Os requisitos vão sendo alterados e evoluídos com o tempo.

4.5. Metodologia

Como metodologia irá ser utilizada a prototipagem evolutiva com 5 etapas, tal como demonstrado na figura abaixo.

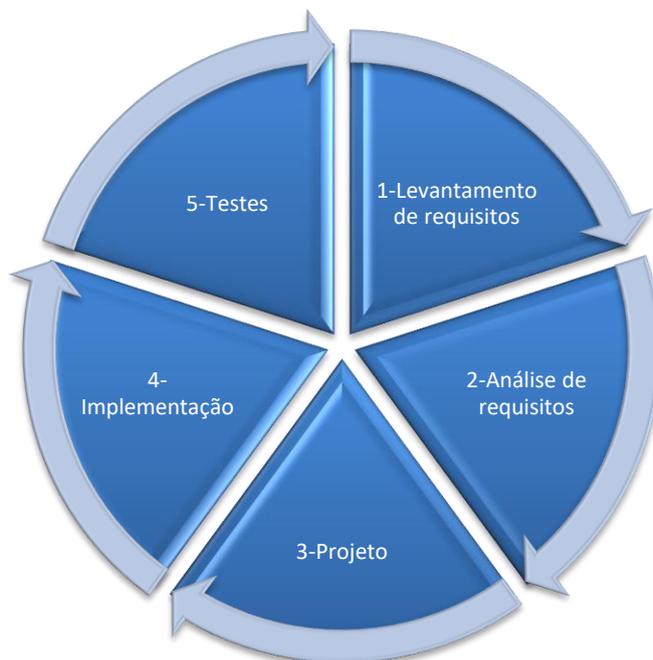


Figura 16 – Metodologia prototipagem

4.6. Metodologia de interpretação

A metodologia adotada será focada numa abordagem quantitativa, pois pretende-se analisar benefícios que são normalmente representados em valores, algo quantitativo, como aumento da produtividade, redução no tempo de paragem das máquinas, redução dos intervalos de trocas de turno, obtendo então benefícios financeiros baseados na fiabilidade e análise estatística dos resultados.

Será criado um protótipo e com o mesmo serão recolhidos dados na fase de teste de prototipagem, os mesmos dados serão então tratados e estatisticamente analisados a fim de dar robustez a conclusões retiradas do projeto devidamente justificadas.

4.7. Sistema de desenvolvimento

Como Sistema de desenvolvimento foi escolhido o Microsoft Visual Studio Professional 2015 que de acordo com, (Microsoft, 2016), fornece ferramentas e serviços profissionais para programadores individuais e pequenas equipas. Possibilita a criação de aplicações para vários dispositivos, Pc's e a Web, oferece também suporte a várias linguagens de programação – inclusive aquelas que usam o .NET Framework para aceder a tecnologias-chave que simplificam o desenvolvimento de aplicações sofisticadas. Possibilita o uso de tecnologias de plataforma cruzada para criar aplicações para Windows, Android e iOS numa única solução de desenvolvimento. As linguagens incluem: (Visual Basic; Visual C# ; Visual C++ ; Visual J#)

Neste protótipo foi utilizada a linguagem C#, de forma a utilizar algumas classes já existentes para a utilização de alguns sensores, bem como aproveitar para a criação de um site na nuvem Azure da Microsoft. O ambiente de desenvolvimento escolhido já permite criar conteúdos para a nuvem e podem ser criados com base no desenvolvimento e aplicações já existentes.

4.8. Desenvolvimento para a nuvem

Segundo a, (Microsoft, 2017), o Windows Azure é uma plataforma de serviços que funciona na Nuvem da Microsoft, sendo perfeito para aplicações que precisam de elasticidade, confiança e disponibilidade. A partir dos recursos oferecidos pelo Azure, os programadores constroem localmente as suas aplicações e, assim que estiverem prontas, simplesmente podem hospedá-las no Azure. A Microsoft fica responsável em manter a alta disponibilidade da aplicação, além de fornecer recursos que permitem que as empresas usem mais ou menos recursos, conforme a procura. E garantindo sempre a economia e alta disponibilidade.

Utilizando o mesmo conhecimento na construção de aplicações .NET, é plenamente possível desenvolver localmente com o SDK (*Software Development Kit*) do Azure. E após a aplicação estar concluída, basta fazer o upload e colocá-la no Windows Azure. Com isto, é possível usar toda a capacidade que a computação em nuvem pode oferecer.

O Windows Azure oferece uma série de serviços que permite usar, individualmente, ou em conjunto, tendo a flexibilidade de pagar somente pelo que se usa.

4.9. Aplicação do protótipo de baixo custo nas máquinas da fábrica Tecnofita

O objetivo será colocar automação industrial de baixo custo na empresa Tecnofita, e para tal será criado um protótipo, baseado no hardware raspberry pi, para monitorizar a quantidade de peças produzidas numa das máquinas com maior volume de produção e destacar qual o intervalo de tempos entre a produção de peças e os intervalos em que não existe produção.

Existem vários sensores no mercado, no entanto nenhum com o propósito específico de contabilizar as peças e monitorizar diariamente através de uma apresentação web o que foi produzido, dessa forma este projeto será construído de raiz com auxílio de algumas classes de software já desenvolvidas.

Após a revisão de literatura, e dos vários conceitos apresentados no capítulo anterior, será possível implementar o protótipo nas máquinas da fábrica e começar a monitorizar a produção com equipamento de baixo custo.



Figura 17 - Grovepi + Raspberry pi

Fonte: https://statics3.seedstudio.com/product/110060049%2010_03.jpg

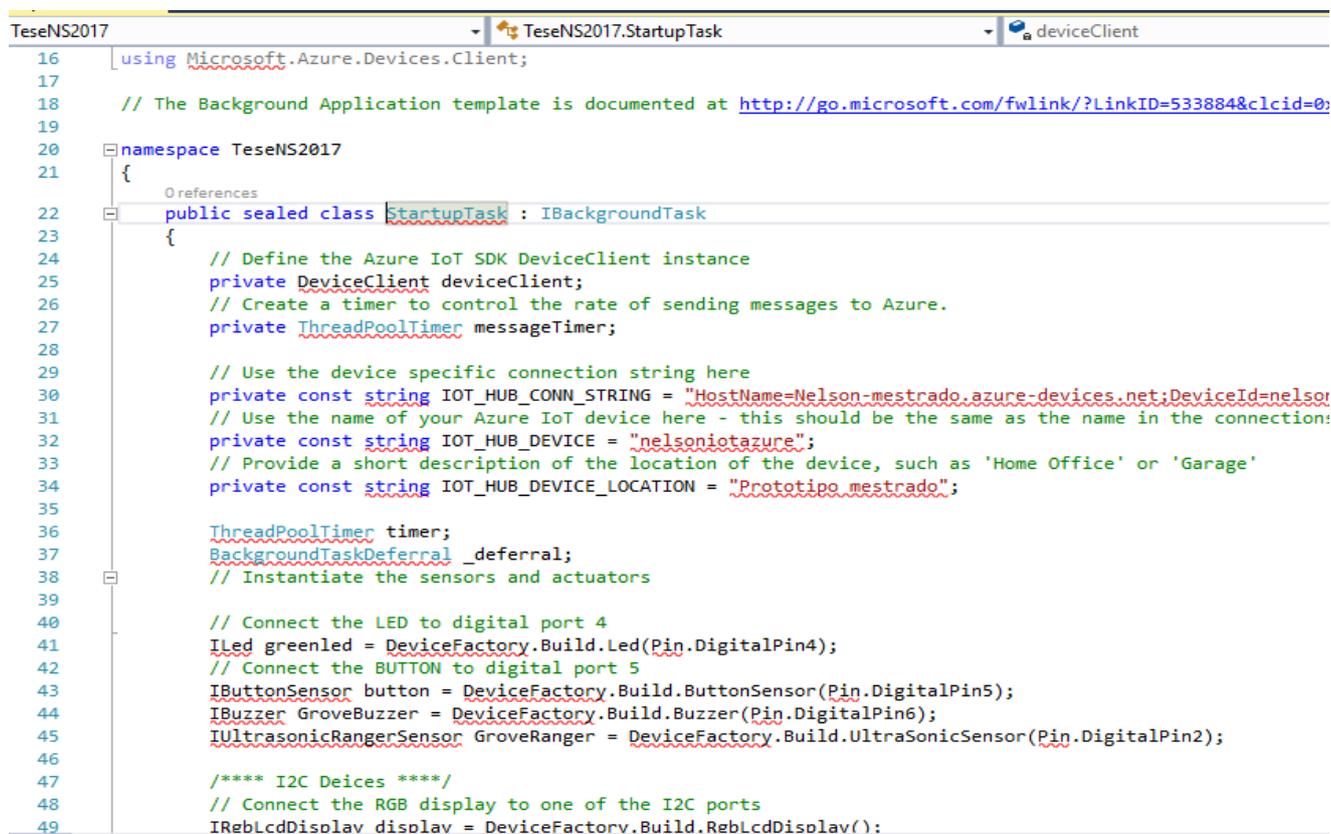
Capítulo 5 – Protótipo e resultados

Neste capítulo é apresentado o protótipo desenvolvido, o código e os resultados dos testes de desempenho efetuados, bem como custos associados.

5. Protótipo

Este protótipo foi desenvolvido com os recursos que foram apresentados no capítulo anterior, nomeadamente, o hardware raspberry pi 3, GrovePi com sensores e desenvolvido com o software Microsoft Visual Studio, tendo ficado a disponibilização de dados através do Microsoft PowerBI.

Foi criada uma aplicação que corre como tarefa de fundo no sistema operativo Microsoft Windows IOT core, esta aplicação monitoriza o sensor ultrassónico e cada vez que a peça é detetada a passar na plataforma a mesma é contabilizada na variável e é enviada uma mensagem para o hub eventos do Microsoft Azure, depois no Azure Stream Analytics é efetuada uma consulta SQL e enviados os seus resultados para o Microsoft PowerBi, neste foi criada uma visualização que permite analisar os dados através de gráficos, assim o gestor consegue visualizar a produção em tempo real.



```

16 using Microsoft.Azure.Devices.Client;
17
18 // The Background Application template is documented at http://go.microsoft.com/fwlink/?LinkID=533884&clcid=0;
19
20 namespace TeseNS2017
21 {
22     public sealed class StartupTask : IBackgroundTask
23     {
24         // Define the Azure IoT SDK DeviceClient instance
25         private DeviceClient deviceClient;
26         // Create a timer to control the rate of sending messages to Azure.
27         private ThreadPoolTimer messageTimer;
28
29         // Use the device specific connection string here
30         private const string IOT_HUB_CONN_STRING = "HostName=Nelson-mestrado.azure-devices.net;DeviceId=nelson";
31         // Use the name of your Azure IoT device here - this should be the same as the name in the connection:
32         private const string IOT_HUB_DEVICE = "nelsoniotazure";
33         // Provide a short description of the location of the device, such as 'Home Office' or 'Garage'
34         private const string IOT_HUB_DEVICE_LOCATION = "Prototipo mestrado";
35
36         ThreadPoolTimer timer;
37         BackgroundTaskDeferral _deferral;
38         // Instantiate the sensors and actuators
39
40         // Connect the LED to digital port 4
41         ILed greenled = DeviceFactory.Build.Led(Pin.DigitalPin4);
42         // Connect the BUTTON to digital port 5
43         IButtonSensor button = DeviceFactory.Build.ButtonSensor(Pin.DigitalPin5);
44         IBuzzer GroveBuzzer = DeviceFactory.Build.Buzzer(Pin.DigitalPin6);
45         IUltrasonicRangerSensor GroveRanger = DeviceFactory.Build.UltraSonicSensor(Pin.DigitalPin2);
46
47         /**** I2C Deices ****/
48         // Connect the RGB display to one of the I2C ports
49         IRebLcdDisplav displav = DeviceFactorv.Build.RebLcdDisplav();

```

Figura 18 - Aplicação como tarefa de fundo

5.1. Aplicação como tarefa de fundo

No código desenvolvido foi utilizado algum código já existente no repositório, (Microsoft, 2017), e alterado para funcionar de acordo com o pretendido, que era fazer uma contagem das placas, que são detetadas no sensor ultrassónico, fazendo o upload dessa contagem através do envio de mensagens para o hub de eventos da plataforma Microsoft Azure.

5.2. Microsoft Azure, plataformas/serviços utilizados

Foram utilizadas várias plataformas / serviços do Windows Azure, tal como visível na figura abaixo. Foram interligadas, de forma a conseguir efetuar um fluxo de trabalho que permitisse receber mensagens, e apresentar as mesmas através do Microsoft Power Bi. Para que isto fosse possível foi criado um Hub IOT que recebe as medições do raspberry pi, tendo uma representação física do dispositivo. De seguida foi ligada a aplicação a esse hub e foi criado um hub de eventos com uma tarefa do Stream Analytics e por fim uma “query Sql”

	mestradonelson	Serviço de Aplicações
	eventHublotMestrado	Hub de Eventos
	lotLab	Tarefa do Stream Analytics
	Nelson-mestrado	IoT Hub
	ServicePlan265251c8-90	plano do Serviço de Aplica...

Figura 19 - Serviços Azure

5.3.Hub Eventos

Transcrevendo a informação disponibilizada por, (Microsoft, 2017).

“O que são os Event Hubs do Azure?”

O Event Hubs é uma plataforma de transmissão em fluxo de dados altamente escaláveis com capacidade de ingestão de milhões de eventos por segundo. Os dados enviados para um Hub de Eventos podem ser transformados e armazenados em qualquer fornecedor de análise em tempo real ou adaptadores de armazenamento/criação de *batches*. Com a possibilidade de fornecer capacidades de subscrição de publicação com baixa latência e em dimensionamento maciço, os Hubs de Eventos servem de "rampa" para os Macrodados.

Por quê utilizar o Event Hubs?

As capacidades de processamento de eventos e telemetria do Event Hubs são úteis sobretudo para:

- Instrumentação de aplicações
- Experiência de utilizador ou de processamento de fluxo de trabalho
- Cenários Internet das Coisas (IoT)

O Event Hubs também inclui o controlo do comportamento em aplicações móveis, informações de tráfego de Web farms, captura de eventos nos jogos de consola ou telemetria recolhida a partir de máquinas industriais ou veículos ligados.

Descrição geral dos Event Hubs do Azure

Uma das funções comuns que o Event Hubs desempenha nas arquiteturas de solução é ser a "porta de entrada" para um pipeline de eventos, denominado frequentemente ingestor de eventos. Um ingestor de eventos é um componente ou serviço que se encontra entre os publicadores de eventos e os consumidores de eventos para desacoplar a produção de uma transmissão de eventos do consumo desses eventos.”

5.4. Stream Analytics

Transcrevendo a informação disponibilizada por, (Microsoft, 2017)

O que é o Stream Analytics?

O Azure Stream Analytics é um motor de processamento de eventos totalmente gerido, em tempo real e economicamente acessível, que o ajuda a desbloquear os conhecimentos aprofundados sobre os dados. O Stream Analytics facilita a configuração das computações analíticas em tempo real da transmissão de dados a partir de dispositivos, sensores, Web sites, redes sociais, aplicações, sistemas de infraestruturas e muito mais.

Pode criar uma tarefa do Stream Analytics especificando a origem de entrada de dados de transmissão, o *sink* de saída para os resultados da tarefa e uma transformação de dados que é expressa numa linguagem como o SQL. Pode monitorizar e ajustar a escala/velocidade da tarefa no Portal do Azure ao escalar os eventos processados por segundo de alguns quilobytes para um gigabyte ou mais.

Pertinência do Stream Analytics?

Grandes quantidades de dados estão constantemente a ser transmitidas a alta velocidade. As organizações que podem processar e atuar sobre estes dados de transmissão em tempo real podem melhorar significativamente a eficiência e destacarem-se no mercado. Existem cenários de análise de transmissão em tempo real em todas as indústrias: análise de negociação de cotações e alertas personalizados e em tempo real oferecidos pelas empresas de serviços financeiros; deteção de fraudes em tempo real; serviços de proteção de dados e identidades; e análise de dados gerados por sensores e atuadores incorporados em objetos físicos (Internet das Coisas ou IoT); análise de *clickstream* da Web; e aplicações de gestão da relação com o cliente (CRM) que emitem alertas quando a experiência do cliente está degradada num determinado período de tempo. As empresas procuram a forma mais flexível, fiável e económica de fazer com sucesso essa análise de dados em tempo real e a transmissão de eventos num mundo empresarial moderno e altamente competitivo.

Principais capacidades e vantagens

- Facilidade de utilização: o Stream Analytics suporta um modelo de consulta simples e declarativo para descrever transformações. Para otimizar a facilidade

de utilização, o Stream Analytics utiliza uma variante do T-SQL e remove a necessidade de os clientes lidarem com as complexidades técnicas dos sistemas de processamento da transmissão. Ao utilizar o idioma de consulta do Stream Analytics no editor de consultas do browser, obterá uma conclusão automática e inteligente para o ajudar a implementar rápida e facilmente as consultas de séries de tempo, incluindo associações temporais, agregados em janelas e outras operações comuns, tais como associações, agregados, projeções e filtros. Além disso, os testes de consultas no browser, relativamente ao ficheiro de dados de exemplo, permitem um desenvolvimento rápido e interativo.

- Escalabilidade: o Stream Analytics é capaz de processar os resultados de um grande evento até 1 GB por segundo. A integração com os Hubs de Eventos do Azure e com os Hubs IoT do Azure permite que a solução para a ingestão de milhões de eventos por segundo provenha de dispositivos ligados, *clickstreams* e ficheiros de registo, entre outros. Para atingir esse objetivo, o Stream Analytics melhora a capacidade de criação de partições de Event Hubs que podem produzir 1 MB/s por partição. Os utilizadores conseguem criar partições num número de passos lógicos de acordo com a definição de consulta, cada uma com a capacidade para ter ainda mais partições para aumentar a escalabilidade.
- Fiabilidade, repetibilidade e recuperação rápida: um serviço gerido na nuvem, o Stream Analytics ajuda a evitar a perda de dados e permite a continuidade do negócio em caso de falhas através de funcionalidades de recuperação incorporadas. Com a capacidade de manter internamente o estado, o serviço fornece resultados repetíveis que garantem que é possível arquivar eventos e voltar a aplicar o processamento no futuro, obtendo sempre os mesmos resultados. Isto permite que os clientes voltem atrás no tempo e investiguem as computações ao efetuar uma análise da causa/raiz, análises das hipóteses, etc.
- Baixo custo: sendo um serviço em nuvem, o Stream Analytics está otimizado para oferecer inicialmente aos utilizadores um custo muito baixo e manter

soluções de análise em tempo real. O serviço foi concebido para ser pago por cada utilização, com base na utilização da unidade de transmissão e na quantidade de dados processados pelo sistema. A utilização é obtida consoante o volume de eventos processados e a quantidade de computação provisionada no cluster para realizar as respetivas tarefas do Stream Analytics.

- Dados de referência: o Stream Analytics fornece aos utilizadores a capacidade de especificar e utilizar os dados de referência. Estes podem ser dados do histórico ou simplesmente sem transmissão que são alterados com menos frequência ao longo do tempo. O sistema simplifica a utilização de dados de referência que devem ser tratados como qualquer outra transmissão de eventos para juntar a outras transmissões de eventos ingeridos em tempo real para efetuar transformações.
- Funções Definidas pelo Utilizador: o Stream Analytics tem integração com o Machine Learning do Azure para definir chamadas de função no serviço Machine Learning como parte de uma consulta do Stream Analytics. Isto expande as capacidades do Stream Analytics para tirar partido de soluções existentes do Machine Learning do Azure. Para obter mais informações sobre este, reveja o tutorial de integração do Machine Learning.
- Conectividade: o Stream Analytics estabelece ligação direta aos Hubs de Eventos do Azure e aos Hubs IoT do Azure para ingestão da transmissão e ao serviço Blob do Azure para a ingestão de dados do histórico. Os resultados podem ser escritos a partir do Stream Analytics para o Armazenamento de Blobs ou Tabelas do Azure, Base de Dados SQL do Azure, Azure Data Lake Stores, DocumentDB, Hubs de Eventos, tópicos ou filas de Service Bus do Azure e Power BI, onde podem ser visualizados e processados por fluxos de trabalho, utilizados na análise em lote através do Azure HDInsight ou processados novamente como uma série de eventos. Quando utilizar Event Hubs, é possível compor vários Stream Analytics, juntamente com outras origens de dados e motores de processamento, sem perder a natureza transmissão das computações.”

5.5. Web App Service

Transcrevendo a (Microsoft, 2017)

“As Web Apps do App Service são uma plataforma de computação completamente gerida, está otimizada para o alojamento de Web sites e de Web Apps. Esta oferta de plataforma como serviço (PaaS) do Microsoft Azure permite-lhe concentrar-se na lógica do seu negócio, enquanto o Azure gere a infraestrutura de execução e dimensionamento das suas aplicações.

O que é uma aplicação Web no App Service?

No App Service, uma aplicação Web são os recursos de computação fornecidos pelo Azure para alojar um Web site ou uma aplicação Web.

Os recursos de computação podem estar em máquinas virtuais (VMs) partilhadas ou dedicadas, consoante o escalão de preço que escolher. O código da aplicação é executado numa VM gerida que está isolada de outros clientes.

O código pode estar em qualquer linguagem ou arquitetura suportada pelo App Service do Azure, tal como ASP.NET, Node.js, Java, PHP ou Python. Também pode executar scripts que utilizam o PowerShell e outras linguagens de script numa aplicação Web.

Para obter exemplos de cenários típicos de aplicações para os quais possa utilizar as Web Apps, consulte Cenários de Web Apps e a secção Cenários e recomendações da Comparação entre o App Service do Azure, as Virtual Machines, o Service Fabric e os Cloud Services.

Porquê utilizar Web Apps?

Apresentamos a seguir algumas das principais funcionalidades do App Service que se aplicam às Web Apps:

- Várias linguagens e arquiteturas – o App Service tem suporte de primeira classe para ASP.NET, Node.js, Java, PHP e Python. Também pode executar o PowerShell e outros scripts ou executáveis em VMs do App Service.

- Otimização de DevOps – configure a integração e a implementação contínuas com os Visual Studio Team Services, o GitHub ou o BitBucket. Promova atualizações através de ambientes de teste. Realize testes A/B. Faça a gestão das suas aplicações no App Service utilizando o Azure PowerShell ou a interface de linha de comandos (CLI) de várias plataformas.
- Dimensionamento global com elevada disponibilidade – aumente verticalmente ou horizontalmente de forma manual ou automática. Alojamento das aplicações em qualquer lugar da infraestrutura do datacenter global da Microsoft e o App Service SLA promete elevada disponibilidade.
- Ligações a plataformas SaaS e dados no local – escolha entre mais de 50 conectores para sistemas empresariais (como SAP, Siebel e Oracle), serviços SaaS (como o Salesforce e o Office 365) e serviços Internet (como o Facebook e o Twitter). Aceda a dados no local ao utilizar Ligações Híbridas e Azure Virtual Networks.
- Segurança e conformidade – o App Service está em conformidade com ISO, SOC e PCI.
- Modelos de aplicação – escolha entre uma lista extensa de modelos de aplicação no Azure Marketplace que lhe permitem utilizar um assistente para instalar software open source popular, como o WordPress, o Joomla e o Drupal.
- Integração do Visual Studio – as ferramentas dedicadas do Visual Studio simplificam o trabalho de criar, implementar e depurar.

Além disso, uma aplicação Web pode tirar partido das funcionalidades oferecidas pelas API Apps (tais como suporte de CORS) e pelas Mobile Apps (tais como notificações push). Para obter mais informações acerca de tipos de aplicação no App Service, consulte Descrição geral do App Service do Azure.

Para além das Web Apps no App Service, o Azure oferece outros serviços que podem ser utilizados para alojar sites e Web Apps. Para a maioria dos cenários, as Web Apps são a melhor escolha. Para uma arquitetura de microsserviço, considere o Service Fabric e, se necessitar de mais controlo sobre as VMs em que o seu código é executado, considere as Virtual Machines do Azure. Para obter mais informações sobre como escolher entre estes

serviços do Azure, consulte a Comparação entre o App Service do Azure, as Virtual Machines, o Service Fabric e os Cloud Services.”

5.6.IOT Hub

Transcrevendo a (Microsoft, 2017)

“O IoT Hub do Azure é um serviço completamente gerido que permite comunicações bidirecionais fiáveis e seguras entre milhões de dispositivos IoT e uma solução de back-end. IoT Hub do Azure:

- Oferece várias opções de comunicação dispositivo para a cloud e cloud para o dispositivo, incluindo mensagens unilaterais, transferência de ficheiros e métodos de pedido-resposta.
- Fornece encaminhamento de mensagens declarativas incorporadas para outros serviços do Azure.
- Disponibiliza uma loja consultável para metadados de dispositivos e informações de estado sincronizadas.
- Permite comunicações seguras e controlo de acesso através de chaves de segurança por dispositivo ou de certificados X.509.
- Fornece monitorização exaustiva da conectividade do dispositivo e dos eventos de gestão de identidade do dispositivo.
- Inclui bibliotecas de dispositivo para os idiomas e plataformas mais populares.

Porque utilizar o IoT Hub do Azure?

Para além de um avançado conjunto de opções de comunicação dispositivo para a cloud e cloud para o dispositivo, incluindo mensagens, transferência de ficheiros e métodos de pedido-resposta, o Hub do Azure IoT responde aos desafios de conectividade dos dispositivos das seguintes formas:

- Dispositivos duplos. Ao utilizar Dispositivos duplos, pode armazenar, sincronizar e consultar metadados e informações de estado de dispositivos. Os dispositivos duplos são documentos JSON que armazenam informações

de estado dos dispositivos (metadados, configurações e condições). O Hub IoT cria um dispositivo duplo para cada dispositivo que ligar ao serviço.

- Através da autenticação do dispositivo e da conectividade segura. Pode aprovisionar cada dispositivo com a respetiva chave de segurança, para que aqueles possam ligar ao Hub IoT. O registo de identidade do Hub IoT armazena identidades e chaves dos dispositivos numa solução. Um back-end da solução pode adicionar dispositivos individuais para permitir ou recusar listas, possibilitando o controlo total do acesso dos dispositivos.
- Encaminhar mensagens do dispositivo para a cloud para serviços do Azure com base nas regras declarativas. O Hub IoT permite-lhe definir rotas de mensagens com base em regras de encaminhamento, de modo a controlar para onde é que o seu hub envia as mensagens de dispositivo para a cloud. As regras de encaminhamento não requerem que escreva qualquer código e podem substituir os distribuidores de mensagens de pós-ingestão personalizados.
- Monitorização de operações de conectividade do dispositivo. Pode receber registos detalhados de operações sobre a gestão de identidade do dispositivo e eventos de conectividade do dispositivo. Esta funcionalidade de monitorização permite à sua solução de IoT detetar problemas de conectividade, como dispositivos que se tentam ligar com credenciais incorretas, enviar mensagens com uma frequência excessiva ou rejeitar todas as mensagens da nuvem para o dispositivo.
- Um vasto conjunto de bibliotecas do dispositivo. Os Azure IoT Device SDKs estão disponíveis e suportam vários idiomas e plataformas -- C para várias distribuições Linux, Windows e sistemas operativos em tempo real. Os SDKs do Azure IoT Device suportam ainda idiomas geridos, como o C#, Java e JavaScript.
- Protocolos e extensibilidade do IoT. Se a solução não conseguir utilizar as bibliotecas do dispositivo, o IoT Hub expõe um protocolo público que permite

aos dispositivos utilizarem de forma nativa os protocolos MQTT v3.1.1, HTTP 1.1 ou AMQP 1.0. Pode ainda expandir o seu IoT Hub para que suporte protocolos personalizados ao:

- Criar um gateway de campo com o SDK do Gateway do Azure IoT que converte o seu protocolo personalizado num dos três protocolos abrangidos pelo Hub IoT.
- Personalizar o gateway de protocolo do IoT do Azure, um componente de código aberto executado na cloud.
- Dimensionamento. O IoT Hub do Azure IoT dimensiona milhões de dispositivos ligados em simultâneo e milhões de eventos por segundo



Figura 20 - IOT HUB devices

Fonte: <https://image.slidesharecdn.com/microsoftsvisionofiot-theinternetofyourthings-150821172637-lva1-app6891/95/iot-across-devices-with-windows-10-and-azure-iot-suite-by-admir-tuzovi-4-638.jpg?cb=1440178990>

Como funciona o IoT Hub?

O Hub IoT do Azure implementa a norma de comunicação auxiliada para mediar as interações entre os seus dispositivos e a sua solução de back-end. O objetivo da comunicação auxiliada consiste em estabelecer percursos de comunicação fidedignos e bidirecionais entre um sistema de controlo, como o IoT Hub e dispositivos com objetivos

especiais implementados num espaço físico não fidedigno. O padrão estabelece os seguintes princípios:

- A segurança tem precedência sobre todas as outras funcionalidades.
- Os dispositivos não aceitam informações da rede não solicitadas. Um dispositivo estabelece todas as ligações e rotas de uma forma apenas de saída. Para que um dispositivo receba um comando da solução de back-end, deverá frequentemente iniciar uma ligação para verificar se devem ser processados quaisquer comandos pendentes.
- Os dispositivos apenas devem estabelecer a ligação ou rotas a serviços bem conhecidos com os quais estão emparelhados, como o IoT Hub.
- O caminho de comunicação entre o dispositivo e o serviço ou entre o dispositivo e o gateway é protegido na camada de protocolo da aplicação.
- A autorização e autenticação ao nível do sistema assentam em identidades por dispositivo. As credenciais e permissões de acesso são quase instantaneamente revogáveis.
- A comunicação bidirecional para dispositivos que ligam esporadicamente devido a problemas de alimentação é facilitada ao reter comandos e notificações do dispositivo até que um dispositivo estabeleça a ligação para recebê-las. O Hub IoT mantém filas específicas de dispositivo para os comandos que envia.
- Dados payload da aplicação são protegidos separadamente para o trânsito protegido através de gateways para um serviço particular.

A indústria móvel utilizou a norma de comunicação auxiliada a uma grande escala para implementar os serviços de notificações push, como os Serviços de Notificações Push do Windows, o Google Cloud Messaging e o Serviço Apple Push Notification.”

5.7. Power BI

Transcrevendo, (Microsoft, 2017), “O Power BI é um conjunto de ferramentas de análise de negócios para analisar dados e compartilhar ideias. Os painéis do Power BI fornecem uma visão de 360 graus para os usuários corporativos com suas métricas mais importantes em um só lugar, atualizadas em tempo real e disponíveis em todos os seus dispositivos. Com um clique, os usuários podem explorar os dados em seu painel usando ferramentas intuitivas que facilitam encontrar as respostas. Criar um painel é simples graças a mais de 50 conexões com aplicativos corporativos, completos com painéis predefinidos criados por especialistas que ajudam você a entrar em funcionamento rapidamente. E você pode acessar seus dados e relatórios em qualquer lugar com os aplicativos Móveis Power BI, que se atualizam automaticamente com qualquer alteração em seus dados.”

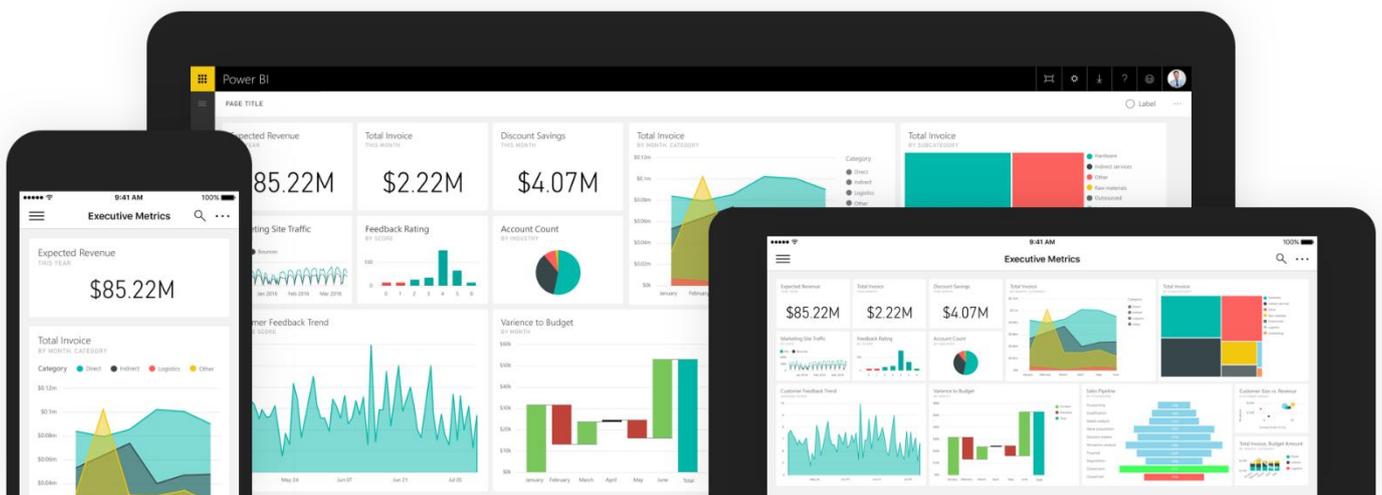


Figura 21 - Power BI multidispositivos

Fonte: <https://powerbicdn.azureedge.net/cvt-54dbaaa5f264b98d6750f53592ced79eaa4425fcc5c532484b562c1892bbb5a2/pictures/pages/powerbi-desktop.png>

O Power BI foi utilizado para demonstrar os dados através de uma interface simples e de fácil interpretação gráfica

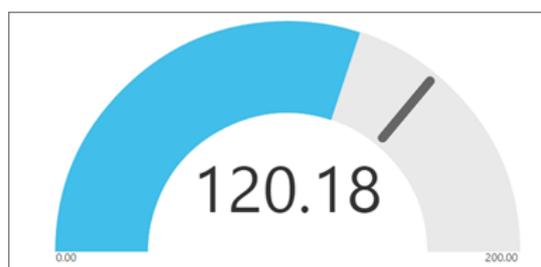


Figura 22 - Gráfico medidor Power BI

5.8. Custos

Tal como concluído por, (Andrade, Soma, & Nakamura, 2016), “ficou claro que o Raspberry Pi é uma alternativa de automação viável economicamente para simples e não críticos processos industriais, podendo ser programado e ajustado de diversas formas, visando a redução de custos da produção.”.

Foi possível criar este projeto com os custos demonstrados abaixo:

Valor aquisição:

• RaspberryPi	37€
• GrovePi+ e Sensores	85€
• Quick Starter Kit	37€
TOTAL	159€

Despesas de alfandega:

• DHL	133€ *(ver nota)
-------	------------------

Nota:

*Estes custos podiam ter sido reduzidos, para tal deve de ser sempre analisado se os valores de transportes estão mencionados nas faturas de aquisição de material eletrónico fora da União Europeia, pois se tal não for mencionado, os custos de transporte são calculados com base em tarifas genéricas das transportadoras, ficando assim extremamente caro. Neste projeto o fornecedor Seed Studio ofereceu os transportes, mas tal não foi mencionado na fatura originando assim que no desalfandegamento efetuado pela DHL fossem colocados os valores genéricos e por sua vez tenha sido cobrado estas despesas elevadas.

Custos com software:

Subscrição Microsoft Action pack	400€
----------------------------------	------

5.9. Resultados Principais

No protótipo foram obtidos os seguintes resultados práticos:

- Aumento da atenção por parte do colaborador da máquina (devido a sentir-se “controlado” em termos de produtividade)
- Aumento de produtividade através da tentativa de superar o número de peças efetuada por outros colegas (aumento da competitividade)
- Aumento da produtividade devido à monitorização e comentários efetuados pelos gestores
- Aumento da análise e conhecimento sobre o número de peças produzidas
- Conhecimento sobre a média e os tempos mortos na produção, bem como a baixa de produtividade que se realiza nas horas iniciais e nas horas perto das horas de refeição

Testes de produção em ambiente laboratório demonstraram que no dia 06/04/2017 foram efetuadas as seguintes medições:

Horas trabalho	Peças produzidas	Média tempo p/ produzir 1 peça	Desvio horas trabalho / horas produção
13:42:39	294	0:02:47	3:58:56

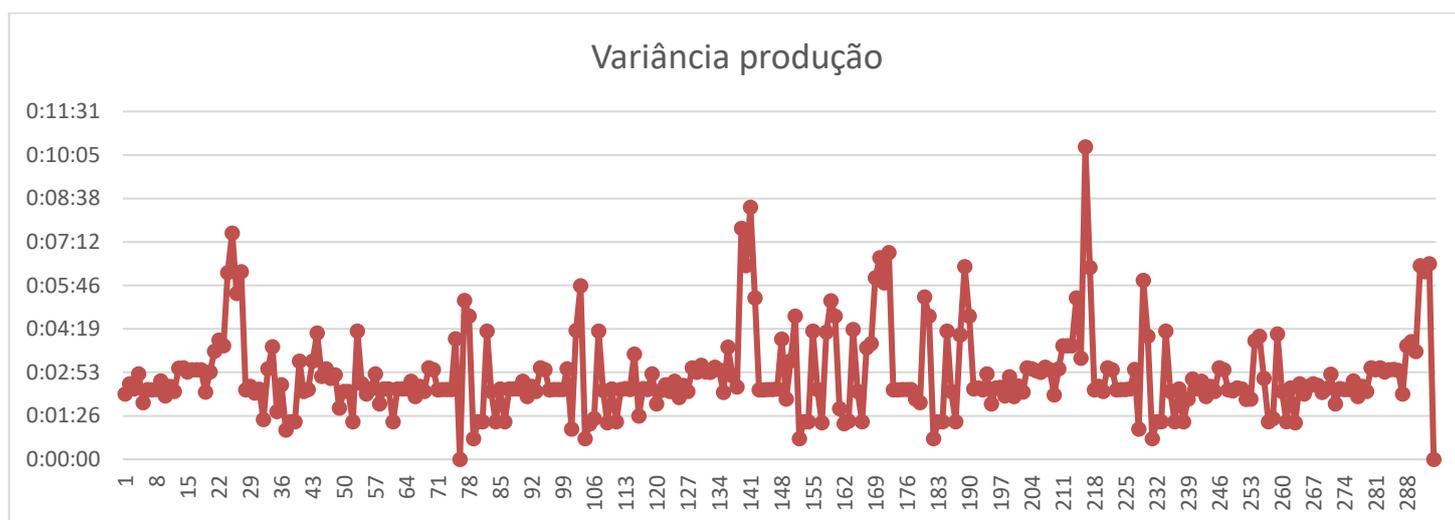


Figura 23 - Variância tempos produção dia 1

5.10. Resultados secundários

Foi também criada uma implementação que permitiu o acesso do fornecedor a uma máquina para intervenção remota preventiva ou manutenção de problemas específicos.

Com esta implementação foi possível uma redução de custos significativa, sendo que são poupados anualmente cerca de 5000€ nas viagens não efetuadas pelo fornecedor.

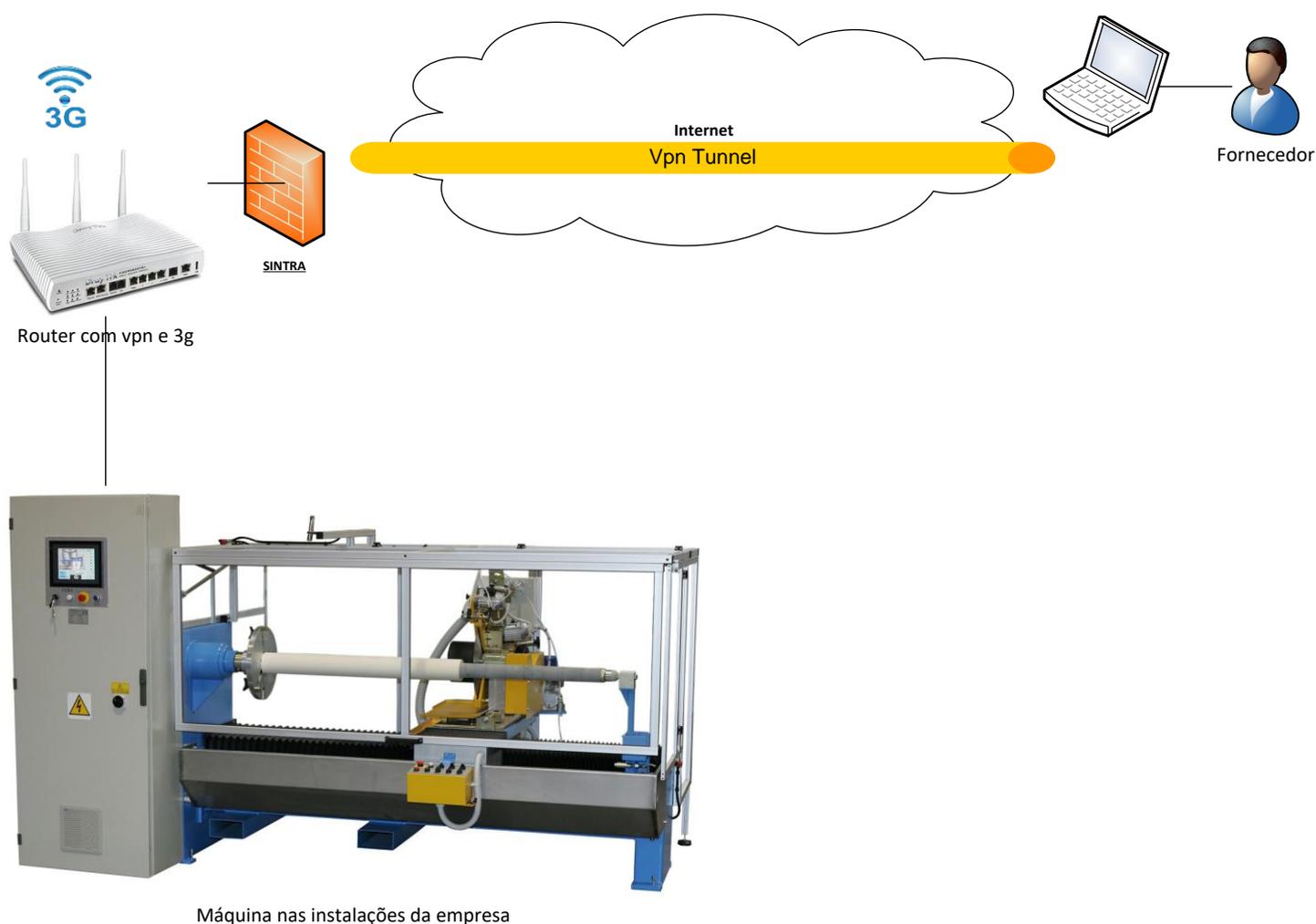


Figura 24 - Esquema de rede vpn para suporte remoto

5.11. Avaliação do Grupo Tecnofita

Verificar o Anexo A, onde o gestor da empresa, Sr. João Rodrigues, efetuou uma análise e avaliação do protótipo e sua aplicabilidade.

Capítulo 6 – Conclusões e trabalho futuro

Neste capítulo são apresentadas as conclusões, as análises sobre os objetivos e a interpretação da importância do trabalho realizado e possíveis trabalhos futuros que possam surgir deste.

6. Conclusão

Nesta dissertação foi abordada a possibilidade de utilizar a internet das coisas para a monitorização da produção em tempo real e com uma implementação de baixo custo.

A quarta revolução industrial, referenciada por vezes como Indústria 4.0, permitirá a informatização da maquinaria e a automatização com recurso à robótica, bem como a interligação das várias máquinas permitindo a comunicação entre as mesmas. Permitirá a medição e a análise inteligente de dados para melhorar a eficiência, a rentabilidade e a segurança. A quarta revolução industrial criará uma onda de inovação em áreas como a indústria dos automóveis autónomos, a criação de peças em impressoras 3d que permitem a manutenção de máquinas com peças criadas no momento, ou até remotamente e a pedido, a robótica com inteligência artificial, a otimização da indústria dos transportes com a utilização de materiais mais leves e mais resistentes, e muitas outras aplicabilidades.

Neste trabalho foram utilizados vários conceitos e tecnologias e foi concluído que é possível monitorizar várias máquinas, e encontrar várias formas de atingir o objetivo de monitorizar vários tipos de máquinas, com a utilização do mais variado conjunto de sensores, minicomputadores ou sistemas baseados em processadores ao invés dos habituais sistemas de controladores lógicos programáveis que implicam orçamentos de implementação muito elevados.

Todos os objetivos foram cumpridos:

- Quando questionámos se seria possível monitorizar a produção de uma ou mais máquinas através de sensores e sistemas de monitorização em tempo real e de baixo custo. Chegámos à conclusão que sim, implementando um pequeno sistema computacional ligado com vários sensores permitindo o envio de mensagens em tempo real.
- Questionámos se conseguir-se-ia implementar sensores nas máquinas que permitissem à empresa medir e visionar essas medições em tempo real.

Através da criação de uma aplicação, foi possível demonstrar que é possível e que as aplicações são infinitas, dependendo apenas da necessidade e da vontade para a sua criação.

- Tendo como última questão, a possibilidade de uma análise de produtividade e um sistema de monitorização da produção através de um sistema de internet das coisas implementado nas máquinas. Foi possível efetuar a mesma através da monitorização do resultado das mensagens dos sensores, criando várias interpretações das mesmas e permitindo assim uma análise customizada.

Peter Drucker disse “The best way to predict the future is to create it”, a melhor maneira de prever o futuro é cria-lo, e com esse intuito foi criado este protótipo analisando a possibilidade dos próprios trabalhadores efetuarem um conjunto de medições que depois permita a melhoria da sua própria produtividade e competitividade. Os vários operadores de máquina receberam um conjunto de instruções a informar que teriam a sua produtividade monitorizada e que isto permitiria uma melhor comunicação com os gestores de produção, pois permitiria uma evolução com base na interpretação dos resultados.

Este trabalho foi também importante para a partilha de conhecimento nas áreas da Indústria 4.0, Internet das Coisas e respetivas tecnologias de informação para o desenvolvimento de aplicações que permitem realizar análises em tempo real, possibilitando assim a criação de aplicações para a monitorização e aumento da produtividade no mercado das pequenas e médias empresas de produção industrial. Permitiu ainda o aumento das minhas competências de investigação, seleção, organização e comunicação da informação.

6.1. Trabalho Futuro

Existirá um desenvolvimento futuro e uma aplicabilidade a vários mercados com alguns investidores interessados noutra forma de desenvolvimento e aplicabilidade, como trabalho futuro já está definido o seguinte:

- Levantamento de requisitos sobre os objetivos pretendidos pelo grupo tecnofita (Tendo em conta que o protótipo construído, num espaço de seis meses, foi elaborado como prova de conceito, é essencial que sejam agora apuradas as reais necessidades da empresa)
- Implementação de vários sensores nas várias máquinas de acordo com os requisitos
- Criação de aplicação à medida dos requisitos
- Análise dos resultados e entrega de relatório de aumento de produtividade e conhecimento sobre a produção
- Análise para crescimento da aplicabilidade noutras empresas do setor
- Análise para crescimento da aplicabilidade noutras pequenas e médias empresas
- Análise da possibilidade de criação de um negócio com prosperidade
- Análise da possibilidade de otimizar o uso de energia (através de relés para uso racional da energia, criando modo de suspensão)

Existem atualmente outras empresas interessadas em realizar protótipos para a monitorização em tempo real, nas quais serão analisados os requisitos e se possível a sua implementação.

Capítulo 7 – Bibliografia

7. Referências bibliográficas

- ABB. (2017). Big Data and decision-making in industrial plants. *How to turn large amounts of industrial data - Big Data - into information that provides managers with the right insights for decision-making, in order to plan, optimize and continuously improve industrial plant operations*. Obtido de <http://new.abb.com/cpm/industry-software/MOM-manufacturing-operations-management/big-data-analytics-decision-making>
- Andrade, A. A., Soma, A. T., & Nakamura, C. E. (2016). *Automação de baixo custo baseada no Raspberry PI*. Universidade Federal do ABC (UFABC), Centro de Engenharia, Modelagem e Ciências Sociais Aplicadas. São Bernardo do campo, Brasil: Universidade Federal do ABC (UFABC). doi:10.13140/RG.2.1.1282.3920
- Austlid , H. A., Hoff, P., & Hatteland, S. (11 de 11 de 2015). *INDÚSTRIA 4.0 NECESSIDADES NORUEGA*. Obtido em 2017, de IKT NORGE - TIC NORUEGA: <https://www.ikt-norge.no/kommentar/industri-4-0-norge-ma-med/>
- Bai, Y. (2016). Book Review, Samuel Greengard, The Internet of Things. *International Journal of Communication* 10. doi:1932–8036/2016BKR0009
- Bragen, M., & Michaels, P. (2010). *Benchmarking software development projects: The three KPIs*. Obtido em 10 de 02 de 2016, de <http://www.computerworlduk.com/it-leadership/benchmarking-software-development-projects-three-key-kpis-1830/>
- Castro, J. (2001). *Estudo Viabilidade*. Obtido em 2016, de Centro Informática da Universidade Federal de Pernambuco: <http://www.cin.ufpe.br/~txa/Requisitos/EstudoViabilidade.pdf>
- Cox, M., & Ellsworth, D. (1997). *Managing Big Data for Scientific Visualization Introduction*. MRJ/NASA Ames Research Center, Microcomputer Research Labs, Intel Corporation . Arizona: IEEE Computer Society Press Los Alamitos. Obtido de <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=266989.267068&coll=DL&dl=GUIDE>
- Davies, R. (2015). Briefing September 2015. *Industry 4.0*. (E. P. Service, Ed.) Obtido em Fevereiro de 2017, de [http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2015/568337/EPRS_BRI\(2015\)568337_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2015/568337/EPRS_BRI(2015)568337_EN.pdf)

- Davies, R. (2015). *Industry 4.0 Digitalisation for productivity and growth*. Briefing, EPRS | European Parliamentary Research Service, Bruxelas. Obtido em 10 de 01 de 2017, de [http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2015/568337/EPRS_BRI\(2015\)568337_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2015/568337/EPRS_BRI(2015)568337_EN.pdf)
- Dexter Industries. (12 de 03 de 2017). Software Architecture. U.S.A. Obtido de <https://www.dexterindustries.com/GrovePi/engineering/software-architecture/>
- Electrical Technology. (26 de Setembro de 2015). What is Industrial Automation | Types of Industrial Automation. Obtido de <http://www.electricaltechnology.org/2015/09/what-is-industrial-automation.html>
- Greengard, S. (2015). *The Internet of Things*. MIT Press.
- Greenough, J., & Camhi, J. (10 de 02 de 2016). Digital Industry Insider. *Here's why some are calling the Internet of Things the next Industrial Revolution*. (B. I. Inc., Ed.) U.S.A, U.S.A. Obtido de Digital Industry Insider: <http://www.businessinsider.com/iot-trends-will-shape-the-way-we-interact-2016-1>
- Hans-Petter Halvorsen. (01 de 01 de 2017). *Industrial IT and Automation*. Obtido de The Technical Guy - a Blog about Technology: http://home.hit.no/~hansha/documents/industrial_it/resources/resources/Industrial%20IT%20and%20Automation%20Overview.pdf
- IEEE. (Março de 2014). Special Report: The Internet of Things. *The institute, The IEEE news Source*. (K. Pretz, Ed.) New Jersey, U.S.A. Obtido de <http://theinstitute.ieee.org/static/special-report-the-internet-of-things>
- IEEE Computer Society. (2004). *SWEBOK v3 - Guide to the Software Engineering* (3ª ed.). (P. Bourque, & R. E. Fairley, Edits.) IEEE Computer Society Press. Obtido de <http://www.computer.org/portal/web/swebok>
- IEEE. (s.d.). IEEE STANDARDS ASSOCIATION. *P2413 - Standard for an Architectural Framework for the Internet of Things (IoT)*. Obtido de <https://standards.ieee.org/develop/project/2413.html>
- International Society of Automation. (s.d.). ISA, Setting the standard for automation. *What Is Automation?* Obtido de <https://www.isa.org/about-isa/what-is-automation/>
- i-SCOOP. (01 de 03 de 2017). Internet of Things – IoT guide with definitions, examples, trends and use cases. Bélgica. Obtido de <https://www.i-scoop.eu/internet-of-things-guide/>
- Kumar, S. A., & Suresh, N. (2008). *Production and Operations Management* (2ª ed.). Bangalore, India: NEW AGE INTERNATIONAL (P) LIMITED, PUBLISHERS. Obtido em 01 de Fevereiro de 2017

- Laney, D. (Janeiro de 2001). *3D Data Management Controlling Data Volume Velocity and Variety*. Obtido de Gartner: <https://blogs.gartner.com/doug-laney/files/2012/01/ad949-3D-Data-Management-Controlling-Data-Volume-Velocity-and-Variety.pdf>
- Lyman, P., & Varian, H. R. (2003). *HOW MUCH INFORMATION 2003?* California: University of California at Berkeley. Obtido de <http://www2.sims.berkeley.edu/research/projects/how-much-info-2003/>
- Mendonça, H. S. (12 de Março de 2017). *Páginas da Atividade Docente e de Investigação*. Obtido em 2017, de Universidade do Porto: <https://paginas.fe.up.pt/~hsm/docencia/comp/spi-e-i2c/>
- Meola, A. (22 de Outubro de 2016). Business Insider. *What is the Internet of Things (IoT)?* (B. Insider, Ed.) USA, USA, USA. Obtido de <http://www.businessinsider.com/what-is-the-internet-of-things-definition-2016-8?IR=T>
- Microsoft. (01 de Outubro de 2016). *Visual Studio*. Obtido de Microsoft Visual Studio: <https://www.visualstudio.com/pt-br/downloads/>
- Microsoft. (04 de Janeiro de 2017). *App service web overview*. Obtido em 19 de Março de 2017, de Web site da Microsoft: <https://docs.microsoft.com/pt-pt/azure/app-service-web/app-service-web-overview>
- Microsoft. (19 de Março de 2017). *Code Samples*. Obtido em 19 de Março de 2017, de Windows Dev Center: <https://developer.microsoft.com/en-us/windows/iot/samples>
- Microsoft. (07 de Março de 2017). *Event hubs what is event hubs*. Obtido em 19 de Março de 2017, de Web site da Microsoft: <https://docs.microsoft.com/pt-PT/azure/event-hubs/event-hubs-what-is-event-hubs>
- Microsoft. (01 de 01 de 2017). *Introdução à plataforma .NET da Microsoft*. Redmond, U.S.A. Obtido de <https://msdn.microsoft.com/pt-br/aa702903.aspx>
- Microsoft. (31 de Janeiro de 2017). *Iot hub what is iot hub*. Obtido em 2017 de Março de 2017, de Web site da Microsoft: <https://docs.microsoft.com/pt-PT/azure/iot-hub/iot-hub-what-is-iot-hub>
- Microsoft. (2017). *Power BI*. Obtido em 26 de Março de 2017, de Web site de Microsoft: <https://powerbi.microsoft.com/pt-br/what-is-power-bi/>
- Microsoft. (21 de Janeiro de 2017). *Stream analytics introduction*. Obtido em 19 de Março de 2017, de Web site da Microsoft: <https://docs.microsoft.com/pt-pt/azure/stream-analytics/stream-analytics-introduction>

- Microsoft Corporation. (01 de Março de 2017). *Learn about Windows 10 IoT Core*. Obtido em 12 de Março de 2017, de Windows Dev Center: <https://developer.microsoft.com/pt-pt/windows/iot/Explore/IoTCore>
- Minerva, R., Biru, A., & Rotondi, D. (Maio de 2015). Towards a definition of the Internet of things. Obtido em 2017, de http://iot.ieee.org/images/files/pdf/IEEE_IoT_Towards_Definition_Internet_of_Things_Revision1_27MAY15.pdf
- Palmiere, S. E. (11 de Novembro de 2016). CLP versus Microcontrolador. Brasil. Obtido em 11 de Abril de 2017, de <https://www.embarcados.com.br/clp-versus-microcontrolador/>
- Parede, I. M., & Lemes, L. E. (2011). *Eletrônica: automação industrial* (Vol. 6). São Paulo: Fundação Padre Anchieta. Obtido em 23 de Abril de 2017, de <http://eletro.g12.br/arquivos/materiais/eletronica6.pdf>
- Payne, J. (02 de Abril de 2013). PLC VS PAC. *These technologies continue to evolve, making differences harder to distinguish. Here are some thoughts on what does what, and how to choose between a PLC and a PAC for your next application*. USA, USA: CFE MEDIA. Obtido em 23 de Abril de 2017, de Control Engeneering: <http://www.controleng.com/single-article/plc-vs-pac/444448cf771be09bff7115c621633bd94.html>
- Prado, A. C. (08 de Setembro de 2014). Qual a diferença entre ASIC, ASSP, SoC e FPGA? Brasil. Obtido em 07 de Maio de 2017, de <https://www.embarcados.com.br/asic-ssp-soc-fpga/>
- Press, G. (3 de Setembro de 2014). 12 Big Data Definitions: What's Yours? *TECH*. U.S.A. Obtido de <http://www.forbes.com/sites/gilpress/2014/09/03/12-big-data-definitions-whats-yours/#89201ca21a97>
- Schwab, K. (12 de Dezembro de 2015). The Fourth Industrial Revolution - What It Means and How to Respond. *Foreign Affairs*. Obtido de <https://www.foreignaffairs.com/articles/2015-12-12/fourth-industrial-revolution>
- Sciutto, L. (s.d.). Obtido de <http://cio.com.br/opiniao/2017/02/23/como-levar-a-internet-das-coisas-ao-proximo-nivel/>
- Sciutto, L. (23 de Fevereiro de 2017). Como levar a Internet das Coisas ao próximo nível? Brasil. Obtido de <http://cio.com.br/opiniao/2017/02/23/como-levar-a-internet-das-coisas-ao-proximo-nivel/>
- Sharma, A.-M. (2016). BIG DATA. Germany Trade & Invest. Obtido em 2017, de <http://industrie4.0.gtai.de/INDUSTRIE40/Navigation/EN/Topics/The-internet-of-things/big-data.html>

Venson, P. I. (2017). *Curso de Engenharia Industrial Madeireira - Disciplina CLP Professor Ivan*. Obtido em 23 de Abril de 2017, de Universidade Federal do Paraná: <http://www.madeira.ufpr.br/disciplinasivan/AULACLIP.pdf>

Venturelli, M. (30 de 04 de 2015). *Gerenciamento de Projetos de Automação Industrial*. Obtido em 2017, de Automação Industrial: <http://www.automacaoindustrial.info/gerenciamento-de-projetos-de-automacao-industrial/>

World Economic Forum. (2015). *Industrial Internet of Things: Unleashing the Potential of Connected Products and Services*. World Economic Forum. Obtido em 20 de fevereiro de 2017, de http://www3.weforum.org/docs/WEFUSA_IndustrialInternet_Report2015.pdf

ANEXO A

Durante o ano de 2016 o Grupo Tecnofita solicitou a criação de um protótipo para testar a monitorização em tempo real da produção de uma das máquinas da fábrica, bem como os tempos de colocação de peças pelos operadores. No intuito do nosso grupo, a ideia principal seria a colocação destes protótipos nas várias máquinas para permitir uma produção mais eficiente e eficaz, aumentando a produtividade. O Nelson Santos sublinhou que o intuito principal da Internet das Coisas na indústria seria o de acelerar a implantação destes protótipos dentro das empresas para uma produção mais eficiente, eficaz e moderna, assim alavancando os ganhos de produtividade de uma indústria, tal ideia compactua completamente com os nossos objetivos, e sendo assim, acabou por realizar todo o protótipo com ligação á nossa rede de internet possibilitando a consulta destes dados em tempo real através de qualquer localização.

Um dos principais requisitos, para permitir que no futuro o protótipo pudesse ser implementado, seria o de ter um custo reduzido. Que foi cumprido na integra, exceto nos custos não previstos da Alfandega, tendo que ser analisado nas futuras implementações, e provavelmente adquirir material na Europa.

Ficámos extremamente satisfeitos com os testes efetuados, pois, conseguimos detetar logo algumas situações onde poderíamos beneficiar com este tipo de implementação, de onde destacamos:

- a atenção redobrada dos operadores
- a melhoria de produtividade, muito influenciada pelo conhecimento dos operadores sobre o facto de que estavam a ser implementadas medidas de monitorização produtividade.
- a melhoria do conhecimento sobre os tempos de paragem e os motivos dessas paragens
- o aumento da possibilidade de efetuar alterações nos intervalos de paragem
- a análise do cansaço dos operadores, analisada através do aumento dos tempos de colocação de peças
- eliminar ou diminuir as causas de uma não conformidade ocorrida
- prevenir o acontecimento da não conformidade, eliminando a recorrência de problemas.
- A perceção da melhoria possível com a diminuição de tempos através da colocação da matéria prima mais perto da máquina e do seu operador. De x em x tempo o operador tinha de parar para ir buscar mais matéria prima e isso fazia o tempo disparar para cerca de seis minutos.... Atualmente um operador de outra máquina vai colocando matéria prima junto desta máquina diminuindo assim os intervalos de paragem e aumentando a produção.
- Monitorização das temperaturas das laminas
- Monitorização de funcionários mais produtivos por máquina / operação
- Botão de alerta com envio de email para gestão de operações (a implementar futuramente)

Por fim queremos destacar o profissionalismo e empenho do Nelson Santos e o tempo dedicado ao projeto bem como a ajuda na melhoria contínua da produção e qualidade do Grupo Tecnofita.

