

SISTEMA SUPERVISÓRIO DE PRODUÇÃO

SUPERVISORY PRODUCTION SYSTEM

Fernando Pessuto Kozuka¹
Mateus Guilhermes de Lima¹
Débora Meyhofer Ferreira²

Universidade São Francisco – *Campus* Campinas.
fernando.pessutokozuka96@gmail.com | mguil.lima@gmail.com |
debora.ferreira@usf.edu.br

¹Alunos do Curso de Engenharia Elétrica

² Professor Orientador

RESUMO. A indústria vem passando por uma grande renovação tecnológica, com inovações que ajudam cada vez mais essa transformação, buscando sempre o desenvolvimento e melhores resultados com o menor gasto possível, diversas empresas hoje investem muito dinheiro em centros de pesquisas e desenvolvimento tecnológico, desde pequenas até grandes empresas estão vendo que uma transformação na indústria já é uma realidade e que com novas tecnologias se pode obter melhores resultados, com isso assuntos como Indústria 4.0, Internet das Coisas, Big Data, Machine Learn, entre outros tantos assuntos, tem se tornado cada vez mais presentes tanto no meio acadêmico como no meio comercial e industrial.

Este artigo irá tratar sobre a implementação de um sistema supervisório de uma forma mais conectada do que atualmente se encontra na maioria das empresas, além também de buscar que seu custo de implementação não seja muito alto, para que seja atrativo para micro e pequenas empresas, trazendo assim uma inovação e transformação tecnológica na forma em que a empresa gerencia, analisa e toma decisões em seus processos.

Para isso será utilizado um Raspberry Pi para fazer a integração entre os sensores e a nuvem, para essa integração será necessário utilizar o CODESYS e o protocolo MQTT para a transferências dos dados dos sensores para o Raspberry e será utilizado o NODE-RED para enviar tais informações para a nuvem.

O objetivo final do sistema supervisório é atuar, armazenar e emitir alertas a partir dos dados captados pelos sensores que estarão na linha de produção, proporcionando assim uma melhor integração do sistema, acesso aos dados em tempo real pelo operador ou pelo responsável pela produção, como um gerente de produção por exemplo, além de sempre ter um histórico e a partir dele poder ter melhores previsões.

PALAVRAS-CHAVE: Indústria 4.0, Internet of Things, NODE-RED, Sistema Supervisório, Raspberry, CODESYS.

ABSTRACT.

The industry is undergoing a major technological reform, with innovations that increasingly transform, always seeking development and the best results with the lowest possible expense. Many companies today invest a lot of money in research and technological development centers, from a small to large companies, are seeing a transformation in the industry that is already a reality and that with new technologies can achieve better results, with subjects such as Industry 4.0, Internet of Things, Big Data, Machine Learning, among other subjects, has become increasingly present in the academic as well as commercial and industrial environments.

This article will deal with the implementation of a supervisory system in a way more connected to what is currently found in most companies, as well as seeking its implementation cost which is not very high as it is possible for micro and small companies, This brings innovation and technological transformation in which a company managed, analyzes and makes decisions in its processes.

To do this, a Raspberry Pi will be used to integrate the sensors and the cloud, to use CODESYS and the MQTT protocol for sensor data transfers to Raspberry and NODE-RED will send this information to the cloud.

The ultimate goal of the supervisory system is to execute, store and send alerts from the data captured by the sensors that produce the production line, use as best system integration, access real-time data by the operator or production manager, such as a manager. of production for example, besides always a history and from it can have better predictions.

KEYWORDS: Industry 4.0, Internet of Things, NODE-RED, Supervisory System, Raspberry, CODESYS.

INTRODUÇÃO

Com o surgimento dos computadores em meados das décadas de 70 e 80, esse equipamento cada vez mais foi utilizado para auxiliar no monitoramento de processos industriais. A princípio esses sistemas eram utilizados para coletar sinais de sensores e realizar acionamento de máquinas através de uma interface gráfica, que mais tarde ficaram conhecidas como IHM (Interface Homem Máquina) e SCADA (Controle Supervisório e Aquisição de Dados).

Com a quarta revolução industrial (Indústria 4.0), novas formas de produção e gerenciamento de informação foram implementadas no âmbito das indústrias. Entre as melhorias podemos destacar, aquisição de dados em tempo real, tornando mais rápida e eficiente as tomadas de decisão, virtualização dos processos devido o monitoramento através de sensores, criando a capacidade da própria máquina de tomar decisões a partir de situações de ocorreram no passado e a interoperabilidade, conceito vindo da internet da coisas (IoT) e que consiste na comunicação entre diferentes tipos de equipamentos.

Com a crescente procura por automação de processos, o aumento da procura de empresas por soluções que possa estar reduzindo custos e aumentando sua produtividade, uma das alternativas que vem sendo impulsionada pela indústria 4.0 é a integração de forma inteligente e remota dos processos dentro do setor produtivo e administrativo. Os sistemas supervisórios têm sido a melhor solução para o controle mais eficiente e efetivo, facilitando a análises dos administradores para tomada de decisão. Mas isso ainda requer um investimento alto e com pouca possibilidade de personalização.

Com tudo esse trabalho tem como objetivo desenvolver um sistema supervisórios que possibilita a personalização para necessidade do cliente e/ou determinado tipo de processo, integração com diferentes tipos de sistema de automação ou monitoramento, além de buscar também que esse sistema seja implementado com um baixo investimento. A princípio o supervisório está focado nas microempresas que tenham processos industriais que seja vantajoso a utilização de sistemas de supervisão, com a proposta de um valor de implementação reduzido, customização e interface intuitiva.

Assim tornando atrativo para empresas que ainda não tenha um sistema supervisório implementado em seus processos e ambientes, também sendo um atrativo para empresas que querem modernizar seus sistemas atuais para um com maior integração e novas tecnologias.

Para o desenvolvimento do sistema supervisor para microempresas, inicialmente estudo teórico será construído utilizando um módulo de controle físico para realizar a comunicação com outros equipamentos presentes na linha de produção e uma IHM de controle para visualização de informações e acionamento manual de ações necessárias no processo gerenciado pelo sistema supervisor.

Essas informações serão adquiridas por um computador de baixo custo (Raspberry), essas informações serão tratadas, enviadas para a nuvem para o monitoramento em tempo real e também irá realizar automaticamente o disparo de comandos de volta para o módulo de controle caso seja identificado a necessidade de que alguma ação seja tomada.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

As empresas estão instrumentalizando e conectando seus equipamentos industriais, edifícios, instalações e veículos com bilhões de sensores para criar o que é conhecido como a Internet das Coisas (IoT). A Internet das Coisas está gerando quantidades exponenciais de dados que estão criando oportunidades para identificar padrões que abrem novas formas de trabalho e novos valores de negócios.

De acordo com o estudo de 2017 da IBM *Institute of Business Value* (IBV), *Intelligent Connections*, “Sessenta por cento [das empresas industriais] pesquisadas em nosso estudo de 2017 estão atualmente executando planos para incorporar a IoT em seus modelos operacionais. Eles dizem que os principais fatores que influenciam o investimento em IoT visam aumentar a eficiência.”

Mas, dado que 80% dos dados de IoT gerados não são estruturados, as empresas estão ficando sobrecarregadas com a compreensão da vasta quantidade de dados. A Inteligência Artificial (IA) é fundamental para entender todos esses dados para permitir que pessoas e coisas funcionem de maneira mais inteligente e melhor. De acordo com o mesmo estudo da IBM IBV, dois terços dos reinventores, aqueles identificados como tendo os níveis mais altos de adoção de IoT e adotando uma abordagem visionária para uma estratégia “*Intelligent IoT*”, concordaram fortemente que todo o potencial da IoT só pode ser realizado com a introdução de Tecnologias AI.

Em um momento de intensa competição global, os fabricantes estão enfrentando uma variedade de problemas que afetam a produtividade, incluindo o desgaste da força de trabalho, as deficiências de habilidades e o aumento dos custos das matérias-primas. Tudo isso é exacerbado pelos defeitos a jusante e pelo tempo de inatividade do equipamento. Combinando a IoT e a IA, os fabricantes podem estabilizar os custos de produção identificando e prevenindo áreas de perda, como desperdício de energia, falhas de equipamento e problemas que impulsionam a qualidade do produto.

A IBM está trazendo novos recursos avançados de AI e *Analytics* para o nosso portfólio do *Maximo Enterprise Asset Management*, incluindo Otimização de Produção, Insights de Qualidade de Produção e Assistente de Manutenção de Equipamento.

Juntas, essas soluções ajudam nossos clientes a maximizar o rendimento de fabricação com qualidade de manutenção preditiva, inspeção visual e acústica, bem como reparos prescritivos.

Hoje, 70% do custo total de propriedade de um edifício está vinculado aos custos de manutenção e energia. Combinando IoT e AI, proprietários de varejo e gerentes de propriedade podem agora analisar padrões de espaço, energia, tráfego e uso de ativos, para criar estratégias de utilização que reduzam o desperdício e otimizem os recursos para maximizar os investimentos imobiliários.

Automação do Processo

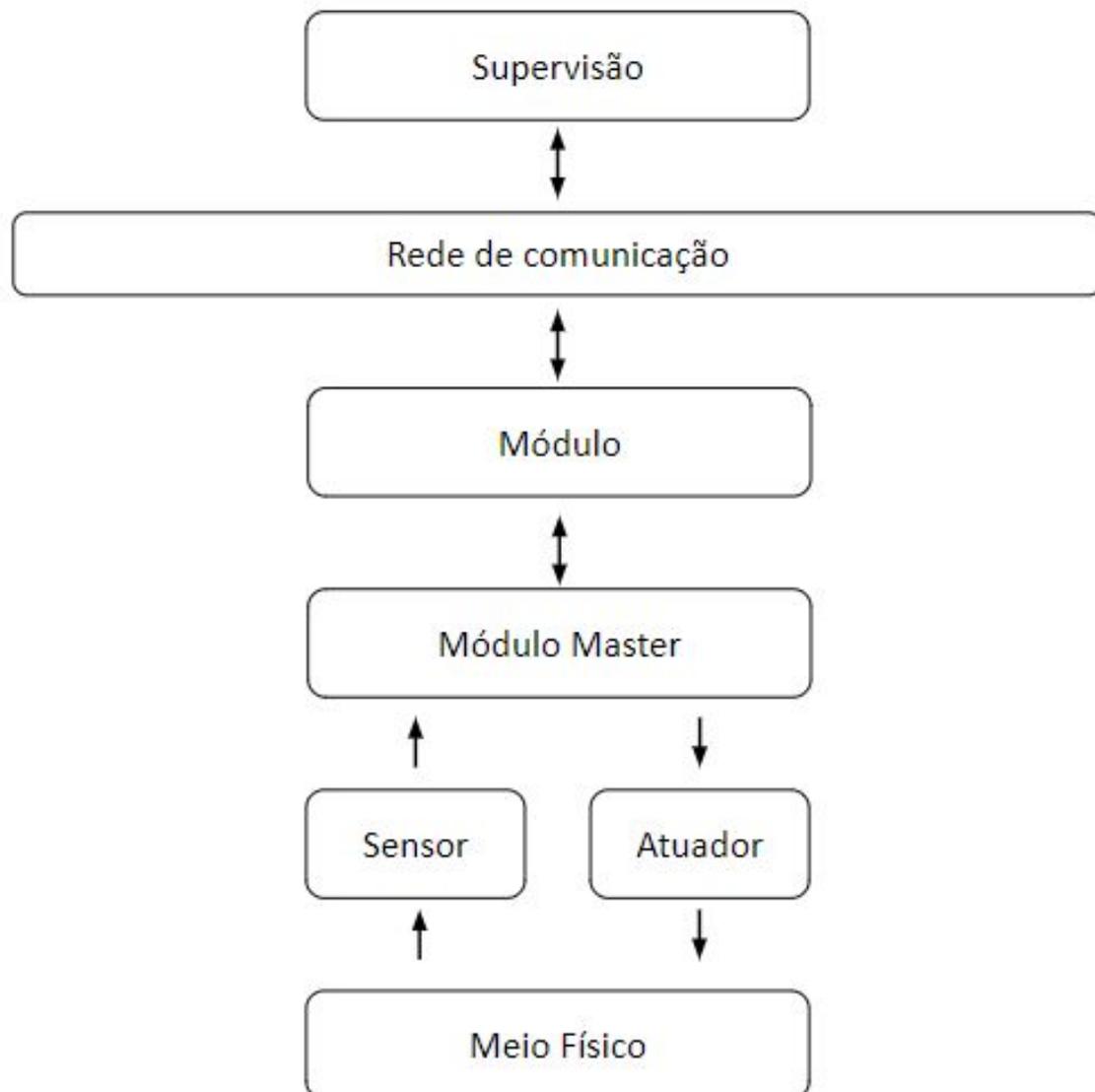


Figura 1 - Fluxograma de aquisição de dados (Fonte própria)

Como propósito, esse projeto tem como principal objetivo o aumento da eficiência dos processos monitorados com baixo custo agregado na compra de equipamento que muitas vezes não são acessíveis às micro e pequenas empresas.

Para isso, como mostrado no fluxograma acima, realizou-se um estudo de qual tipo e combinação atenderiam melhor o projeto gerando um baixo investimento.

Para que isso seja possível, foi visado nesse projeto, equipamento de fácil acesso a qualquer tipo de consumidor e também equipamentos nacionais que por sua vez tendem a possuir um preço inferior aos concorrentes importados, mas sem perder a confiabilidade e qualidade do equipamento.

Além também de buscar sempre garantir a mesma qualidade, confiabilidade e disponibilidade dos sistemas supervisórios já existentes no mercado, com o diferencial de integração com serviços em nuvem.

Placa de processamento de dados

O Raspberry Pi foi originalmente desenvolvido por uma instituição de caridade baseada no Reino Unido. A ideia era que o pequeno computador simples pudesse ser usado para ensinar ciência da computação básica: os alunos poderiam carregar sistemas operacionais simples no Pi, conectar periféricos (como mouse, teclado ou armazenamento adicional) e projetar e executar programas simples.

A principal coisa sobre o Raspberry Pi era que era barato. A ideia era que ele pudesse ser enviado para países em desenvolvimento, disseminando o conhecimento da ciência da computação muito além de países altamente desenvolvidos como o Reino Unido.

A ideia funcionou, mas também despertou interesse fora da comunidade acadêmica, um pequeno computador simples e barato tem muitos usos, e os amadores enxergaram nele muitas maneiras de usar o pequeno dispositivo.

Hoje em dia já se vê projetos e sua utilização a nível industrial, projetos profissionais utilizando desse dispositivo para realizações cada vez maiores, complexas e de grande importância.

Assim como o Raspberry Pi possui um baixo custo, podendo ser facilmente substituído caso seja danificado fisicamente e também apresenta todas as configurações necessário para integração de equipamento como eletrônicos com a internet, que a base do funcionamento de um sistema supervisório.

Sensores e Atuadores

Para entender melhor a função dos sensores em uma aplicação de automação industrial pode-se comparar eles aos olhos, pois são eles que fazem a captura dos estados apresentados por um processo físico em uma linha de produção. Assim como os olhos capturam as imagens e transmitem para o cérebro, os sensores transmitem as informações apresentadas nos processos industriais, que podem ser classificados de acordo com o tipo de sinal, analógico ou digital [Wer96]. Os sensores também podem ser classificados pela sua aplicação como: detectores e medidores

Os detectores são os sensores capazes de transmitir sinais de ligado ou desligado, como por exemplo sensores de presença e fim de curso,

Já os medidores possuem a capacidade de capturar e representar sinais em forma de números, como por exemplo os sensores de nível e temperatura.

Os atuadores em uma automação industrial podem ser comparados com as nossas mãos, pois são elas que realizam as nossas ações. Devido isso os atuadores são responsáveis por fazer as ligações de motores, controle de relés e controle de inversores de frequência entre outros.

Controladores lógicos programáveis

Os controladores lógicos programáveis inicialmente eram usados para o controle automático de sequência de relés, possuindo comando simples de sinal alto e baixo.

Atualmente os controladores realizam complexos controles de sinais analógicos e digital em grandes processos de controle, possuindo grande facilidade de programação e integração com diferentes tipos de sistemas, assim sendo muito utilizado nas redes industriais.

O seu funcionamento consiste na operação e processamento de uma rotina cíclica, tendo como suas principais funcionalidades, interface de programação e controle,

manipulação de dados e capacidade de utilizar instruções aritméticas, comunicação via rede, confiabilidade e velocidade de operação [Main03].

Rede de comunicação

Uma das grandes vantagens da utilização de um sistema supervisório e a capacidade de integração de controladores lógicos industriais com equipamento de processamento de dados com microcomputadores, auxiliando no monitoramento das informações [CV02].

Assim é possível incorporar uma intercomunicabilidade entre os vários elementos integrados na rede, fazendo proveito de todas as suas características especiais, construindo um sistema robusto [Tai98].

Com tudo isso presente em uma rede de supervisão é possível flexibilizar e aproveitar melhor a capacidade que produção de um determinado processo, gerando uma redução nos custos, devido o monitoramento constante de todas as informações geradas a partir da linha de produção.

Softwares e tipos de tecnologias utilizadas

Os sistemas de supervisão de processos ou SCADA (*Supervisory Control And Data Acquisition*). Os primeiros sistemas SCADA desenvolvidos e posteriormente aplicados na indústria, surgiram com os primeiros computadores e eram basicamente telemétricos, com seu funcionamento baseado em monitoramento de sinais representativos que era constituído por lâmpadas e indicadores.

Com o avanço da tecnologia e a evolução dos microcomputadores, eles tiveram cada vez mais um papel importante na operação do sistema SCADA. Os computadores criaram a capacidade de armazenar os dados recebidos pelos sensores e posteriormente serem analisados para tomadas de decisões em relação o processo monitorado [EHH00].

Atualmente os sistemas supervisórios disponibilização em sua interface gráfica de monitoramento, gráficos de tendências de dos recebidos analogicamente ou digital, relatórios de produção e falhas geradas na linha e entre outros. Além disso os sistemas SCADA permitem a automatização e controle de operação, auxiliando na operação de equipamento, garantindo maior eficiência e segurança.

Node-RED

O Node-RED é uma ferramenta para conectar a Internet das Coisas a maneiras novas e interessantes, incluindo dispositivos de hardware, APIs e serviços online. Ele é construído sobre o Node.js e aproveita o enorme ecossistema do módulo de nó para fornecer uma ferramenta que é capaz de integrar muitos sistemas diferentes. Sua natureza leve também o torna ideal para rodar de maneira descentralizada pela rede, como no Raspberry Pi e em outras plataformas disponíveis atualmente.

O Node-RED contém os seguintes nós (como se nomeia as conexões entre os dispositivos e APIs) do Watson IoT que ajudam você a conectar seus dispositivos, gateways e aplicativos ao *Watson IoT Platform* e criar soluções de IoT de maneira ágil.

Watson IoT Node - Um par de nós para conectar seu dispositivo ou gateway à plataforma *IBM Watson Internet of Things*. Um dispositivo ou gateway pode usar esses nós para enviar eventos e receber comandos do aplicativo.

IBM IoT App Node - um par de nós para conectar seu aplicativo ao *Watson IoT Platform*. Um aplicativo pode usar esses nós para receber eventos do dispositivo e enviar comandos de volta ao dispositivo.

Node.js

O Node.js pode ser definido como um ambiente de execução Javascript *server-side*. Isso significa que com o Node.js é possível criar aplicações Javascript para rodar como uma aplicação standalone em uma máquina, não dependendo de um browser para a execução, como estamos acostumados.

Apesar de recente, o Node.js já é utilizado por grandes empresas no mercado de tecnologia, como Netflix, Uber e LinkedIn.

O principal motivo de sua adoção é a sua alta capacidade de escala. Além disso, sua arquitetura, flexibilidade e baixo custo, o tornam uma boa escolha para implementação de Micro serviços e componentes da arquitetura *Serverless*. Inclusive, os principais fornecedores de produtos e serviços Cloud já têm suporte para desenvolvimento de soluções escaláveis utilizando o Node.js.

IBM Watson IoT Platform

É um serviço gerenciado, hospedado em *Cloud*, projetado para tornar simples a derivação dos valores coletados partir dos dispositivos de Internet das Coisas. Ele fornece recursos tais como registro de dispositivo, conectividade, controle, visualização rápida e armazenamento de dados de IOT.

MQTT

Para os dispositivos de Internet das Coisas (IoT), a conexão com a Internet é um requisito. A conexão com a Internet permite que os dispositivos trabalhem entre si e com serviços de *backend*. O protocolo de rede subjacente da Internet é o TCP/IP. Desenvolvido com base na pilha TCP/IP, o MQTT (*Message Queue Telemetry Transport*) tornou-se o padrão para comunicações de IoT.

O MQTT foi inventado e desenvolvido inicialmente pela IBM no final dos anos 90. Sua aplicação original era vincular sensores em pipelines de petróleo a satélites. Como seu nome sugere, ele é um protocolo de mensagem com suporte para a comunicação assíncrona entre as partes.

Um protocolo de sistema de mensagens assíncrono desacopla o emissor e o receptor da mensagem tanto no espaço quanto no tempo e, portanto, é escalável em ambientes de rede que não são confiáveis. Apesar de seu nome, ele não tem nada a ver com filas de mensagens, na verdade, ele usa um modelo de publicação e assinatura. No final de 2014, ele se tornou oficialmente um padrão aberto OASIS, com suporte nas linguagens de programação populares, usando diversas implementações de software livre [Yuan, 2017].

O MQTT é um protocolo de rede leve e flexível que oferece o equilíbrio ideal para os desenvolvedores de IoT:

O protocolo leve permite a implementação em hardware de dispositivo altamente restringido e em redes de largura da banda limitada e de alta latência.

Sua flexibilidade possibilita o suporte a diversos cenários de aplicativo para dispositivos e serviços de IoT.

Codesys

Após estudo realizados, o melhor custo benefício foi o Raspberry pi, pois além de apresentar um baixo custo ele apresenta a capacidade de realizar a conexão com a internet.

Além disso a plataforma CODESYS possui suporte para o Raspberry pi, com isso é possível realizar as programações através do CODESYS Development System em uma distribuição Linux Raspbian, usando o ladder como linguagem de programação, que é umas das linguagens mais usadas no meio industrial.

Também apresenta o suporte para CODESYS WebVisu, para a criação de IHM sem a necessidade de aquisição de um outro equipamento e os pacotes de dados para a integração com o protocolo Fieldbus [CODESYS, 2019], que será usado na comunicação dos equipamentos, reduzindo os custos com conexões elétricas convencionais.

A plataforma CODESYS utiliza com base de programação a linguagem ladder, linguagem que já é utilizada para a programação dos controladores lógicos programáveis. Com esse tipo de programação é possível a utilização de blocos de controle, com funções específicas para tratamento de dados lógicos e analógicos, tornando a programação mais robusta e confiável.

METODOLOGIA

Como propósito esse projeto tem seu principal objetivo o aumento de eficiência dos processos de tratamento térmico de uma linha de produção.

O sistema escolhido para ser monitorado serão os controles de pressão e temperatura de um forno alimentado com gás.

Com o monitoramento desses parâmetros será possível obter um melhor controle e facilidade no diagnóstico de possível defeitos futuros que o equipamento em questão possa vir a ter.

Assim será apresentado toda arquitetura de hardware e software usada para a conclusão do sistema supervisorio, visando o melhor custo benefício para que os sistemas seja acessível para o público alvo que são as micro e pequenas empresas.

Sensores

Para demonstração do funcionamento do sistema supervisorio serão analisados os dados obtidos no processo de tratamento térmico de uma linha de produção. Assim os dados em questão a serem monitorados são temperatura da câmara principal (Forno 1) e secundária (Forno 2), pressão das linhas de fluidos e sensor para monitoramento de atmosfera gerado internamente no forno.

Os sensores serão instalados no equipamento (forno de tratamento térmico), ligados em terminais de comunicação do CLP, para que os sinais gerados pelos sensores sejam convertidos e transmitidos para o módulo de controle via comunicação TCP/IP.

Aquisição de dados

Para a aquisição dos dados gerados pelo equipamento supervisionado pelo supervisorio, será usado sensores de temperatura e pressão para realizar o monitoramento do processo. E atuadores que serão usados caso seja necessária alguma interferência manual ou automática a partir do supervisorio.

Sistema Supervisório Universidade São Francisco

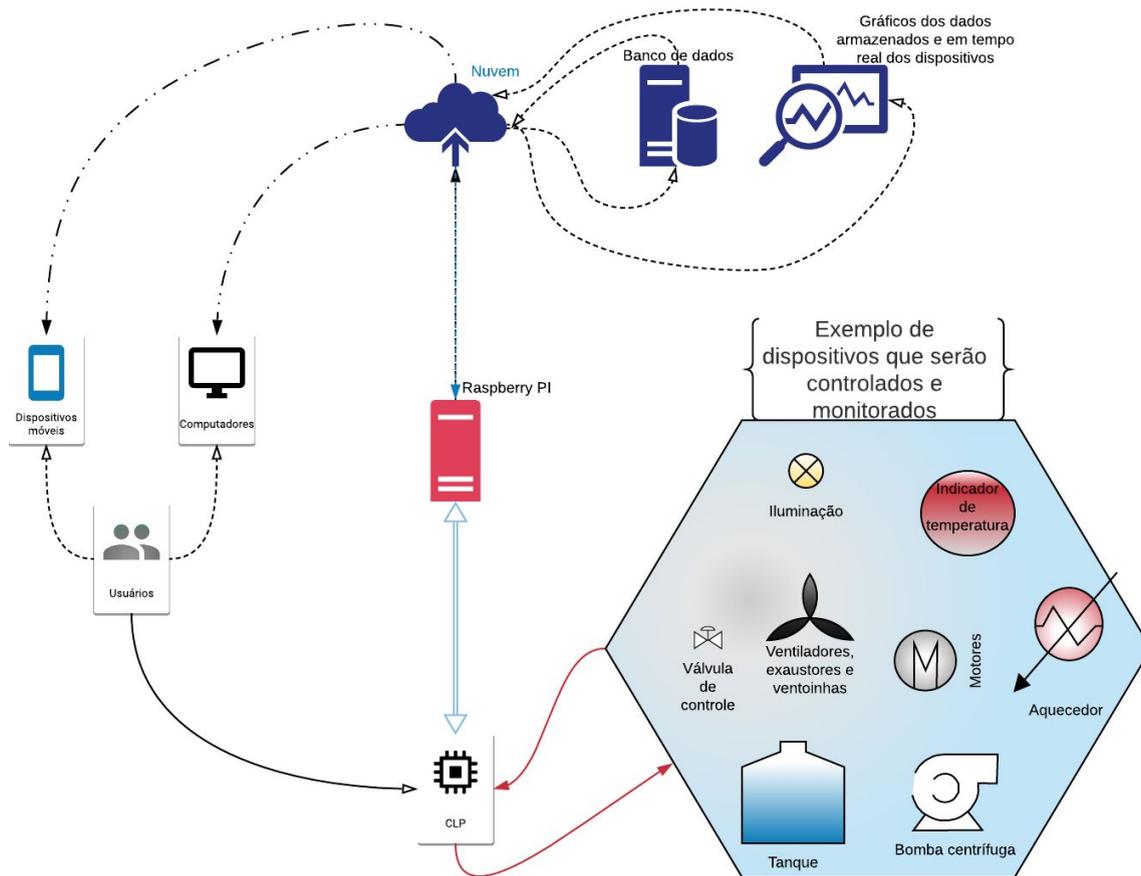


Figura 2 - Fluxograma do processamento de dados (Fonte própria)

No fluxograma acima, mostra como será construído o fluxo e processamento dos dados do sistema supervisório.

Controle e processamento de dados

Para comunicação com os sensores será utilizado um módulo de IO link, onde todos os dados obtidos serão enviados para o módulo de controle através de comunicação TCP/IP.

O módulo de controle será utilizado a placa de processamento Raspberry pi 3 modelo B. Para realizar a programação do módulo de controle será utilizado o software CODESYS.

Como os dados enviados pelo o módulo IO link são sinais de variação de tensão gerados pelos os sensores são necessários a criação de uma lógica de programação para converter esses sinais de tensão em valores de temperatura e pressão.

A imagem a seguir exemplifica como essa conversão é feita:



Figura 3 - Fluxo de conversão de sinais (Fonte própria)

Envio para nuvem

Após o primeiro contato com os dados e o processamento dos mesmos, envia-se para a nuvem utilizando os serviços de *Cloud* IBM, existem diversas empresas que oferecem tais serviços atualmente, visto que é uma área que teve grande expansão nos últimos anos, foi escolhida os serviços de *Cloud* da empresa IBM por ter grande parte dos recursos disponíveis de maneira *free* para testes, podendo migrar para a versão paga ou fazer o *upgrade* da conta sem perder seus projetos já existentes.

Também foi selecionada essa provedora pela familiaridade que um dos integrantes do projeto já tinha com as ferramentas dessa empresa por trabalhar na mesma.

A princípio para poder utilizar tais serviços é necessário criar uma conta utilizando seu próprio email ou um email já existente da organização, após a criação e verificação da identidade já é possível acessar o *web site* e navegar por ele.

No *site* podemos aprender com tutoriais já criados, encontrar livros de assuntos específicos ou para quem está ingressando nessa área, participar de fóruns de discussões para a troca de conhecimento e também caso seja necessário o usuário também consegue abrir chamados com diferentes graus de urgência, para receber assistência de algum funcionário IBM.

Utilizando o *website* é possível ver uma aba chamada catálogo, nela pode-se encontrar todos os serviços disponíveis para serem utilizados, pode-se filtrar por um tipo específico ou por um nome, após selecionar o serviço, pode-se escolher o plano que melhor se adequa a nossa necessidade, por exemplo, caso tenhamos a necessidade de conectar até 1.000 *devices* na nuvem, terá um plano X, entre 1.000 e 2.500, outro plano Y, e assim por diante.

No caso deste projeto, como não se está pagando nada, todos os planos que será utilizado serão da versão *free*, sendo assim o mais básicos, porém ainda sim são planos com uma generosa disponibilidade de recursos, sendo mais do que o suficiente para projetos pequenos, de qualquer forma para uso comercial, com projetos aplicados a clientes reais, é necessário que seja migrado para uma conta comercial, não alterando os serviços mas consequentemente não sendo mais gratuito o seu uso.

Para o projeto foi feito o *deploy* do serviço de IOT, um banco de dados e também foi realizado o *deploy* experimental de algumas ferramentas de análises de dados e *machine learn*, mas que não será usada no momento, segue uma imagem de como são visualizados os serviços que já está sendo utilizados pelo usuário:

Name	Group	Location	Offering	Status	Tags
Filter by name or IP address... Filter by group or org... Filter... Filter... Filter... Filter...					
Devices (0)					
Kubernetes Clusters (0)					
Cloud Foundry Apps (0)					
Cloud Foundry Services (2)					
Cloudant-db	mateus.lima@ibm.com / dev	Dallas	Cloudant	Provisioned	--
IOT	mateus.lima@ibm.com / dev	Dallas	Internet of Things Platform	Provisioned	--
Services (4)					
Cloudant-db	Default	Dallas	Cloudant	Provisioned	env:...
KnowledgeCatalog	Default	Dallas	Knowledge Catalog	Provisioned	--
Watson Studio-(machine learn - tg)	Default	Dallas	Watson Studio	Provisioned	env:...
ibmanalyticsengine-pl	Default	Dallas	Analytics Engine	Provisioned	--
Storage (1)					
cloud-object-storage-dsx	Default	Global	Cloud Object Storage	Provision...	--
Cloud Foundry Enterprise Environments (0)					
Apps (0)					

Figura 4: Interface IBM Cloud (Fonte própria)

Ao abrir o serviço de IOT que foi feito o *deploy*, o usuário é levado para outra página que é gerada automaticamente no momento do *deploy* e é específica para esse serviço, sendo assim privada, lá é configurado o Raspberry para conectar aos serviços de IOT, gerar chaves de acessos para os dispositivos, controlar os usuário e também é onde o usuário visualiza sua "Dashboard" (Painel de controle/visualização), onde se é possível criar diversos *cards* com gráficos, medidores em tempo real, status do sistema entre outros.

Tratamento de dados

Uma vez que o dado está nas nuvens as possibilidades são infinitas, para este projeto são precisos dois serviços extremamente importantes, o primeiro dele é o IBM IOT Cloud para a conexão entre o Node-RED e o outro é o banco de dados, no caso Cloudant, esses dois serviços irão garantir a segurança, conectividade, disponibilidade e armazenamento dos dados a serem enviados do Raspberry para a nuvem.

Estes dados são sincronizados utilizando uma chave única, que garante a segurança das informações e também torna o dispositivo único, não havendo assim possibilidade de mesmo dispositivo ser utilizado por engano ou de forma maliciosa por outro ambiente.

Uma vez garantida a segurança das informações é necessário que se sincronize no serviço de IOT uma ferramenta de backup, porque caso não se tenha um lugar para armazenar os dados que estão sendo transmitidos em tempo real, primeiramente toda vez que se sair do *dashboard* do IOT estes dados serão perdidos e também sem um histórico de valores, alertas ou mensagens que estão sendo visualizadas, não será possível fazer a análise e estudo dos mesmos, o armazenamento dos dados coletados é importante para que se possa fazer previsões em cima deles, logo quanto mais dados forem coletados e quanto maior for o tempo, mais histórico se terá, podendo assim fazer previsões, análises e conclusões mais precisas, este projeto não terá grandes volumes de dados pelos tipos de dados coletados, porém dependendo do tipo de dado que se coleta, empresas podem ter grandes volumes de dados sendo armazenados todos os dias, cada dia coletando ainda mais e aumentando sempre

a volumetria, disto surgiu a expressão *Big Data*, expressão que cada dia tem se tornado cada vez mais recente, uma vez que empresas estão trabalhando cada vez mais com grandes quantidades de dados.

Garantindo então esses dois serviços essenciais para o projeto, que irá tornar possível a análise e predição dos dados, se pode integrar muitos outros serviços, que uma vez configurados e sincronizados, irão utilizar os dados já existentes no banco de dados, alguns serviços por exemplo são Watson Studio (Machine Learn) e IBM Analytics Engine (Para realização de análise dos dados por uma inteligência artificial, utilizando recursos disponibilizados pela própria IBM, como processadores extremamente rápidos e grande quantidade de memória), tornando o estudo dos dados ainda mais eficiente e automatizado.

Processamento

A maior parte do processamento dos dados deste projeto será feita utilizando os serviços disponibilizados nas nuvens pela provedor que escolhemos, no caso IBM Cloud, porém outras empresas também oferecem serviços parecidos, como já foi citado uma vez, isso também se deve pelo tipo de sistema operacional que foi escolhido para rodar no Raspberry PI, existem diversos sistemas operacionais gratuitos para se instalar no Raspberry PI, dentre eles os que mais se destacaram para a necessidade desse projeto, no caso IOT foi o Raspian, que é o sistema operacional oficial para todos os Raspberrys PI e o Windows IOT Core.

Porém caso fosse utilizado o Windows IOT Core, os dados antes de serem enviados para a nuvem, seriam tratados utilizando o próprio Raspberry PI e também um computador (que seria necessário estar sempre conectado pois executaria a parte mais pesada do processamento), sendo assim exigiria muito do Raspberry PI além de ser necessário também sempre um computador, tornando a implementação mais complexa além também do aumento dos custos, por isso o sistema operacional que foi escolhido para ser utilizado foi o próprio Raspian.

Os dados só são coletados pelo Raspberry e transferidos para a nuvem, ou o Raspberry só transmite alguma instrução para o PLC, porém as tomadas de decisões, processamento, armazenamento e tratamento dos dados serão feitas utilizando a nuvem, diminuindo assim não só o processamento, mas também os custos do projeto, para a aplicação deste projeto, o processamento disponibilizado pelos serviços da IBM Cloud são muito mais do que suficientes.

Controlador lógico programável

Como o módulo de comunicação que será utilizado no controle do sistema supervisorio não permite uma integração direta com sensores indústrias, pois possuem tensão de funcionamento de 24V e para o módulo de controle é necessário sensores que atuem dentro da faixa de tensão em 0 e 5V, limitando as opções de sensores disponíveis no mercado com as especificações necessárias para o desenvolvimento do projeto.

Assim para atender as necessidades de comunicação entre o módulo de controle e os sensores instalados no equipamento supervisionado será utilizado um módulo OI link, garantido eficiência na troca de sinais entre os equipamentos.

Foi escolhido a utilização do OI link, devido ser um equipamento já totalmente integrado no ambiente industrial. E também por ser um equipamento robusto e projetado para estar funcionando em ambientes hostis, eliminando oscilação de tensão que possa danificar o funcionamento do módulo de controle.

Para a integração do OI link com a rede de comunicação do sistema supervisorio será utilizado o protocolo Profinet entre o módulo e o master, em que todas as solicitações de controle e permissões serão enviadas pelo módulo, tornando o master responsável somente pela ligação física com os sensores e atuadores.

Módulo de comunicação

A principal função do Raspberry PI para esse projeto é como um intermediador entre as ações e instruções enviadas para o OI link e as informações recebidas pelo mesmo, por isso o nome sistema supervisorio, a comunicação entre o Raspberry PI e a nuvem será feita através do protocolo MQTT e também utilizando o Node-RED.

Este protocolo e serviço simultaneamente enviarão e coletaram os dados que trafegam entre a nuvem e o Raspberry PI, a conexão pode ser por cabo de dados ou via Wifi que já é integrado a placa do mesmo, podendo assim escolher a melhor forma de conexão dependendo do ambiente e velocidade das conexões disponíveis. Quanto a comunicação do Raspberry PI e o OI link, será feita via Profinet, usando um cabo de dados para ter uma conexão que suporta uma maior taxa de quantidade de dados trafegando.

Comunicação

Para realizar a comunicação entre o OI link e o módulo de controle será utilizado o protocolo de comunicação Profinet, onde os dois equipamentos serão conectados como um cabo de rede.

Nessa comunicação será definido o módulo de controle como Master e o OI link como escravo. Assim todas as configurações e comandos serão controladas a partir do módulo centralizando a programação somente em um único equipamento.

Para configurar a comunicação Profinet no módulo é necessário instalar os arquivos GSMD, que é as pré-configurações de endereços de entradas e saídas do OI link. Primeiramente é adicionado no CODESYS a placa de comunicação Raspberry pi 3, para que o programa criado possa ser configurado corretamente.

Após configurar a placa de comunicação é necessário adicionar um novo device a partir do GSMD já instalado no CODESYS. O device instalado é referente ao OI link que será conectado na rede Profinet para a transmissão de dados.

Armazenamento

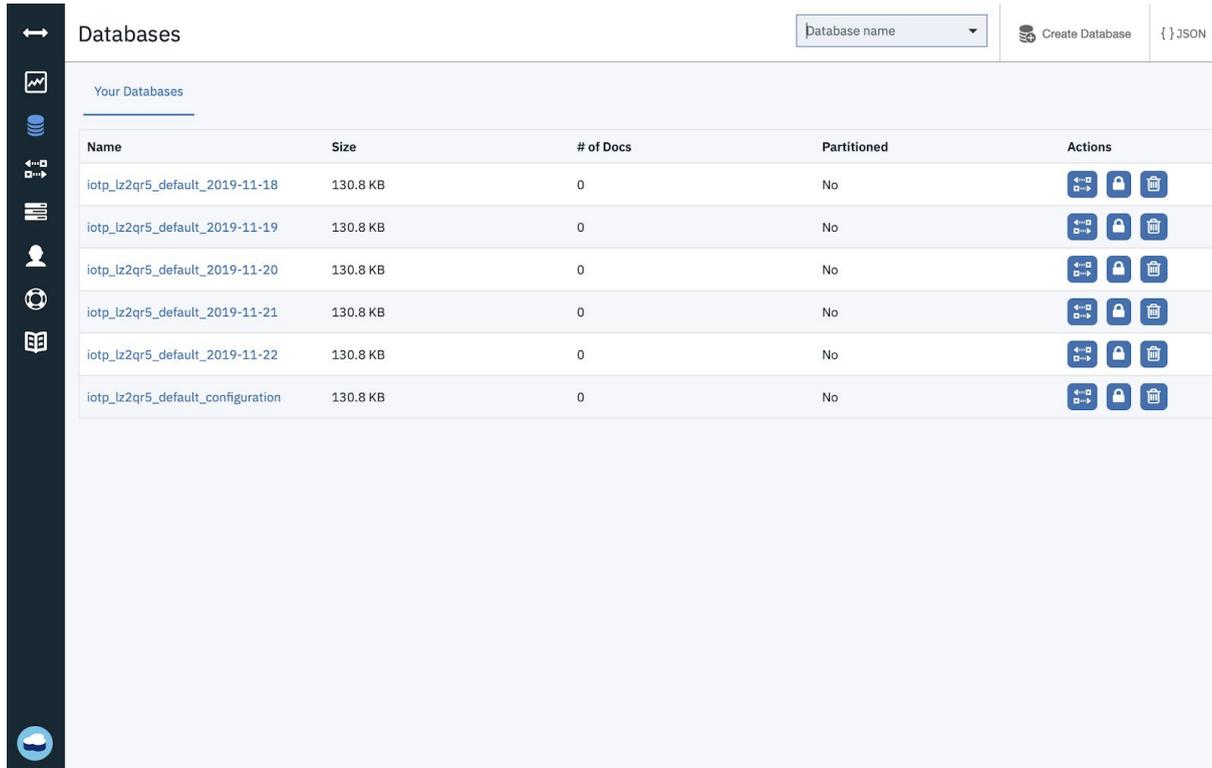
Aos escolher um banco para armazenamento se tem diversas opções, a escolha deve ser feita baseando na aplicação desejada, compatibilidade e como se deseja ser feito o armazenamento. Para o projeto foi escolhido para ser sincronizado ao serviços de IOT o banco de dados Cloudant, que é um serviço de banco de dados distribuído e não relacional com o mesmo nome, sendo a maneira mais simples e rápida de se implementar um banco ao projeto, no catálogo dos serviços ofertados pela IBM existem outros banco.

Porém como o objetivo do projeto não é a administração ou configuração de um banco de dados, o Cloudant foi a melhor opção devido a sua fácil configuração e sincronização, assim que foi o deploy do banco, o processo de sincronização e configuração foi super rápido, cerca de 10 minutos e já era possível armazenar os dados coletados no banco de dados.

Importante salientar que os dados ficam protegidos, sendo possível o acesso somente pelo usuário com os privilégios necessários, pois mesmo sendo um ambiente na nuvem e

compartilhado, todas as aplicações são criadas de forma que um cliente não tenha acesso ao outro, garantindo assim a segurança das informações armazenadas.

A imagem abaixo mostra como é a interface do banco de dados quando se acessa ele, podendo verificar também os arquivos que vão sendo criados e armazenados no banco:



The screenshot shows the Cloudant Databases interface. At the top, there is a search bar for 'Database name', a 'Create Database' button, and a JSON icon. Below this is a table titled 'Your Databases' with the following columns: Name, Size, # of Docs, Partitioned, and Actions. The table contains seven rows of database information.

Name	Size	# of Docs	Partitioned	Actions
iotp_lz2qr5_default_2019-11-18	130.8 KB	0	No	[Icons for refresh, lock, delete]
iotp_lz2qr5_default_2019-11-19	130.8 KB	0	No	[Icons for refresh, lock, delete]
iotp_lz2qr5_default_2019-11-20	130.8 KB	0	No	[Icons for refresh, lock, delete]
iotp_lz2qr5_default_2019-11-21	130.8 KB	0	No	[Icons for refresh, lock, delete]
iotp_lz2qr5_default_2019-11-22	130.8 KB	0	No	[Icons for refresh, lock, delete]
iotp_lz2qr5_default_configuration	130.8 KB	0	No	[Icons for refresh, lock, delete]

Figura 5: Interface Cloudant (Fonte própria)

Interface Gráfica

Conforme o privilégio do usuário, será possível visualizar mais ou menos informações no painel de controle, o mesmo serve para as ações disponíveis a serem tomadas, os cartões podem ser criados, personalizados e alterados facilmente, podendo adicionar outras *dashboards* para separar quais tipos de informações se tem ali, assim também como se é possível adicionar novos cartões a qualquer momento.

Para este projeto as informações que precisaremos visualizar em tempo real são, primeiramente o status do Raspberry PI para verificar se ele está rodando normalmente, o status de conexão com o OI link, além também das informações dos sensores e atuadores do sistema integrado ao OI link, também será necessário adicionar cartões para alertas de anomalias ou alertas de emergências.

A imagem abaixo exemplifica como se visualiza os cartões, neste caso o print foi obtido no dashboard principal, onde se encontra as informações do Raspberry PI:

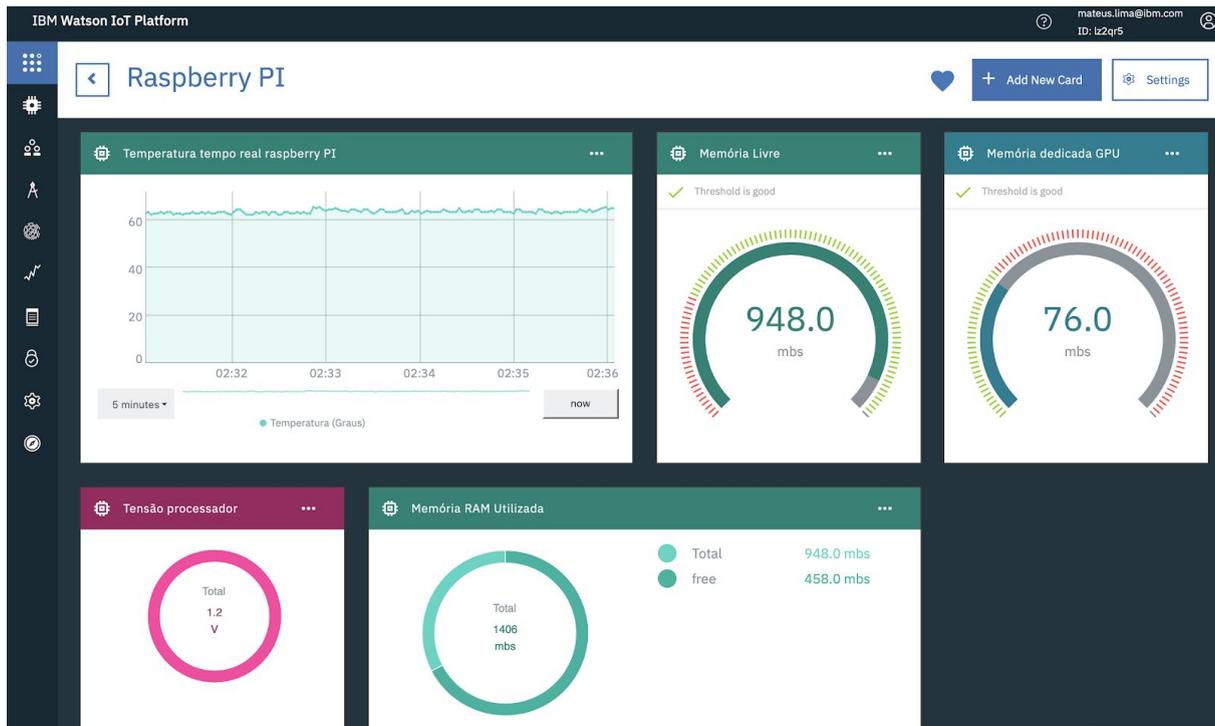


Figura 6: Interface Dashboard IOT (Fonte própria)

RESULTADOS

Para apresentar os resultados obtidos com o desenvolvimento do sistema supervisorio e avaliar se suas funcionalidades poder geram competitividade em relação aos outros sistemas disponíveis no mercado, será utilizado outro supervisorio como base de comparação.

O sistema supervisorio utilizado para comparação, foi desenvolvido especificamente para o monitoramento da linha de produção proposta neste artigo.

Na imagem abaixo é possível ver a arquitetura usado para a coleta e monitoramento dos dados.

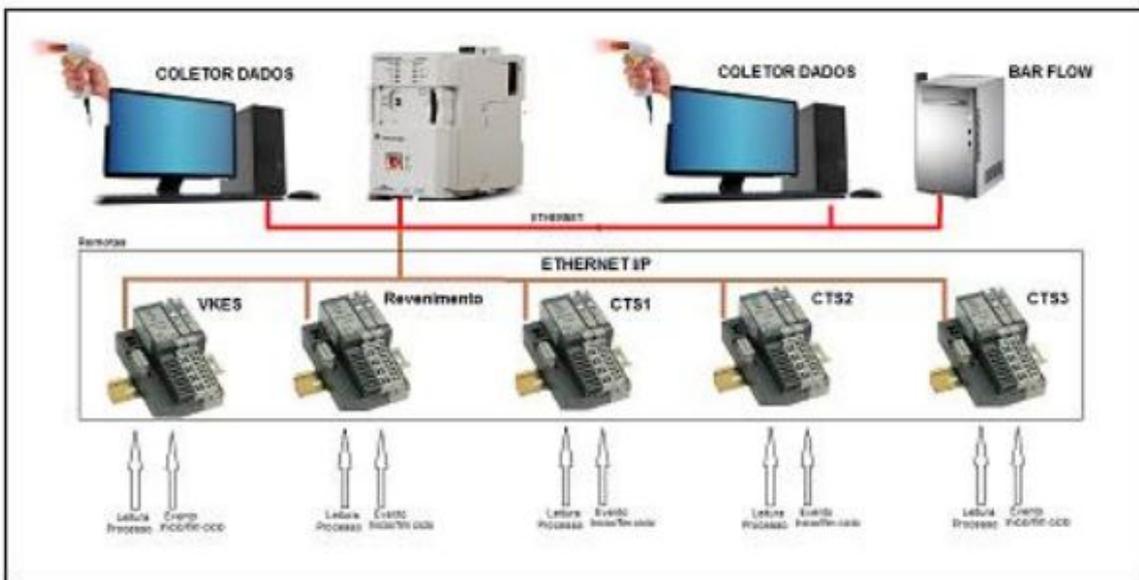


Figura 7: Arquitetura do sistema supervisorio.

Como se é possível ver na imagem anterior, a arquitetura do sistema supervisório utilizado como base de comparação é constituída por:

- Um Programa do Sistema Supervisório.
- Licença de engenharia e *runtime* do FACTORY STUDIO-TATSOFT
- Ponto de acesso do Sistema Supervisório nos microcomputadores
- Um Painel local com CLP S7-1500 SIEMENS, *switch* e fonte de 24Vcc
- Cinco Painéis locais com módulos de remotas e fontes de 24Vcc
- Rede SCADA interna para comunicação com o servidor interno
- Servidor para gerenciamento de banco de dados

É possível destacar que as principais diferenças entre os dois sistemas supervisórios estão no armazenamento do banco de dados, que do sistema usado para comparação é feito em um servidor interno na própria empresa e o do sistema desenvolvido neste artigo usa o Cloudant da IBM, para seu armazenamento e gerenciamento.

Outro ponto importante é a escolha do módulo de controle para o envio dos dados para a internet, que no sistema em comparação utiliza um controlador com valor elevado em relação a o utilizado pelo sistema supervisório desenvolvido neste artigo.

Como a proposta deste artigo foi o desenvolvimento de um sistema supervisório de baixo custo, visando manter todas as funcionalidades, mas promovendo outras soluções para tornar os sistemas mais atraente para as empresas, em relação o investimento necessário para sua implementação.

Visando isso a arquitetura do sistema desenvolvido neste trabalho, contempla algumas soluções que podem vir a diminuir os custos.

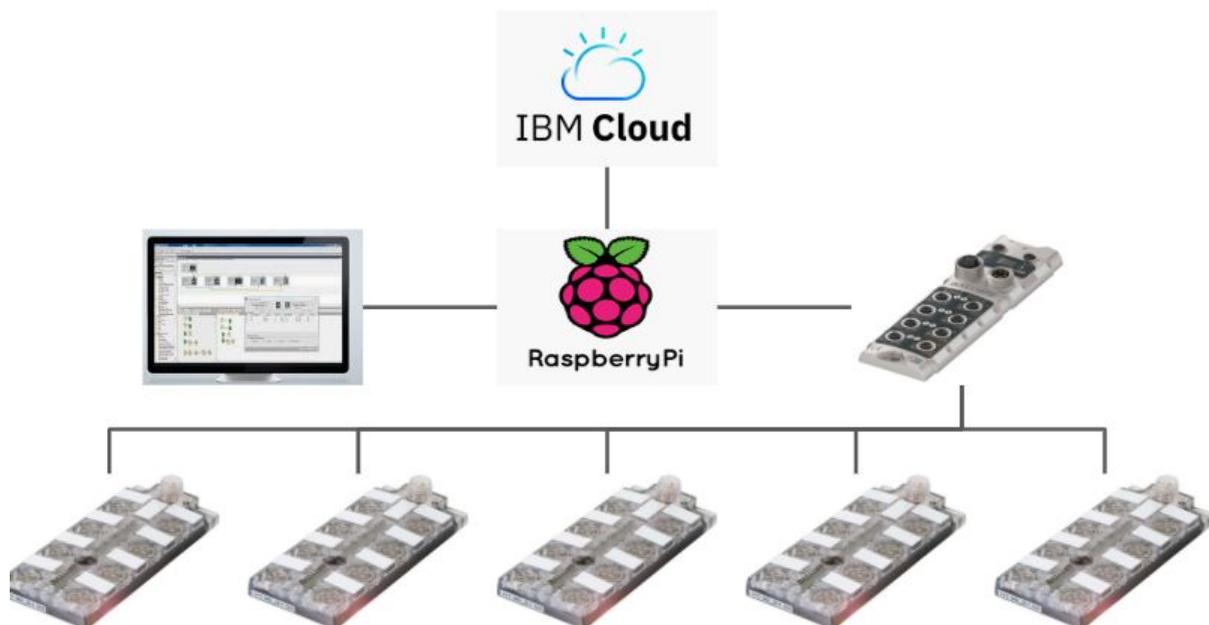


Figura 8 - Arquitetura do sistema proposto. (Fonte própria)

Conforme visto na figura acima, o sistema é composto por:

- Um Módulo de controle
- Um Módulo Master de IO-link
- Cinco unidade de IO-link
- Um terminal para o operador

- Porto de rede para conexão com a internet

No sistema desenvolvido fica fácil notar que se trata de um sistema simples, avaliando-se pela parte de hardware. Mas a grande vantagem está na plataforma da IBM, onde já foi citada neste artigo.

Para melhor comparação, segue abaixo a tabela de custo do desenvolvimento e implementação do sistema supervisorio usado de comparação neste artigo e o custo do sistema desenvolvido neste projeto.

Descrição do serviço	Custo
Programa do sistema supervisorio	R\$ 148.839,00
Software TatSoft ou Indusoft	R\$ 14.841,00
Comissionamento do Sistema Supervisorio	R\$ 79.118,00
Painéis Locais	R\$ 77.252,00
Total	R\$ 320.050,00

Tabela 1 - Custo de implementação do sistema supervisorio em comparação (Fonte própria).

Descrição do serviço	Custo
Licença do IBM IoT	7.342,00 (IOT) + 500,00 (Banco de Dados)
Módulo de Raspberry PI	200,00
<i>Master Balluf</i>	5.000,00
<i>IO-link Balluf</i>	3.750,00
Computador	1.231,12
Painel Elétrico	3.500,00
Total	21.523,12

Tabela 2 - Custo de implementação do sistema supervisorio desenvolvido (Fonte própria).

É possível ver que o custo para implementação do sistema supervisorio usado como comparativo é de certa forma bem elevado, em que para se obter um retorno no investimento pode levar anos, tornando o investimento inviável para pequenas e microempresas. Mas o sistema desenvolvido neste artigo apresenta um custo bem inferior, assim o tornando em uma opção mais viável.

Como o foco é o sistema supervisorio em si, não se foi utilizado sensores reais, simulando assim via *script* na linguagem bash a variação de um sensor medindo um forno, porém os dados foram enviados e coletados pelo NODE-RED via MQTT, simulando assim como um dispositivo ou sensor real faria, tornando assim a implementação do sistema fácil de rápida, sendo necessário apenas configurar os parâmetros adequados para o seu dispositivo em específico, é importante salientar também a facilidade de escalonamento do sistema, uma vez que é possível duplicar x e apenas reconfigurá-lo para o novo dispositivo.

Abaixo é demonstrado como foi realizada a configuração final do *palette* e seus "nodes" no NODE-RED, a fim de demonstrar como é feita a aquisição de dados pelo mesmo e enviado para a nuvem (enviado para o "watson", Watson foi o fundador da IBM, utilizam esse nome para associar a seus serviços de nuvem e/ou inteligência artificial).

O NODE-RED é acessado localmente no servidor ou computador via o destino "<http://127.0.0.1:1880/>".

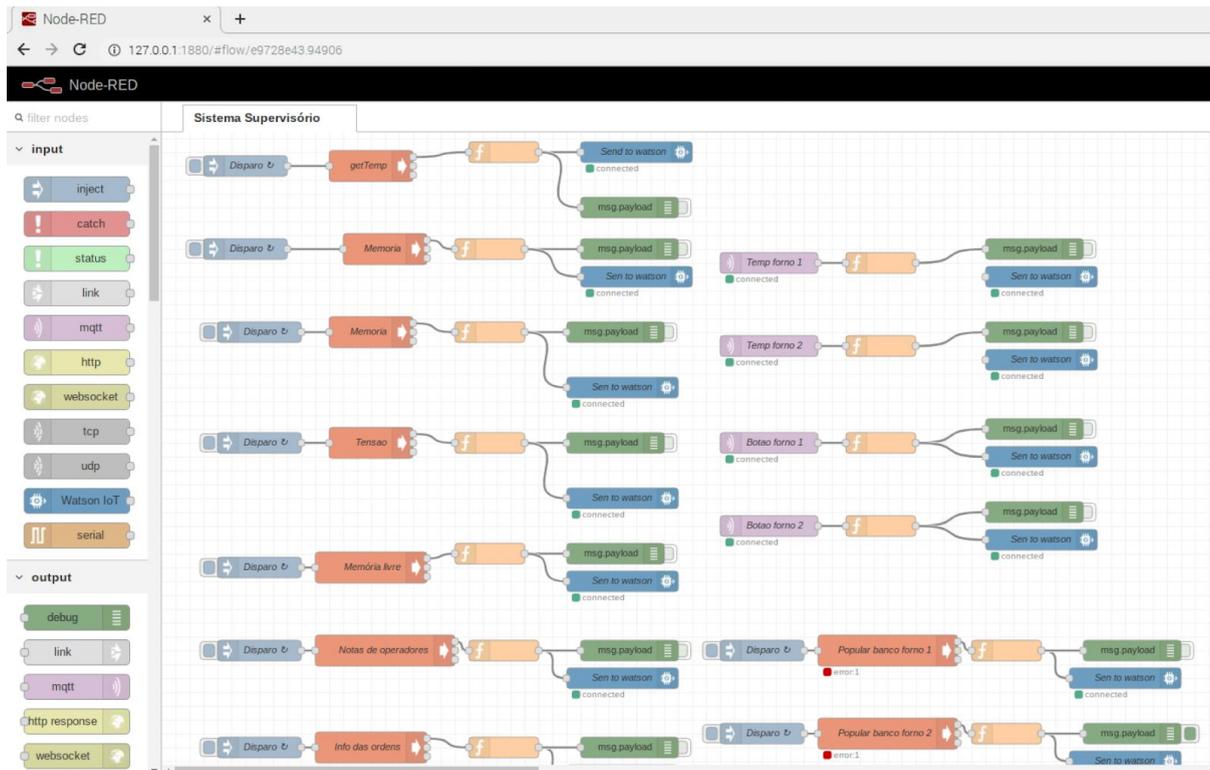


Figura 9 - NODE-RED. (Fonte própria)

O Raspberry foi configurado para que em caso de queda de energia, *reboot* programado ou indesejado e desligamento acidental, quando energizado novamente o sistema já entra automaticamente em um usuário pré programado, neste caso o *user* "tcc" (criado e nomeado conforme a escolha e necessidade do cliente) e após isso todos os serviços necessários são iniciados automaticamente, como por exemplo os serviços de MQTT e NODE-RED, que são fundamentais para o funcionamento do sistema supervisório.

Após todas configurações criadas e configuradas, todos os serviços operantes e sincronizados a nuvem, criou-se a interface gráfica que o cliente, gerente, operadores, entre outros, acessem. Criou-se os dois "cards" essenciais para o monitoramento.

O primeiro *card* chamado Raspberry PI, já foi apresentado na figura 5, onde se é possível obter informações detalhadas do status do Raspberry, como temperatura do processador, memória livre e tensão do processador, o segundo *card* chamado Supervisório é onde se obtém toda informação necessária do sistema supervisório, como temperatura dos fornos, notas fixadas pelos operadores, para que o próximo turno ou os gerentes vejam, além também da fluxo de dados dos sensores com histórico, é importante evidenciar que todos os dados são visualizados em tempo real.

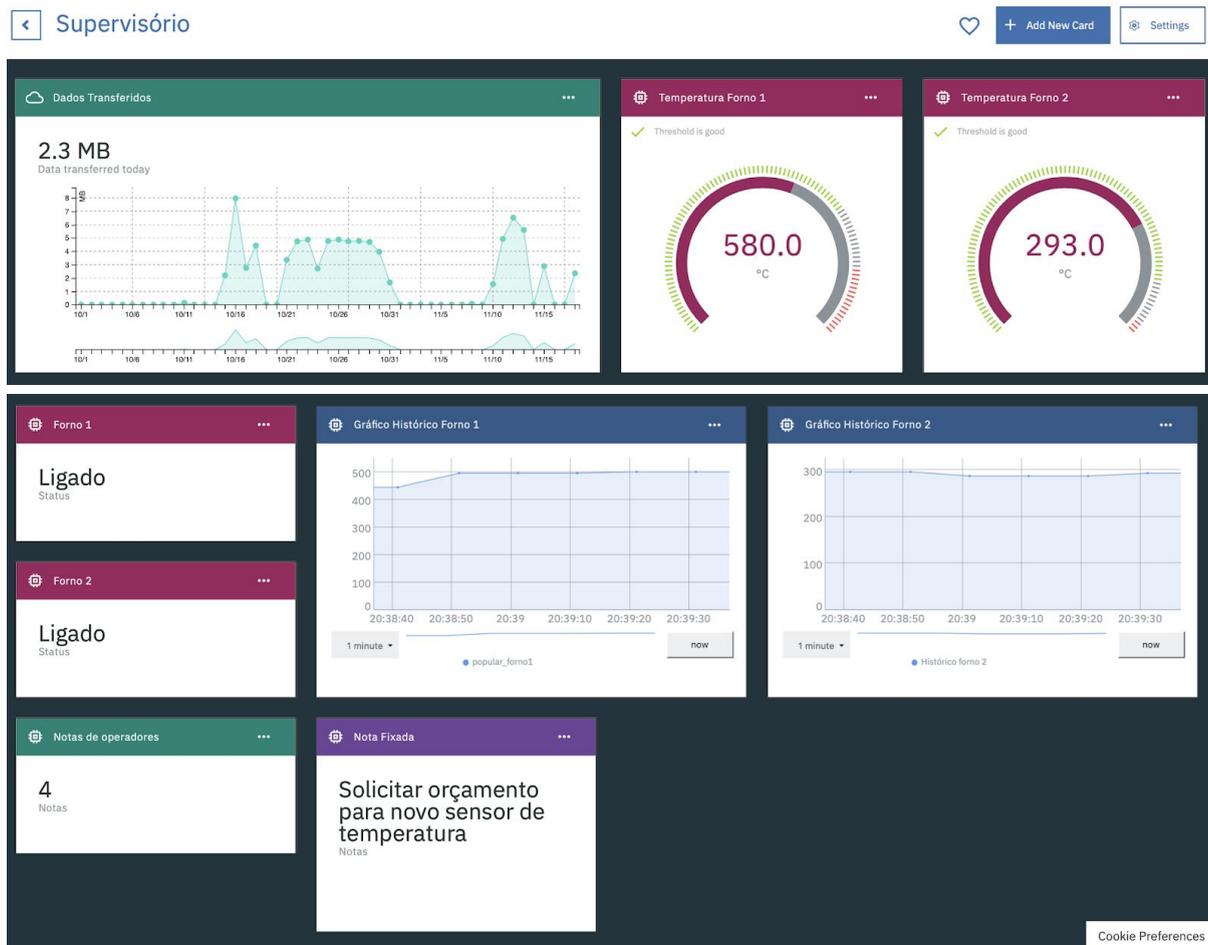


Figura 10 - Dashboard Sistema Supervisório. (Fonte própria)

Criando assim uma interface intuitiva com fácil identificação dos parâmetros e status dos equipamentos a serem monitorados, os cards também podem ser facilmente movimentados, para que caso o usuário queira, ele possa também personalizar conforme sua necessidade, porém também pode ser bloqueado sua movimentação, caso o cliente opte dessa maneira, a interface pode ser totalmente modificada e ajustada de acordo com a necessidade do cliente, sendo também escalonável, podendo assim adicionar mais *cards*, conseqüentemente, adicionando mais dispositivos ou parâmetros importantes a serem monitorados ou de fácil acesso a partir de qualquer lugar no mundo, sendo desde um smartphone até um *desktop* em uma linha de produção, desde que com acesso a internet.

O gráfico atrelado ao banco de dados, torna possível acessar o histórico da temperatura do forno em tempo real, com isso se é possível criar uma análise muito mais rápida e precisa em caso de alguma anomalia ou mesmo apenas para validar se o funcionamento está dentro dos parâmetros pré-determinados.

Com isso se obtém o resultado esperado, criando assim um sistema supervisório capaz de atender aos requisitos do cliente, sendo personalizável, escalável, confiável e integrado à nuvem, podendo proporcionar acesso em tempo real aos dados recebidos pelos sensores em qualquer lugar, de qualquer dispositivo com acesso internet e também com um custo inferior aos grandes sistemas supervisórios industriais, facilitando assim o acesso e sendo mais atrativo para micro e pequenas empresas, que têm o desejo ou necessidade de implementação de um sistema supervisório que proporciona todas as funções que se é esperada de um SCADA, indo além e proporcionando também a integração com a nuvem e um bando de dados.

CONCLUSÃO

O sistema supervisorio proposto apresentou resultados esperados como a integração de diferentes tipos de equipamentos, flexibilidade na configuração da interface de monitoramento de dados, confiança no armazenamento das informações, uma vez que o banco de dados fica em nuvem e a empresa provedora, neste caso a IBM, se encarrega de criar redundâncias a ponto de que caso o *data center* onde está armazenado os dados tenha algum problema técnico ou até mesmo algum dano, como por exemplo desastres naturais, o dado esteja guardado de forma redundante em um data center localizado em outra localidade.

Não só para o armazenamento de dados, todo o serviço na nuvem provisionado é redundante, garantindo assim uma alta disponibilidade do serviço. Além de ser totalmente escalonável, possibilitando também duplicar *cards* e *nodes*, facilitando assim a configuração de novos dispositivos ou até mesmo a nova implementação de um novo projeto, não sendo necessário reconfigurar tudo novamente, mas somente adequar para a necessidade do cliente.

O acesso em tempo real e o histórico dos dados enviados pelos sensores auxilia os operadores e gestores a realizarem análises, previsões e tomadas de decisões de forma mais ágil e precisa, por fim sua interface intuitiva, personalizável e flexível às necessidades do cliente torna a experiência mais agradável e satisfatória.

Sendo assim o sistema supervisorio desenvolvido atende totalmente os requisitos para a implementação de um sistema do tipo, possibilitando assim a implementação do sistema em projetos reais, com um custo de implementação e manutenção inferior aos industriais, atingindo assim o objetivo de ser uma alternativa mais em conta e com integração dos serviços em nuvem para micro e pequenas empresas.

BIBLIOGRAFIA

Marcelo Martins Wemeck, **Transdutores e interfaces**. Livros Técnicos e Científicos, 1996.

André Laurindo Maitelli. **Controladores Lógicos Programáveis**. Disponível em: www.dca.ufrn.br/~maitelli.2003, acesso em: maio de 2019.

Michael Yuan, **Conhecendo o MQTT**, 2017, Disponível em: <https://www.ibm.com/developerworks/br/library/iot-mqtt-why-good-for-iot/index.html>, acesso em: maio de 2019.

Connecting Raspberry Pi as a Device to Watson IoT using Node-RED, 2016, Disponível em: <https://developer.ibm.com/recipes/tutorials/deploy-watson-iot-node-on-raspberry-pi/>, acesso em: maio de 2019

Build the foundation of an IoT app with Node-RED and Raspberry Pi, Disponível em: <https://www.ibm.com/cloud/garage/tutorials/raspberry-pi-iot?task=2> , acesso em: agosto de 2019

Gather, visualize, and analyze IoT data, Disponível em: <https://cloud.ibm.com/docs/tutorials?topic=solution-tutorials-gather-visualize-analyze-iot-data> , acesso em: junho de 2019