

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETRÔNICA  
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM TECNOLOGIA E SOFTWARE LIVRE

IAGO CAVALARO MARQUES

**DESENVOLVIMENTO DE APLICATIVO ANDROID PARA  
UTILIZAÇÃO DE DISPOSITIVOS MÓVEIS COMO INTERFACE  
HOMEM MÁQUINA DE UM CONTROLADOR INDUSTRIAL**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

CURITIBA  
2017

IAGO CAVALARO MARQUES

**DESENVOLVIMENTO DE APLICATIVO ANDROID PARA  
UTILIZAÇÃO DE DISPOSITIVOS MÓVEIS COMO INTERFACE  
HOMEM MÁQUINA DE UM CONTROLADOR INDUSTRIAL**

Monografia de Especialização, apresentada ao Curso de Especialização em Tecnologia e Software Livre, do Departamento Acadêmico de Eletrônica, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista.

Orientador: Prof. Msc. Lincoln Herbert Teixeira

CURITIBA  
2017



## TERMO DE APROVAÇÃO

### DESENVOLVIMENTO DE APLICATIVO ANDROID PARA UTILIZAÇÃO DE DISPOSITIVOS MÓVEIS COMO INTERFACE HOMEM MÁQUINA DE UM CONTROLADOR INDUSTRIAL

por

**Iago Cavalaro Marques**

Esta monografia foi apresentada às 20 horas do dia 23 de fevereiro de 2017 como requisito parcial para a obtenção do título de ESPECIALISTA EM TECNOLOGIA E SOFTWARE LIVRE, do Programa de Pós-Graduação da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após a deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

---

Msc Christian Carlos Souza Mendes  
UTFPR

---

Msc Leandro Batista de Almeida  
UTFPR

---

Msc Fabiano Kuss  
SERPRO

---

Prof. Msc Lincoln Herbert Teixeira

## RESUMO

MARQUES, Iago. **Desenvolvimento de aplicativo Android para utilização de dispositivos móveis como interface homem máquina de um controlador industrial**. 2017. 42 f. Monografia (Curso de Especialização em Tecnologia e Software Livre), Departamento Acadêmico de Eletrônica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2017.

Na indústria não é costumeiro a utilização do protocolo TCP/IP devido a algumas limitações que importam em menor confiabilidade da comunicação. O objetivo desse trabalho consiste no desenvolvimento e aplicação de um sistema que possibilita a troca de informações entre controladores industriais e dispositivos móveis via protocolo TCP/IP e, com isso, mostrar a viabilidade da utilização desse protocolo para algumas aplicações que resultem em economia sem perda de confiabilidade além de possibilitar a implementação de novos recursos. O sistema consiste em um computador servidor que efetua a comunicação entre um tablet e um controlador industrial. Por fim são discutidos os resultados obtidos e possíveis aplicações para trabalhos futuros.

**Palavras chave:** *smartphone*, PLC. *webserver*. Android, JSON.

## ABSTRACT

MARQUES, Iago. **Development of an Android App for mobile device as man/machine interface of an industrial controller**. 2017. 42 f. Monography (Specialization Course in Technology and Free Software), Academic Department of Electronics, Federal Technological University of Paraná. Curitiba, 2017.

At industry, it is not usual to use TCP/IP protocol due to some limitations that results in lower communication reliability. This study objective is to develop and implement a system that enables information exchange between industrial controllers and mobile devices by TCP/IP protocol and, with that, show the viability of this protocol for applications that results in economy without lowering communication reliability besides enabling new resources implementation. The system consists in a server computer that makes the communication between a tablet and a industrial controller. At last, This paper also discusses the results and probable application for future works

Keywords: smartphone, PLC. webserver. Android, JSON.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Imagem de prensa eletrônica industrial

Figura 2 – Esquema básico de PLC

Figura 3 – Foto de CLPs e contadoras em um painel elétrico

Figura 4 – Foto das cabeças remotas

Figura 5 – Sensor indutivo

Figura 6 – Foto de berço monitorado por sensores indutivos

Figura 7 – Bloco de válvulas pneumáticas e unidade de tratamento

Figura 8 – Imagem de painel de interface antigo

Figura 9 – Interface homem máquina

Figura 10 – Interface homem máquina em dispositivo móvel

Figura 11 – Topologia do sistema

Figura 12 – Roteador utilizado

Figura 13 – Switch utilizado

Figura 14 – Computador servidor

Figura 15 – Topologia do utilizada

Figura 16 – Ambiente de desenvolvimento Android Studio

Figura 17 – Ambiente de desenvolvimento Eclipse

Figura 18 – Exemplo comandos de acesso à leitura e escrita do PLC

Figura 19 – TIA Portal V13

Figura 20 – Habilitando servidor no TIA Portal V13

**LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÔNIMOS**

CLP	Controlador Lógico Programável
HTTP	HyperText Transfer Protocol
HTML	HyperText Markup Language
IHM	Interface Homem Máquina
LAN	Local Area Network
JSON	JavaScript Object Notation
PLC	Programmable Logic Controller
TI	Tecnologia da Informação
TIA	Totally Integrated Automation

## SUMÁRIO

<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>18</b>
1.1	PROBLEMA .....	19
1.2	Objetivo.....	19
1.2.1	OBJETIVO GERAL.....	19
1.2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	19
1.3	JUSTIFICATIVA.....	20
1.4	ESTRUTURA DO TRABALHO .....	20
<b>2.</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....</b>	<b>21</b>
2.1	MÁQUINAS INDUSTRIAIS .....	21
2.1.1	PROCESSO .....	21
2.1.2	CONTROLADORES.....	22
2.1.3	SENSORES .....	24
2.1.4	ATUADORES .....	25
2.1.5	INTERFACE HOMEM MÁQUINA.....	26
2.2	DISPOSITIVOS MÓVEIS.....	28
2.2.1	ANDROID .....	28
2.3	COMUNICAÇÃO TCP/IP .....	29
2.4	WEBSERVERS.....	30
2.5	JSON .....	30
<b>3.</b>	<b>METODOLOGIA E EQUIPAMENTOS .....</b>	<b>30</b>
3.1	EQUIPAMENTOS E TOPOLOGIA.....	31
3.2	METODOLOGIA .....	34
<b>4.</b>	<b>APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS .....</b>	<b>39</b>
4.1	TEMPO DE RESPOSTA.....	39
4.2	FLEXIBILIDADE E INTEGRAÇÃO.....	40
<b>5.</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>40</b>



## 1. INTRODUÇÃO

Em momentos de crise como a que estamos vivendo atualmente, o empresariado acaba tendo que conciliar a busca por inovações tecnológicas com o esforço para reduzir os custos do processo produtivo. Assim, o desenvolvimento de técnicas e dispositivos que possibilitem diminuir o custo de determinados processos dentro da cadeia produtiva, pode implicar em uma maior competitividade do produto final da empresa.

Em meio a momentos de instabilidade econômica, o início da Quarta Revolução Industrial foi tema extremamente debatido no recente Fórum Econômico Mundial, em Davos, Suíça. Para o fundador e presidente executivo do fórum Klaus Schwab (2015), a Quarta Revolução Industrial promove “fusão de tecnologias, borrando as linhas divisórias entre as esferas físicas, digitais e biológicas”. Ela fomenta a inteligência artificial, a robótica, a impressão 3D, os *drones*, a nanotecnologia, a biotecnologia, a estocagem de dados e de energia, os veículos autônomos, os novos materiais, a Internet das coisas etc. (CINTRA, 2016).

Pensando nesta revolução e sabendo que praticamente todas as máquinas e linhas de montagem totalmente ou parcialmente automatizadas são compostas por sensores, atuadores, controladores lógicos programáveis (do inglês PLC, Programmable Logic Controller) e interfaces homem máquina (IHM), é possível criar soluções para a indústria que unam baixo investimento e conceitos como o da Internet das Coisas, que é uma revolução tecnológica com o objetivo de conectar itens do dia a dia à rede mundial de computadores (ZAMBARDA, 2014).

As IHMs são componentes de extrema importância em uma máquina industrial, pois, assim como o próprio nome diz, elas são a interface que permite interações homem máquina, tais como, acionamentos, ajustes, parametrizações, diagnósticos, entre outras funções, dependendo de sua programação. Estes equipamentos podem ser apenas botões, tela *touch* ou ambos, porém, nos dias de hoje, as telas apenas *touch* são as mais utilizadas devido a sua versatilidade, podendo facilmente ser realocadas e adaptadas a mais aplicações.

Indústria 4.0 é um conceito que engloba as principais inovações tecnológicas dos campos de automação, controle e tecnologia da informação aplicadas aos processos de manufatura. Buscando por meio de Sistemas Cyber-Físicos, Internet das Coisas e Internet dos Serviços, proporcionar aos processos de produção maior eficiência, autonomia e customização (SILVEIRA, 2016).

O presente trabalho tem como objetivo, inspirado nos conceitos de internet das coisas e indústria 4.0, proporcionar ao gestor e demais funcionários envolvidos no processo, acesso a informações referentes às linhas de montagem industriais, assim como, proporcionar ao profissional de manutenção um acesso alternativo às

tradicionais telas de IHM presentes no chão de fábrica, possibilitando que, com apenas um dispositivo, possa controlar, parametrizar e verificar estatísticas de toda e qualquer máquina via aplicativo Android. Dessa forma, é possível propiciar uma economia considerável em equipamentos de interface, dinamizar e facilitar a manutenção de máquinas industriais, e auxiliar a gestão da produção.

## 1.1 PROBLEMA

Dentre os problemas que qualquer indústria automatizada de médio a grande porte possui, esta a falta de compatibilidade entre marcas de equipamentos elétricos e eletrônicos de porte industrial (controladores, sensores, atuadores, e outros), e os elevados custos destes equipamentos, incluindo sua manutenção que muitas vezes nem possuem assistência técnica no país em questão.

## 1.2 OBJETIVO

Nesta seção são apresentados os objetivos gerais e específicos do trabalho, relativos ao problema anteriormente apresentado.

### 1.2.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolver aplicativo em Android, para acionar um controlador lógico programável, através de um dispositivo móvel, utilizando troca de dados via protocolo TCP/IP.

### 1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Criar aplicativo para dispositivo móvel com sistema operacional Android;
- Implementar *webserver* intermediário tipo *servlet* para efetuar a comunicação entre dispositivo móvel e PLC;
- Criar software de teste para PLC;
- Implementar *webserver* no PLC para trocar informações com servidor intermediário;

- Configurar roteador e rede TCP/IP;
- Efetuar testes de desempenho;
- Analisar resultados.

### 1.3 JUSTIFICATIVA

Tendo em vista que o cliente fica limitado aos equipamentos de um fabricante para evitar problemas de compatibilidade, como é o caso de PLCs e IHMs, além do elevado preço de interfaces homem máquina, este trabalho busca explorar uma alternativa na qual linhas automatizadas dispensariam a necessidade de ter muitas interfaces do tipo IHM, podendo em muitos casos reduzir a apenas uma para ajustes gerais e possibilitando que a equipe de manutenção, com qualquer dispositivo móvel equipado com Android, possa ter acesso a qualquer máquina.

Isso reduziria consideravelmente gastos com equipamentos, resultaria em ganhos de praticidade na utilização, troca e manutenção dos dispositivos utilizados, podendo ainda, possibilitar outras aplicações além da manutenção, com grande utilidade para o ambiente corporativo e para o próprio empresário, pois pode ser usado, por exemplo, no controle de produção e rastreabilidade de produtos.

### 1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho terá a estrutura abaixo apresentada:

Capítulo 1 - Introdução: apresenta o tema, problemas, objetivos da pesquisa, justificativa e a estrutura geral do trabalho.

Capítulo 2 - Fundamentação Teórica: introduz a temática e o embasamento teórico necessários para compreensão do trabalho.

Capítulo 3 - Metodologia e Equipamentos: descreve todos os pontos do desenvolvimento do trabalho e detalha os equipamentos utilizados.

Capítulo 4 - Apresentação e Análise dos Resultados: apresenta os resultados obtidos e efetua uma análise do sistema.

Capítulo 5 - Considerações finais: Aborda a viabilidade do sistema e outras observações. Além disso, são sugeridos trabalhos futuros que poderão ser realizados a partir do estudo.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Para o desenvolvimento e melhor compreensão da importância do tema e do porquê das ferramentas utilizadas para a execução deste trabalho, foi necessário abordar alguns temas relevantes. Tais como: definição dos dispositivos do âmbito industrial que serão utilizados e breve abordagem sobre máquinas industriais, dispositivos móveis, plataforma Android, comunicação TCP/IP, *webservers*, entre outros.

### 2.1 MÁQUINAS INDUSTRIAIS

Quando se fala de máquinas industriais deve sempre levar em conta confiabilidade e eficiência, já que nenhuma empresa quer perder dinheiro com falhas e defeitos de maquinário e muito menos deixar de ganhar por limitações produtivas. Dessa forma, máquinas automatizadas não são diferentes.

Em geral, tais máquinas são compostas por controladores, sensores, atuadores e interface homem máquina. A seguir será feita uma breve abordagem sobre cada um desses itens.

#### 2.1.1 PROCESSO

Processo é uma operação que evolui progressivamente e que se constitui por uma série de ações controladas objetivando um resultado particular (CARVALHO, 2011).

Um bom exemplo é uma máquina que prensa um rolamento em uma carcaça da redução final de um trator. O objetivo é prensar o rolamento, mas o processo envolve desde a parte de prevenção de falhas, como sensores de visão ou de presença para garantir que o rolamento esteja presente e posicionado corretamente, até o controle e execução da prensagem através do acionamento do cilindro hidráulico.

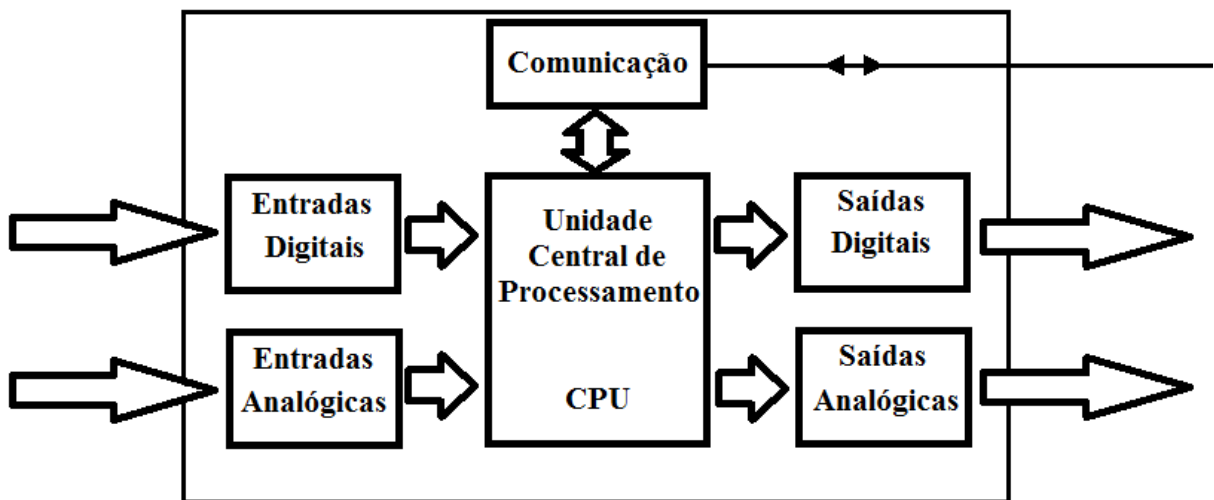


**Figura 1 – Imagem de prensa eletrônica industrial**  
**Fonte: Autoria própria**

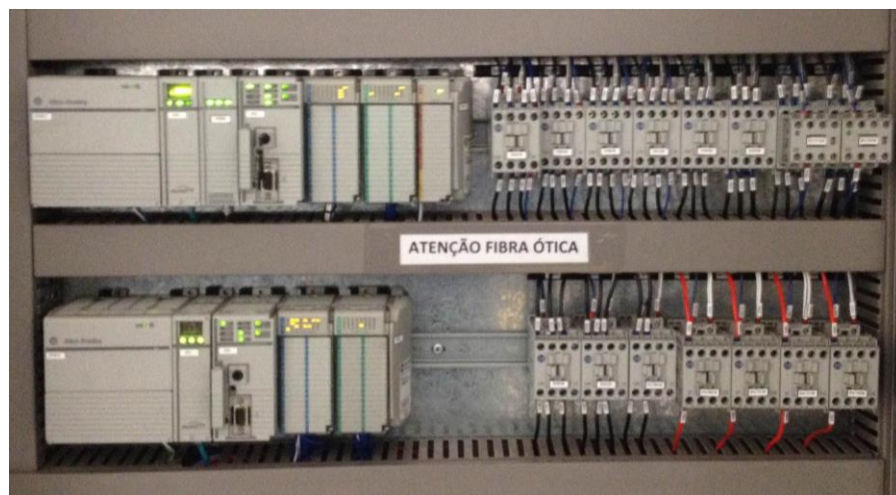
### 2.1.2 CONTROLADORES

O termo controlador lógico programável ou CLP, (CLP é marca registrada da Rockwell Automation, dessa forma, no Brasil utiliza-se para literaturas técnicas e manuais a abreviação do nome em inglês, PLC, Programmable Logic Controller) começou dentro da General Motors, em 1968, devido à grande dificuldade de mudar a lógica de controle dos painéis de comando a cada mudança na linha de montagem, o que implicava em altos gastos de tempo e dinheiro. Sob a liderança do engenheiro Richard Morley, preparou-se uma especificação que refletia as necessidades da indústria automobilística e manufatureira. Nascendo assim um equipamento flexível e prático, que vem evoluindo e trazendo grandes benefícios e diversificando os setores industriais e suas aplicações (SILVA, s.d.)

O PLC possui uma unidade de processamento (CPU) que faz a varredura das entradas e interpreta a lógica programada para acionar as saídas de acordo com o requisitado. O controlador em geral é modular de forma que em cada aplicação é necessário o módulo da CPU, que é o principal, e de acordo com a necessidade adiciona-se módulos de entradas ou de saídas (além de módulos de comunicação quando necessário).



**Figura 2 – Esquema básico de PLC**  
 Fonte: Autoria própria



**Figura 3 – Foto de CLPs e contatoras em um painel elétrico**  
 Fonte: Autoria própria

- Entradas

As entradas permitem que a CPU receba a realimentação das informações ou *feedback* do processo, esse retorno de informações pode ser em forma de sinais de botoeiras, contatos de relés, sensores, *encoders*, e outros. Esses sinais podem ser digitais ou analógicos, o primeiro possui apenas dois valores, nível lógico alto ou baixo (representado por 1 e 0 respectivamente), como um interruptor que pode estar ligado (nível lógico alto) ou desligado (nível lógico baixo). Enquanto o segundo recebe sinais contínuos no tempo e que vão de um valor mínimo a um máximo de trabalho da entrada (SILVA, s.d.).

- Saídas

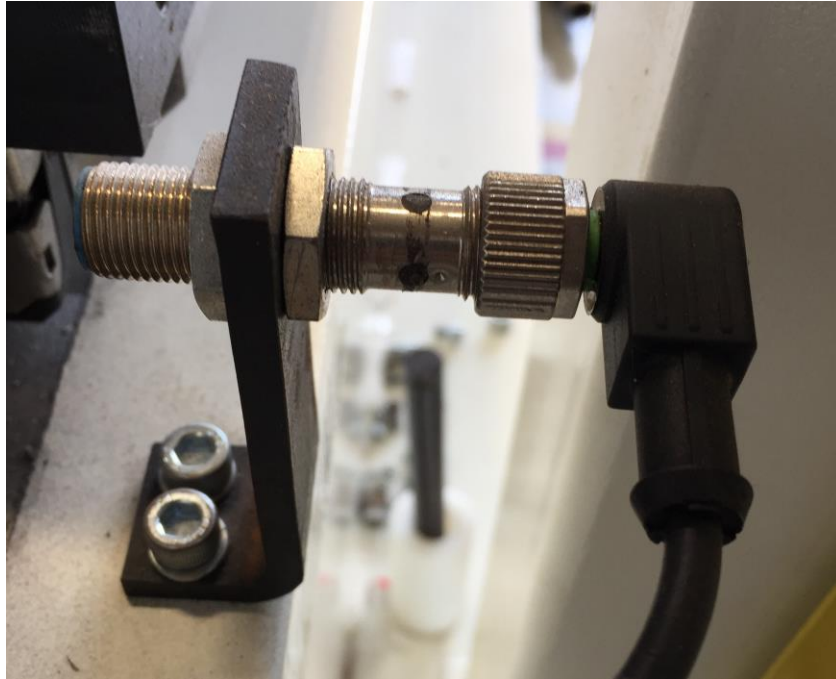
As saídas, assim como as entradas, podem ser digitais ou analógicas e servem para acionar algum atuador. Exemplos de saídas digitais são lâmpadas, solenoides de contadores e eletroválvulas, contatora de motor ou qualquer dispositivo que precise apenas um sinal alto para ativar e um baixo para desativar. Já nas saídas analógicas o PLC pode variar tensão ou corrente continuamente no tempo para obter uma variação de resposta do atuador (SILVA, s.d.). Por exemplo, a entrada analógica de um inversor de frequência que recebe a saída analógica do PLC e de acordo com seu valor aumenta ou reduz a velocidade de um motor.



**Figura 4 – Foto das cabeças remotas**  
**Fonte: Autoria própria**

### 2.1.3 SENSORES

Existe uma vasta gama de sensores industriais dos mais diversos tipos e princípios de funcionamento, podendo mensurar desde temperatura, distância, força, vazão, presença, entre outros. São eles os responsáveis pelo retorno das informações da planta para o controlador. Este recebe a informação por meio de variação de tensão ou corrente, no caso dos sensores analógicos, ou por meio de nível lógico alto ou baixo, no caso dos sensores digitais.



**Figura 5 – Sensor indutivo**  
**Fonte: Autoria própria**

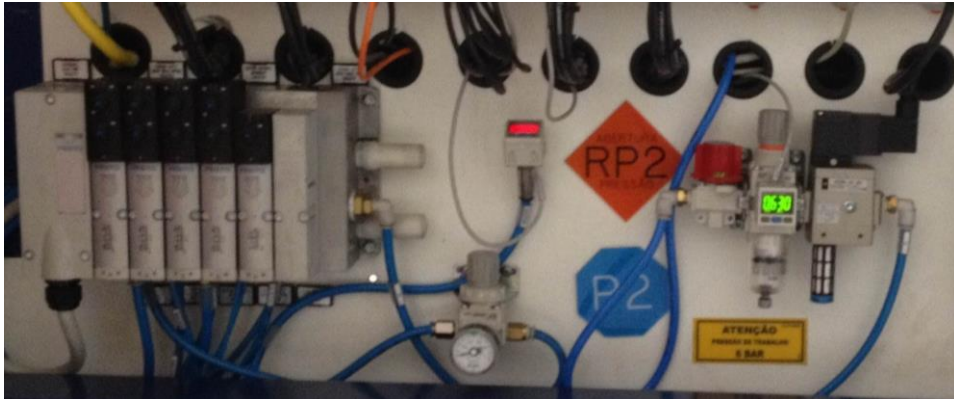


**Figura 6 – Foto de berço monitorado por sensores indutivos**  
**Fonte: Autoria própria**

#### 2.1.4 ATUADORES

Atuadores são aqueles componentes que executam alguma ação. Na indústria eles podem ser atuadores pneumáticos, hidráulicos e elétricos (cilindros, válvulas e motores), parafusadeiras eletrônicas, lâmpadas, controladores de servomotores, contadoras de motores e resfriadores, aplicadores, entre muitos outros. São os responsáveis pelos trabalhos executados pelas máquinas e possuem suas ações monitoradas pelos sensores.





**Figura 7 – Bloco de válvulas pneumáticas e unidade de tratamento**  
**Fonte: Autoria própria**

### 2.1.5 INTERFACE HOMEM MÁQUINA

A Interface Homem Máquina é, assim como o próprio nome já diz, uma interface que permite o homem interagir com a máquina. Esse termo apesar de ser muito usado na indústria é bem amplo e pode ser utilizado desde em interfaces aplicadas num controle de máquinas industriais ou plantas, assim como, a tela de um celular onde através de um aplicativo opera-se algum sistema (SILVEIRA, 2016).

As IHMs para controle de processos de manufatura, são aplicadas a um controle centralizado aplicado à linhas de produção e máquinas industriais. Neste caso, tais interfaces normalmente são equipadas por receitas de modelos e processos, registros de eventos, alarmes, e outras informações de máquina, processo ou produção que necessite de acesso instantâneo (SILVEIRA, 2016).

Para que uma linha seja equipada com uma IHM é necessário a presença de um PLC que será o controlador responsável pela coleta e processamento de dados que serão exibidos nesta interface. Antes do surgimento das interfaces homem máquina, o controle em um ambiente industrial consistia em uma grande quantidade de botoeiras e LEDs instalados em painéis que exibiam informações de diversos processos (SILVEIRA, 2016).



**Figura 8 – Imagem de painel de interface antigo**  
**Fonte: Retirado de [www.citisystems.com.br](http://www.citisystems.com.br)**

Com a IHM foi possível centralizar todas as funções, acionamentos e diagnósticos em um único local, substituindo as botoeiras e LEDs. Essa forma de interface é ideal para aplicações que necessitam de *feedback* constante.



**Figura 9 – Interface homem máquina**  
**Fonte: Autoria própria**

## 2.2 DISPOSITIVOS MÓVEIS

Os dispositivos móveis tornaram-se parte do nosso dia a dia, a exemplo dos leitores digitais, *smarthphones*, *smartwatches*, *tablets*, entre outros. Esses dispositivos estão hoje totalmente massificados, muito em função do surgimento de sistemas operacionais menos robustos que proporcionaram desempenho em um *hardware* menos potente.

### 2.2.1 ANDROID

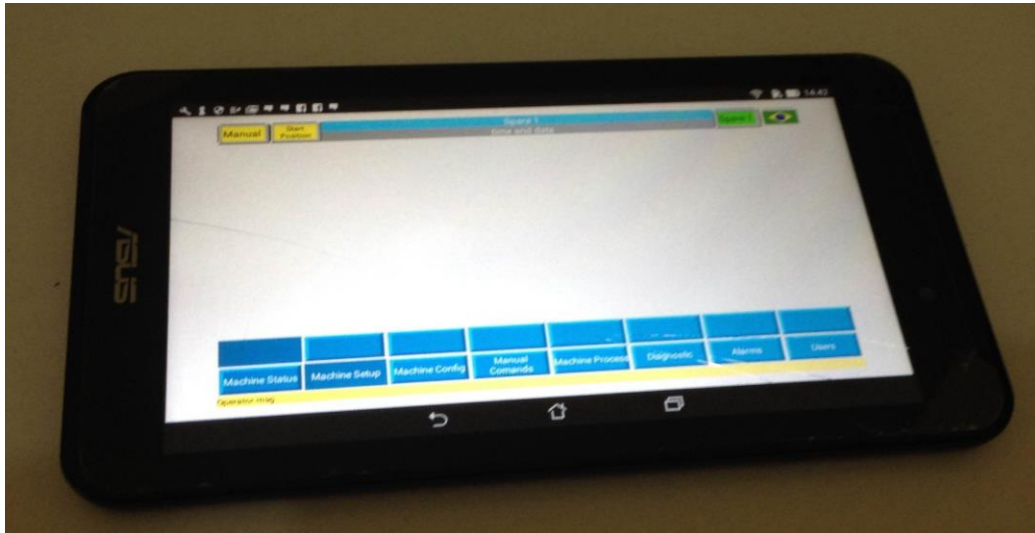
Android é um sistema operacional baseado em Linux que opera em *smartphones*, *tablets*, *smartwatches* e outros dispositivos. É desenvolvido pela Open Handset Alliance, uma aliança entre várias empresas, sendo uma delas a Google (MARTINS, 2016).

Assim como outros sistemas operacionais, a função do Android é gerenciar todos os processos dos aplicativos e do hardware de um dispositivo para que funcionem adequadamente (MARTINS, 2016).

O Android foi impulsionado pela Google para ser operado nos seus próprios dispositivos móveis e assim se tornou concorrente de outros sistemas operacionais dominantes como o Symbian (dispositivos Nokia), iOS (dispositivos Apple) e Blackberry OS (MARTINS, 2016).

Dentre suas vantagens está a integração dos serviços Google a partir de uma conta Google e o Android Market, que é a loja oficial dos aplicativos e que oferece uma infinidade de aplicações gratuitas (MARTINS, 2016).

O primeiro celular equipado com o sistema Android foi o T-Mobile G1 (HTC Dream), fabricado pela Google, em conjunto com a HTC, em 2008. Em 2010, a Google, em parceria com a Samsung, lançou a série de *smartphones* Nexus, com os modelos Nexus One, Nexus S e Galaxy Nexus (MARTINS, 2016).



**Figura 10 – Interface homem máquina em dispositivo móvel**  
**Fonte: Autoria própria**

### 2.3 COMUNICAÇÃO TCP/IP

A Ethernet é mundialmente utilizada para redes de computadores. O grande desafio foi levar a Ethernet TCP/IP para a Indústria e torná-la hoje uma das redes com maior crescimento neste setor. Originada em 1973, foi desenvolvida pela Xerox no centro de pesquisa Palo Alto Research Center (BORGES, 2007).

Pode ser utilizada em qualquer aplicação que necessite de redes entre PLC's e sistemas de supervisão, interligação aos sistemas TI, aplicações de entradas e saídas descentralizadas, assim como demais equipamentos que utilizem tal comunicação. Como o tempo numa fábrica é algo extremamente importante, é necessário haver uma comunicação em tempo real. A enorme popularidade, performance, baixo custo e a comunicação com os computadores tornou a Ethernet atrativa para aplicações industriais (BORGES, 2007).

Apesar do bom desempenho quanto à velocidade de comunicação e o meio Ethernet ser bastante difundido nos equipamentos tanto industriais quanto de sistemas de TI, o protocolo TCP/IP não é o ideal para trabalhar na indústria, uma vez que podem ocorrer perda de pacotes de dados, e em algumas aplicações esses dados perdidos podem gerar falhas de processo ou até mesmo acidentes.

Assim como no ambiente industrial encontramos aplicações que necessitem de desempenho na troca de dados, muitas aplicações, tais como parametrização de máquinas, cadastro e edição de receitas de modelos, diagnóstico de máquinas, histórico de falhas, dados informativos de produção, entre outras, podem não necessitar de tanto desempenho.

Dessa forma, podemos pensar na utilização de sistemas de comunicação híbridos, onde a comunicação dos componentes da máquina utilizariam protocolos industriais e as funções secundárias utilizariam TCP/IP.

Esse processo possibilita uma maior integração de sistemas, além de viabilizar o barateamento de algumas etapas do processo produtivo.

## 2.4 WEBSERVERS

*Websserver* é um programa de computador responsável por aceitar pedidos HTTP de clientes e retornar-lhes uma resposta também em HTTP, podendo incluir dados embutidos ou não (BARSOTTI, 2010).

Tais pedidos são feitos normalmente através de navegadores e esse processo se inicia com a conexão entre servidor (computador ao qual está instalado o *websserver*) e cliente, a partir disso, as informações contidas na requisição do cliente são processadas, e conforme restrições de segurança e a existência da informação solicitada, o servidor retorna os dados requisitados (BARSOTTI, 2010).

Atualmente existem diversas maneiras de fazer uma requisição HTTP e sua resposta vai além de ficheiros HTML, incluindo imagens, ficheiros de som, PDFs, entre outros. Além disso, os servidores podem executar *scripts* possibilitando uma maior interação com o usuário (BARSOTTI, 2010).

## 2.5 JSON

De acordo com o site [json.org](http://json.org), JSON (JavaScript Object Notation ou Notação de Objetos JavaScript) é uma formatação leve de troca de dados que possui fácil leitura e escrita para humanos e é facilmente interpretada e gerada por máquinas.

Tal notação é baseada em um subconjunto da linguagem de programação JavaScript. JSON possui formato texto e é independente de linguagem, já que usa convenções familiares às linguagens C, incluindo C++, C#, Java, JavaScript, Perl, Python e outras. Dessa forma, JSON é um formato ideal para troca de dados, inclusive multiplataforma (GOMES, 2009).

## 3. METODOLOGIA E EQUIPAMENTOS

Nesse capítulo será abordado a metodologia aplicada para a execução deste trabalho, assim como os porquês dos componentes utilizados.

### 3.1 EQUIPAMENTOS E TOPOLOGIA

Visando obter a comunicação entre PLC e dispositivo móvel, foi montado uma topologia semelhante à da figura 11.

Na figura pode-se verificar que a topologia da rede é composta por um roteador e um *switch* (este normalmente já se encontra na máquina), em alguns casos o roteador já possui algumas portas Ethernet, o que proporciona a possibilidade de variar a topologia. Porém, neste trabalho foi utilizado um roteador portátil TP-LINK TL-WR702N e um mini *switch* TP-LINK TL-SF1008D.

O roteador é o responsável por trafegar informações até o dispositivo móvel, enquanto o *switch* é o meio físico que interliga PLC, servidor e roteador a uma só rede. É possível deixar o servidor acessando a rede via *wireless*, assim como o dispositivo móvel, e dessa forma dispensando cabeamento, mas neste trabalho utilizaremos o cabo para obter um desempenho melhor.



**Figura 11 – Topologia do sistema**  
**Fonte: Autoria própria**



**Figura 12 – Roteador utilizado**  
**Fonte: Aatoria própria**



**Figura 13 – Switch utilizado**  
**Fonte: Aatoria própria**

Como servidor, será utilizado um Dell Inspiron 14z-5423 por ser o computador pessoal do autor deste trabalho e possuir os requisitos mínimos para esta utilização, (possuir placa de rede com suporte *wireless* ou Ethernet) mas poderia ser utilizado até mesmo um *raspberry Pi* para tornar o sistema mais compacto. Nele foi implementado um servidor em Java (*servlet*) rodando na plataforma Apache Tomcat 8.0. Esse servidor é quem recebe os comandos e requisições vindas da IHM móvel e faz essas requisições ao servidor do PLC via HTTP.



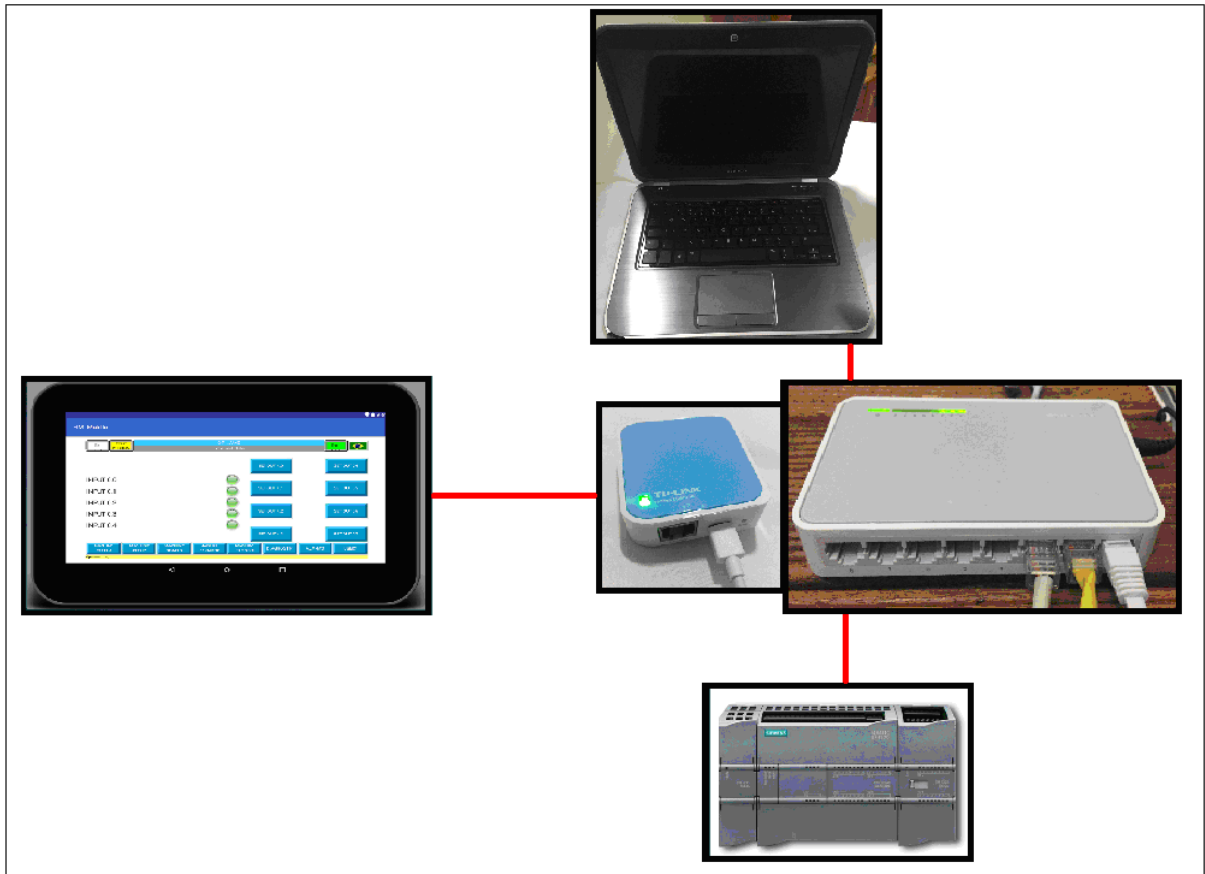
**Figura 14 – Computador servidor**  
**Fonte: Autoria própria**

Quanto ao dispositivo móvel, utilizou-se um FonePad 7 (tela de 7 polegadas) da fabricante ASUS por ser o *tablet* que este autor possui. Mas poderia ser utilizado qualquer dispositivo Android (com versão compatível a programação do aplicativo) e com suporte *wireless*.

Por fim, a CPU escolhida foi uma S7-1211C da fabricante Siemens, por possuir comunicação Profinet (utiliza o mesmo meio físico que a Ethernet) e o recurso de hospedar um *webserver* para controle e diagnóstico do controlador.

A figura a seguir exemplifica a composição final da topologia utilizada para os testes que serão melhor detalhados no próximo tópico.





**Figura 15 – Topologia do utilizada**  
**Fonte: Autoria própria**

### 3.2 METODOLOGIA

Primeiramente, foi necessário definir uma forma de trocar informações entre toda a variedade de plataformas existentes no sistema. Uma solução encontrada e que atendeu perfeitamente a necessidade deste trabalho foi utilizar *strings* (variáveis de texto) em formato JSON. Dessa forma, foi possível trocar diversas informações através de apenas uma variável do tipo *string* em formato JSON. Esta técnica foi aplicada tanto para efetuar requisições entre o *tablet* e o servidor principal (Dell Inspiron), assim como entre o servidor do PLC e o servidor principal.

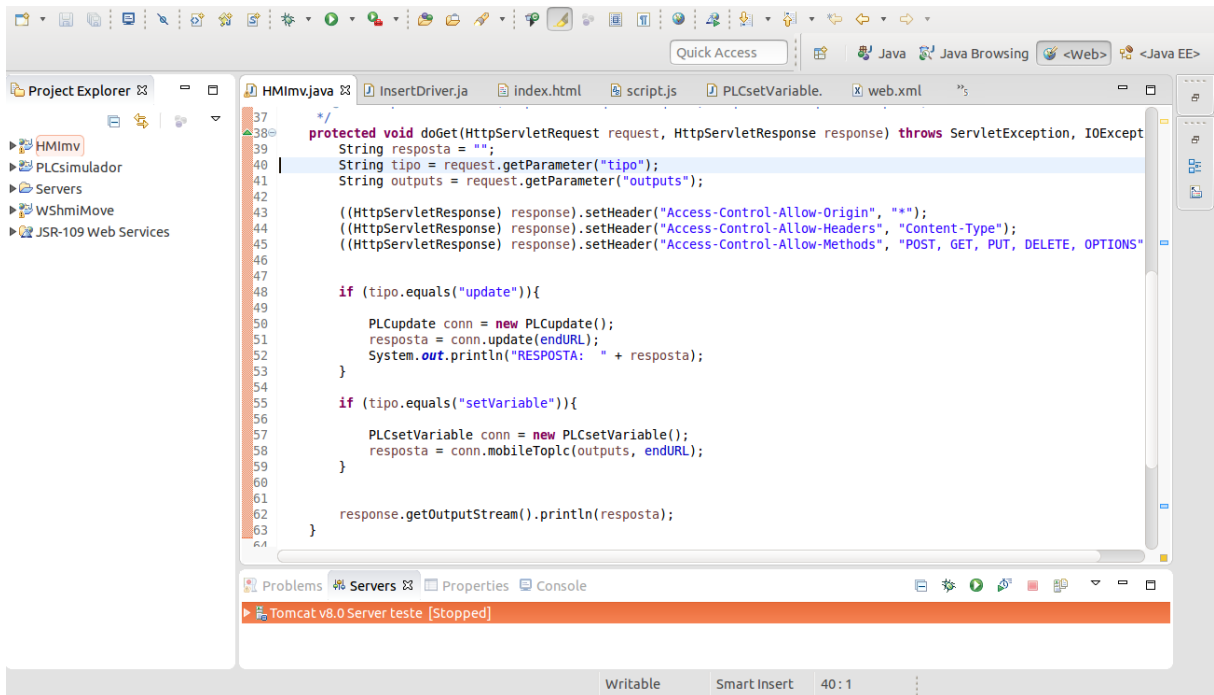
Definido a troca de informações foi possível prosseguir com o desenvolvimento do aplicativo em Android presente no *tablet*, cliente a fazer requisições ao PLC. Este foi desenvolvido no ambiente de programação disponibilizado gratuitamente pela própria Google, o Android Studio. Em nossa aplicação, será implementado apenas a função de acionar as saídas digitais e fazer leitura das entradas e de algumas variáveis presentes no PLC. Na prática, para cada variável ou saída que for alterada pelo cliente, o aplicativo envia uma requisição do tipo *get* em HTTP com uma *string* contendo o tipo de requisição (*setVariable*) e outra em formato JSON contendo os nomes das variáveis e valores a serem enviados.



**Figura 1 – Imagem de prensa eletrônica industrial**  
**Fonte: Autoria própria**

Feito isso, através do ambiente de desenvolvimento Eclipse JEE, foi implementado um *servlet* com a simples função de gerenciar essas requisições feitas pelo *tablet*. Quando necessário alterar valor de variável o servidor envia um *post* no *webserver* do PLC (o programa faz uma visita à página do *webserver* do PLC) enviando junto os parâmetros e valores a serem alterados. O *webserver* do controlador por sua vez responde esse tipo de requisição com uma *string* contendo o corpo da página html vinculada ao servidor (assim como quando o usuário visita uma página e esta é exibida pelo navegador). Para este caso, a resposta apenas servirá para confirmar se a conexão está conforme.

Em caso de leitura de variáveis o servidor principal efetua o mesmo procedimento, porém, sem enviar parâmetros. Quando receber o conteúdo html, o servidor extrai de uma parte do corpo da resposta um vetor de caracteres em formato JSON contendo as variáveis pré-definidas durante a programação da página html do servidor do PLC. Esse vetor de caracteres é enviado ao dispositivo móvel em formato de *string* como resposta da requisição feita pelo mesmo. Uma vez que essas informações se encontram no dispositivo móvel, este as trata e as utiliza da forma que for necessária (deve-se adicionar a biblioteca JSON para Java para manipular com maior facilidade estas informações).



**Figura 17 – Ambiente de desenvolvimento Eclipse**  
**Fonte: Autoria própria**

Quanto ao *webserver* do PLC (também desenvolvido no Eclipse), este possui apenas uma página html (podendo utilizar Javascript e CSS) que deve possuir os comandos de leitura e escrita encontrados no manual do PLC para permitir o acesso as variáveis e um campo da página contendo a *string* JSON com as variáveis que estarão disponíveis para serem lidas.

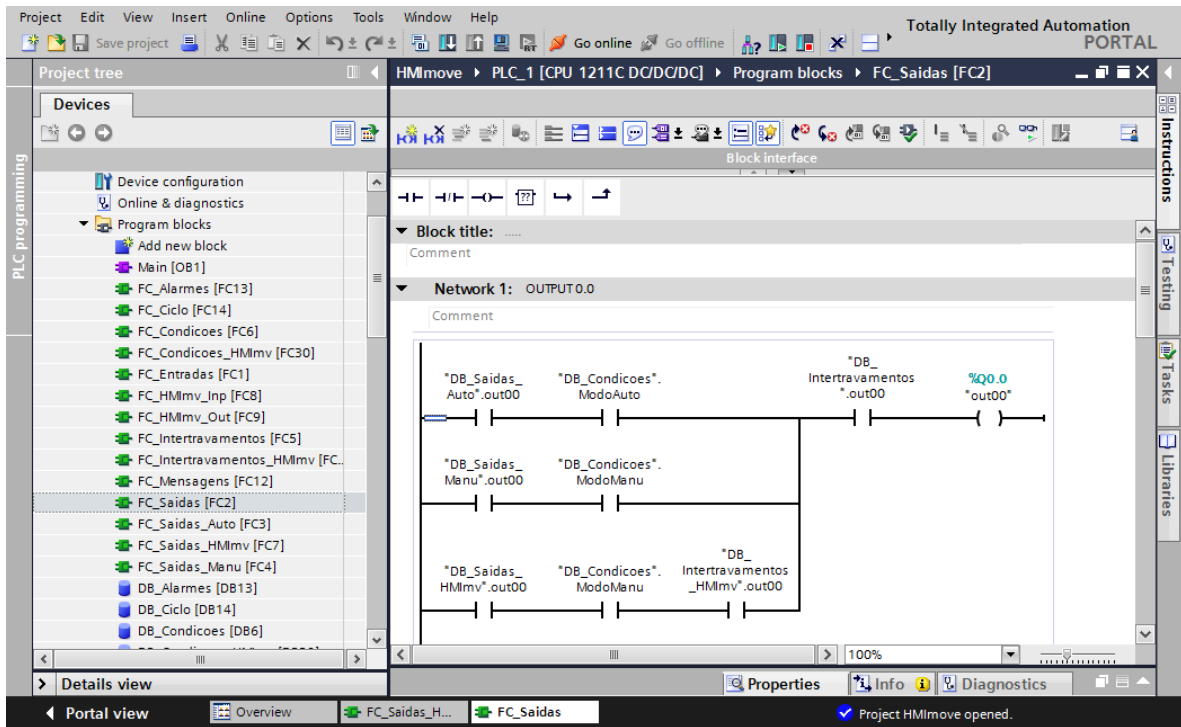
```

1  <!DOCTYPE html>
2
3  <!-- AWP_In_Variable Name='HMI_mv_out00' -->
4  <!-- AWP_In_Variable Name='HMI_mv_out01' -->
5  <!-- AWP_In_Variable Name='HMI_mv_out02' -->
6  <!-- AWP_In_Variable Name='HMI_mv_out03' -->
7
8  <!-- AWP_In_Variable Name='DB_Entradas.inp00' -->
9  <!-- AWP_In_Variable Name='DB_Entradas.inp01' -->
10 <!-- AWP_In_Variable Name='DB_Entradas.inp02' -->
11 <!-- AWP_In_Variable Name='DB_Entradas.inp03' -->
12 <!-- AWP_In_Variable Name='DB_Entradas.inp04' -->
13 <!-- AWP_In_Variable Name='DB_Entradas.inp05' -->
14 <!-- AWP_In_Variable Name='out00' -->
15 <!-- AWP_In_Variable Name='out01' -->
16 <!-- AWP_In_Variable Name='out02' -->
17 <!-- AWP_In_Variable Name='out03' -->
18
19 <!-- AWP_In_Variable Name='NumAlarm' -->
20 <!-- AWP_In_Variable Name='NumMsg' -->
21 <!-- AWP_In_Variable Name='ModoOp' -->
22
23 <html lang="pt-BR">
24 <head>
25 <meta charset="UTF-8" />
26 <title>PLC WebServer</title>

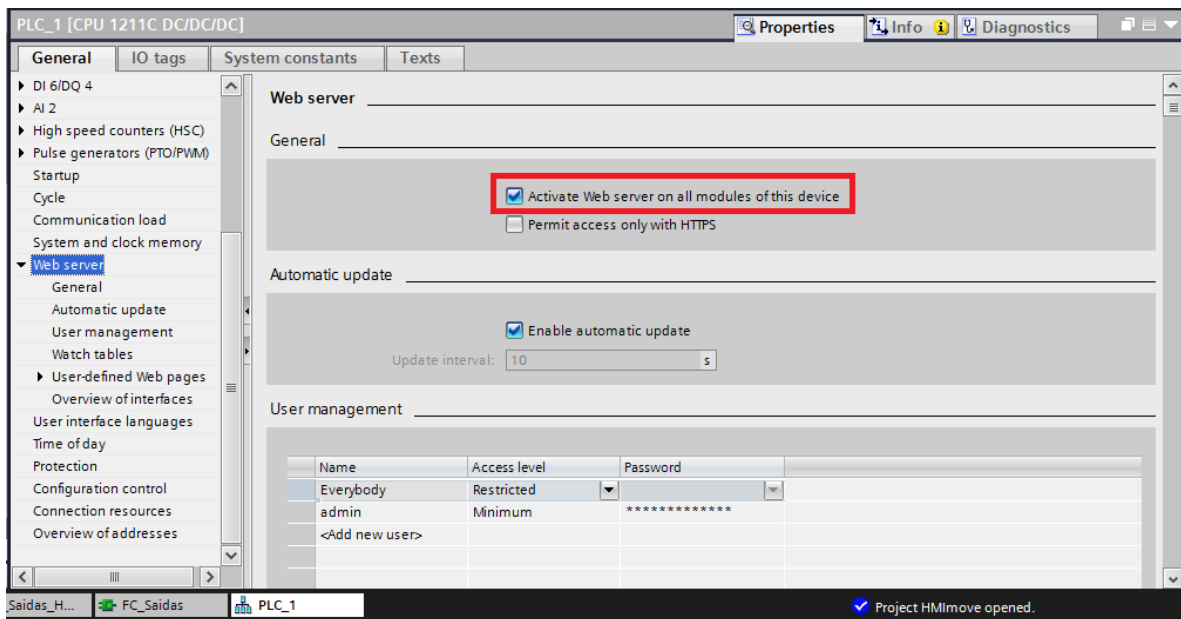
```

**Figura 18 – Exemplo comandos de acesso à leitura e escrita do PLC**  
**Fonte: Autoria própria**

A programação do PLC foi feita em *ladder* através do *software* da própria fabricante, o TIA Portal (Totally Integrated Automation Portal) V13 da Siemens. Além das rotinas específicas de cada máquina, é necessário adicionar as variáveis que serão acessadas pelo *tablet* e integrá-las a lógica da máquina para que as mesmas possam atuar sobre o controlador. Nesse mesmo ambiente de programação deve-se ativar a função *webserver* do controlador e apontar o diretório dos arquivos que serão utilizados (html, js, etc.).



**Figura 19 – TIA Portal V13**  
**Fonte: Autoria própria**



**Figura 20 – Habilitando servidor no TIA Portal V13**  
**Fonte: Autoria própria**

Com todos os dispositivos devidamente programados e conectados à rede, basta configurar o IP do controlador, e do servidor principal para que o dispositivo móvel encontre o servidor e o mesmo por sua vez encontre o *webserver* do PLC fazendo com que a comunicação se estabeleça e o sistema se torne operacional.

## 4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Nessa secção serão apresentados os resultados encontrados quanto ao tempo de resposta do sistema e quanto à sua flexibilização.

### 4.1 TEMPO DE RESPOSTA

Foram feitos 3 testes de desempenho. O primeiro tratou apenas de testar a velocidade do meio sem uma aplicação. O segundo e o terceiro testaram uma aplicação mais robusta e uma simplificada, respectivamente. Sendo que os dois últimos testes ocorreram já com o servidor intermediário implementado.

O primeiro teste comprovou a boa velocidade do meio, atingindo uma média de 2 à 4 milisegundos, considerando a passagem dos dados por um roteador, *switch*, e cabo Ethernet.

No segundo teste foi feito uma aplicação voltada a uma implementação industrial, resultando em uma média de 1100 milisegundos para alterações de variáveis e atualização de informações.

No último teste alterou-se uma variável do PLC buscando simplificar o processamento e troca de informações. Nesse procedimento foi obtido um tempo médio de 150 milisegundos.

A tabela a seguir mostra as médias de tempo para cada teste.

Tempo de resposta sem aplicação	Tempo de resposta com aplicação	Tempo de resposta com aplicação otimizada
2-4 ms	1000-1200 ms	120-150 ms

Como o foco da pesquisa não foi a otimização do processamento das informações foi possível notar uma grande discrepância nos tempos entre cada teste.

Os tempos de resposta encontrados durante os testes de aplicação poderão ser consideravelmente reduzidos com uma comunicação direta entre dispositivo

móvel e PLC, utilizando o servidor intermediário apenas para funções que necessitem de armazenamento de informações e eventuais processamentos de dados desnecessários ao funcionamento primário da máquina, além da possibilidade de comunicação via *internet*. Dessa forma, comandos, alterações de variáveis e atualização de informações poderiam utilizar uma comunicação direta com o PLC. Enquanto as demais funcionalidades aplicáveis ao processo, assim também como diagnósticos, armazenamento, consultas, cadastros de modelos, entre outros, utilizariam o recurso do servidor. Este por sua vez, com as devidas otimizações, permitirá um ganho de resposta.

## 4.2 FLEXIBILIDADE E INTEGRAÇÃO

O sistema implementado mostrou-se bastante flexível, uma vez que, com o servidor intermediando a comunicação, é possível executar diversas funcionalidades sem sobrecarregar o aplicativo e o PLC. Além disso, nada impede que essa implementação possa ser feita em outras linguagens, não se limitando ao Java utilizado nesse trabalho.

A integração com qualquer tipo de banco de dados inclusive a utilização de mais de um tipo simultaneamente passa a ser possível também, já que o armazenamento pode ser feito pelo servidor que por sua vez pode possuir estes bancos de dados implementados.

Outro ponto relevante é quanto à topologia, pois o servidor principal pode ser exclusivo da máquina, ou pode-se utilizar um mais poderoso para diversas máquinas, assim como servidores dedicados em Raspberry Pi, por exemplo. Estes poderiam se comunicar com algum sistema supervisor já existente na fábrica.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o presente trabalho foi possível constatar a viabilidade do mecanismo de troca de informações entre dispositivos conectados a uma rede Ethernet/IP e controladores industriais com recurso de hospedagem de *webserver*.

Esta estrutura de comunicação possibilita a implementação de diversos novos recursos que podem vir a ser desenvolvidos em trabalhos futuros, tais como:

- Implementação de qualquer banco de dados para armazenar informações fabris, rastreabilidade de peças e retorno de estatísticas;

- Possibilidade de acesso às informações fabris via *internet*, possibilitando serviços *Just-in-time*. Onde o cliente informa diretamente o servidor da fábrica quanto a sua demanda, assim como a fábrica informa seu fornecedor sobre a necessidade de matéria prima;
- Implementação do servidor principal em Raspberry Pi (ou clusters de Raspberry Pi), reduzindo espaço, custo, facilitando a manutenção e possibilitando uma troca rápida, sem grandes prejuízos às informações industriais, em caso de falhas;

Por fim, é importante ressaltar que para obter um desempenho satisfatório do sistema, deve-se tratar de maneira adequada eventuais erros de conexão que o aplicativo possa vir a ter. Dessa forma evita-se fechamento inesperado do aplicativo e eventuais inconvenientes.



## REFERÊNCIAS

BARSOTTI, Aroldo. **O que é um servidor web**. 2010. Disponível em: <[https://www.oficinadanet.com.br/artigo/servidores/o\\_que\\_e\\_um\\_servidor\\_web](https://www.oficinadanet.com.br/artigo/servidores/o_que_e_um_servidor_web)>

Acesso em 15/02/17

BORGES, Fátima. **Redes de Comunicação Industrial**. Schneider Electric, Documento Técnico nº2, 2007.

CARVALHO, João. **Controladores Lógicos Programáveis**. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 2011.

CINTRA, Marcos A. **A crise econômica mundial e a quarta Revolução Industrial**. 2016. Disponível em: <<http://www.cartacapital.com.br/blogs/blog-do-grri/a-crise-economica-mundial-e-a-quarta-revolucao-industrial>>

Acesso em 15/02/17

GOMES, Jaydson. **JSON**. 2009. Disponível em: <<https://jaydson.com/json/>>

Acesso em 15/02/17

LENNON, Joe. **Explore o MongoDB**. 2011. Disponível em: <<http://www.ibm.com/developerworks/br/library/os-mongodb4>>

Acesso em 15/02/17

MACORATTI, José C. **Apresentando e usando o MongoDB**. 2013. Disponível em: <[http://www.macoratti.net/13/03/net\\_mongo.html](http://www.macoratti.net/13/03/net_mongo.html)>

Acesso em 15/02/17

MARTINS, Merielle. **O que é Android**. 2016. Disponível em:  
<<http://sosistemasdispositivos.blogspot.com.br/2016/02/o-que-e-android-android-o-nome-do.html>>

Acesso em 15/02/17

SILVA, Gladimir. **PLC Controladores Lógicos Programáveis**. Centro Federal de Educação Tecnológica RS. s.d. Disponível em:  
<[http://www2.pelotas.ifsul.edu.br/gladimir/Apostila 20de%20PLC\\_Gladimir.pdf](http://www2.pelotas.ifsul.edu.br/gladimir/Apostila%20de%20PLC_Gladimir.pdf)>

Acesso em 15/02/17

SILVEIRA, Cristiano. **IHM: Saiba quais os Tipos e como Selecionar**. 2016. Disponível em: <<https://www.citisystems.com.br/ihm>>

Acesso em 15/02/17

ZAMBARDA, Pedro. **Internet das Coisas: entenda o conceito e o que muda com a tecnologia**. 2014. Disponível em:  
<<http://www.techtudo.com.br/noticias/noticia/2014/08/internet-das-coisas-entenda-o-conceito-e-o-que-muda-com-tecnologia.html>>

Acesso em 15/02/17