

HMI para Fabrico Aditivo

Marco Rodrigues

Orientado por: Professor Pedro Moreira

Laboratório de Projeto II

Mestrado em Engenharia de Software

2016-2017

**Índice**

[1. Introdução 3](#_Toc487816956)

[1.1. Âmbito 3](#_Toc487816957)

[1.2. Objetivos 3](#_Toc487816958)

[2. Enquadramento 4](#_Toc487816959)

[2.1. Automação 4](#_Toc487816960)

[2.2. Human-Machine Interfaces 4](#_Toc487816961)

[2.3. Software para Automação 5](#_Toc487816962)

[2.4. Fabrico Aditivo 6](#_Toc487816967)

[2.5. Web para Automação 6](#_Toc487816968)

[3. Sistema Desenvolvido 8](#_Toc487816969)

[3.1. Introdução 8](#_Toc487816970)

[3.2. Arquitetura e Tecnologias Utilizadas 8](#_Toc487816971)

[3.3. Funcionalidades do Sistema 9](#_Toc487816972)

[3.3.1. Ecrã Inicial 9](#_Toc487816973)

[3.3.2. Machine State 9](#_Toc487816974)

[3.3.3. ON/OFF 10](#_Toc487816975)

[3.3.4. Send To 10](#_Toc487816976)

[3.3.5. Posição dos Eixos 10](#_Toc487816977)

[3.3.6. Print 10](#_Toc487816978)

[3.3.7. Pause 11](#_Toc487816979)

[3.3.8. Stop 11](#_Toc487816980)

[3.3.9. Extrude/Retract 11](#_Toc487816981)

[3.3.10. Monitorização de Execução de Ficheiro Gcode 12](#_Toc487816982)

[3.3.11. Visualização da Peça 2D/3D 12](#_Toc487816983)

[4. Conclusão 14](#_Toc487816984)

[5. Referências 15](#_Toc487816985)

# Introdução

# Contexto

Este projeto surge no contexto da disciplina de Laboratório de Projeto II do Mestrado em Engenharia de Software da Escola Superior de Tecnologias e Gestão do Instituto Politécnico de Viana do Castelo.

Na sequência do desenvolvimento e elaboração deste projeto surge a necessidade de criação deste documento, que tem como objetivo registar todas as etapas percorridas dentro daquilo que é o desenvolvimento de uma HMI para Fabrico Aditivo.

Este projeto surge no âmbito de um outro projeto de investigação a decorrer no INEGI que visa explorar tecnologias emergentes de fabrico aditivo e a sua aplicação para além do estado da arte em termoplásticos para aplicações de alta temperatura e resistência. Assim, este projeto visa desenvolver uma HMIweb-based para permitir fazer o controlo de funções básicas de um equipamento de fabrico aditivo, assim como monitorização e manipulação dos seus parâmetros, munindo o operador de uma ferramenta capaz de fornecer atempadamente de informação relativa ao processo de fabrico, assim como ao equipamento em si, e capaz de permitir o controlo do mesmo através de funções para o efeito.

É ainda relevante referir que o projeto realizado obedeceu às seguintes condições previamente estabelecidas:

* Ter a duração do segundo semestre do Mestrado (aproximadamente 5 meses)
* Ter um orientador para o projeto, neste caso, o Professor Pedro Moreira
* Ter um plano de desenvolvimento com objetivos macros bem definidos

# Objetivos

Para a concretização do projeto foi definido como objetivo principal o desenvolvimento de uma HMI customizada ao processo de Fabrico Aditivo. No entanto o caminho de desenvolvimento do projeto implica a definição dos seguintes sub-objetivos adicionais:

* Desenvolver HMI Web-based
* Monitorizar e controlar o equipamento e parâmetros do processo em tempo real
* Carregar ficheiros Gcode para o equipamento de forma remota

# Enquadramento

# Automação

A automação consiste num “processo de controlo e de monitorização de atividades e de tarefas de forma autónoma”(Carvalho & Ferrolho, 2016, p. 3), ou seja, na implementação da automação em ambiente industrial procura-se reduzir ao máximo, ou em alguns casos substituir, a intervenção humana por sistemas automáticos (Dorf & Bishop, 2010, p. 7) que podem incluir partes mecânicas, elétricas ou eletrónicas e são apoiados por meios computacionais para operar e controlar equipamentos (como máquinas, processos em fábricas, etc) e desta forma obter um aumento de produtividade e redução de custos de produção.

De uma forma geral, os objetivos a atingir com a implementação da automação podem ser enquadrados em dois níveis: o da segurança, onde é pretendido que haja uma melhoria das condições de trabalho e de segurança de pessoas e de bens, e o do mercado, onde se pretende aumentar a competitividade global do produto e da empresa contribuindo assim para que esta se mantenha no trilho que acompanha a evolução e que continue aguerrida na concorrência do mercado.

A automação industrial é composta por alguns componentes essenciais para a sua implementação e desenvolvimento na indústria, entre os quais estão os PLCs, que são dispositivos standard de controlo industrial que fornecem métodos simples, mas robustos, para controlar processos dinâmicos de fabrico (Alphonsus & Abdullah, 2016). Proporciona controlo de movimento, controlo de entradas e saídas (inputs e outputs) de processos, sistemas distribuídos e controlo de rede, as HMIs que são “interfaces gráfica de utilizador para controlo industrial, que permite visualização, controlo, diagnóstico e gestão de processos”. (Dias & Fonseca, 2015, p. 16) e devem estar conectadas a outros componentes de hardware de forma a garantir a comunicação com o mesmo e assim perfazer o sistema industrial, os sensores que são equipamentos que detetam alterações ou eventos no seu ambiente e fornecem entrada de dados para outros componentes eletrónicos, e as unidades industriais que são também conhecidas como drives industriais e são, no fundo, controladores de motores.

# Human-Machine Interfaces

São o ponto de contacto entre um operador e uma máquina. São fundamentais e quanto mais capazes forem de fornecer a informação certa no momento certo e de providenciar as melhores ferramentas para o operador atuar, melhor este pode atuar. Com os avanços tecnológicos dos últimos anos, este ponto de contacto que é a HMI pode tornar-se numa interface inteligente que assiste e guia o operador nas suas decisões e nas suas ações.

As HMIs estão presentes nos mais variados tipos de sistemas/equipamentos para os mais diversos fins, como no controlo de comboios, máquinas de CNC, equipamento de laboratório médico, etc, e todas devem conter todos os elementos necessários para uma utilização/manuseio completo por parte do utilizador.



Figura 1 - Exemplo de HMI

Uma HMI deve ter em consideração fatores como a segurança, ergonomia, os standards da indústria, uma clara definição dos requisitos funcionais, o nível de conhecimento do operador, etc.

É essencial que a HMI desenvolvida responda claramente às seguintes questões:

* Quantas serão e quais as funções controladas pela interface?
* Como será controlada cada função? Existem diversas possibilidades como botões, switches, etc.
* Qual o tipo de feedback a dar ao operador que melhor serve o propósito quando este está a executar funções na HMI?
* Para cada função na HMI, o operador necessita de obter que informação prévia?

De realçar ainda a importância da perceção do ambiente físico a que a HMI estará exposta, situações como exposição a altas temperaturas, contacto com líquidos, humidade, devem ser consideradas para fornecer a melhor e mais adequada proteção à mesma.

# Software para Automação

Para o sucesso da implementação de sistemas de automação na indústria é imperativa a utilização de hardware de controlo e de software especificamente desenhado para atuar sobre o mesmo. O hardware de controlo possibilita o armazenamento de dados do processo, e se associado a técnicas de controlo que atuam sobre ele permite atingir maiores graus de confiabilidade relativamente ao seu funcionamento (Souza & Medeiros, 2005, p. 19).

O software para automação industrial permite que utilizadores implementem sistemas de controlo e aquisição de dados através de HMIs, sistemas SCADA e servidores OPC. Para tal, na prática, devem estabelecer linhas de comunicação eficientes com componentes de hardware como os PLCs, PACs, Servo Motores ou Módulos de Input e Output.

Existem atualmente no mercado vários casos de sucesso de software para automação. São sistemas que têm vindo a maturar com o tempo, melhorar as suas capacidades e fornecer cada vez mais funcionalidades para uma eficaz implementação de sistemas de automação. Alguns desses casos são o Twincat que é o software do fabricante Beckhoff, o SIMATIC STEP 7 do fabricante Siemens, ou o PL7 do fabricante Schneider Eletric.



# Fabrico Aditivo

O Fabrico Aditivo, processo também conhecido como impressão a três dimensões, consiste em produzir um objeto sólido em três dimensões, proveniente de um ficheiro digital (Canas & Pires, 2014, p. 10), e a criação/produção deste objeto é realizada através de processos aditivos que consistem em imprimir camadas sucessivas com recurso a um determinado material e, por vezes, em determinadas condições (como temperatura, humidade, etc).

Apesar de nesta altura os meios de produção tradicionais ainda oferecerem algumas vantagens, nomeadamente em produção de larga-escala, o fabrico aditivo já oferece vários benefícios, como a customização em massa que fornece a possibilidade de criar designs customizados, o tempo de entrega porque dado que o design e os ciclos de produção sofrem um grande aumento de velocidade torna-se possível que o produto chegue ao mercado mais rapidamente ou a redução de desperdícios pois materiais não utilizados podem ser reutilizados para impressão sucessiva.

# Web para Automação

Atualmente a web é um universo em crescimento de páginas e aplicações interligadas. Há armazenamento e partilha de vídeos e de fotos, há conteúdo interativo, há monitorização em tempo-real de forma remota, há acessos via dispositivos móveis como smartphones ou tablets, etc. Tudo isto é possibilitado pela interação de tecnologias da web e através da evolução dos browsers que proporcionam hoje em dia novas e cada vez mais completas experiências aos utilizadores. A evolução destes dois pilares tem sustentado o enorme crescimento da internet como ferramenta de trabalho, de entretenimento, de pesquisa, de leitura, etc.

O desenvolvimento de software orientado para a web cresceu sustentado em três tecnologias principais: HTML (HyperText Markup Language) que é uma linguagem baseada em etiquetas (tags) com as quais se define e estrutura as páginas web, CSS que são folhas de estilo que descrevem como os elementos HTML serão disponibilizados no ecrã, do ponto de vista estético e organizacional, e o Javascript que é uma linguagem de scripting que nasceu no client-side da web, ou seja o código fonte era apenas processado no browser e não num servidor web, no entanto esta tecnologia evolui tanto que hoje em dia já existem servidores web baseados em Javascript (NodeJS). Estas 3 tecnologias formam o conjunto de tecnologias base para o crescimento da web ao nível do lado cliente.



Figura 2 - Lado Cliente da Web

No entanto, convém também fazer referência ao lado servidor da web. De forma resumida, o cliente envia pedidos para um servidor onde podem estar alojados scripts, cálculos, algoritmos desenvolvidos em diversas linguagens/tecnologias como ASP.NET, PHP, Java, entre outras, e que são capazes de tratar do pedido efetuado e ainda devolver uma resposta. Esse lado pode também ser complementado por bases de dados para armazenar informação.

Assim, temos os componentes fundamentais para a arquitetura base de uma aplicação orientada para a web:

* Cliente – São os browsers e um conjunto de tecnologias renderizadas e executadas pelos mesmos (HTML, CSS e Javascript)
* Servidor – Servidores web e linguagens de programação com possibilidade de comunicação com Bases de Dados



Figura 3 - Arquitetura base de aplicações web

# Casos de Uso

# Sistema Desenvolvido

# Introdução

Como projeto da cadeira de Laboratório de Projeto II foi desenvolvida uma HMI (Human-Machine Interface) customizada ao processo de Fabrico Aditivo e testada num ambiente real, ficando assim criada uma prova de conceito que valida:

* Desenvolvimento de HMI Web-based
* Comunicação com o equipamento em tempo real para monitorização e controlo do mesmo
* Tecnologias utilizadas

# Arquitetura e Tecnologias Utilizadas

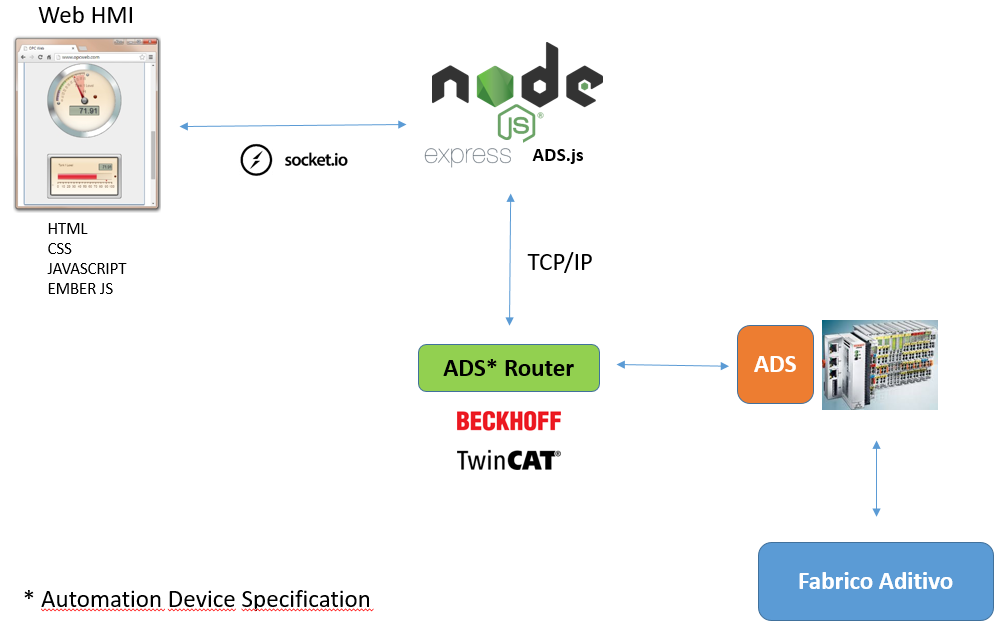


Figura 4 - Arquitetura do Sistema

Como é possível verificar na imagem o sistema foi desenvolvido recorrendo ás seguinte tecnologias:

* Aplicação web com HTML + CSS + Javascript + JQuery + Ember JS
  + Para carregar a página web com a HMI
* Node.js + Express.js + ADS.js
  + É o servidor
  + Fica á escuta num endereço e no protocolo HTTP para devolver um HTML com a aplicação
  + Comunica de forma bidirecional com o cliente (frontend) através de socket.io
  + Comunica de forma bidirecional com o software de automação Twincat através da livraria ADS.js
* Socket.IO
  + Para fazer comunicação e transmissão de dados entre o cliente e o servidor
* Twincat 3
  + É um software de automação que permite controlar e monitorizar em tempo-real diversos equipamentos de hardware, como PLCs (Controladores Lógicos Programáveis), Drives (Controladores) de Motores, Canais de Input/Output, etc, equipamentos estes que podem intervir diretamente em processos físicos
  + Resumidamente permite controlar sistemas de automação

# Funcionalidades do Sistema

# Ecrã Inicial

Para utilização do sistema, o equipamento deverá estar previamente ligado e pronto a ser utilizado. Dessa forma, quando este entrar será disponibilizado o seguinte ecrã.

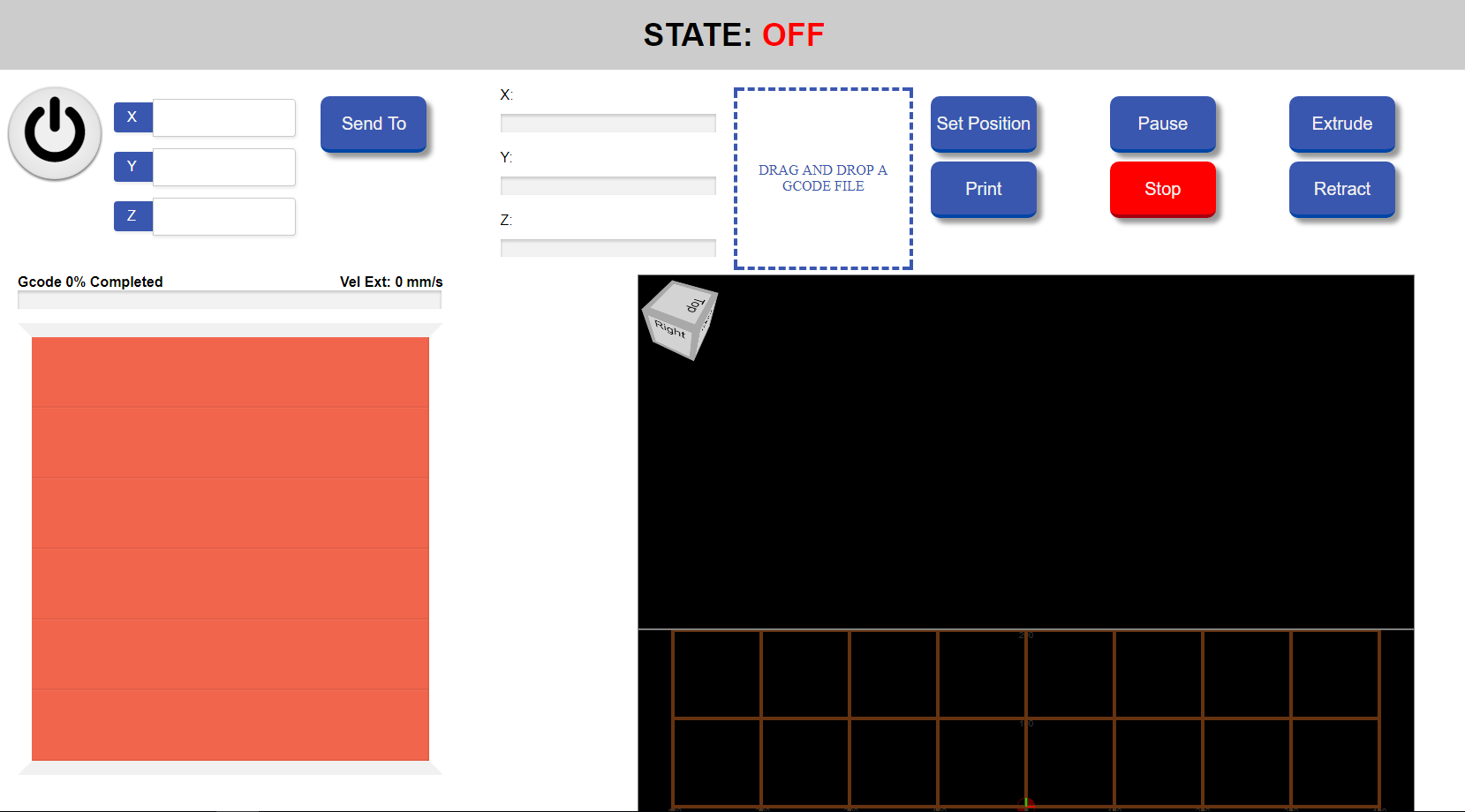


Figura 5 - Ecrã Inicial

# Machine State

A barra superior com a indicação “STATE” permite monitorizar em tempo real o estado corrente do equipamento. Este pode estar nos seguintes estados: ON (ligado), OFF (desligado), MANUAL (a ser conduzido de forma manual para uma determinada posição), AUTO (a interpretar e executar um ficheiro de código G), PAUSE (em pausa durante a execução de um ficheiro código G).

# ON/OFF

O botão de Power permite ligar e desligar os motores do equipamento. Caso estes estejam desligados não é possível executar nada sobre o mesmo, visto que este não será capaz de se mover.

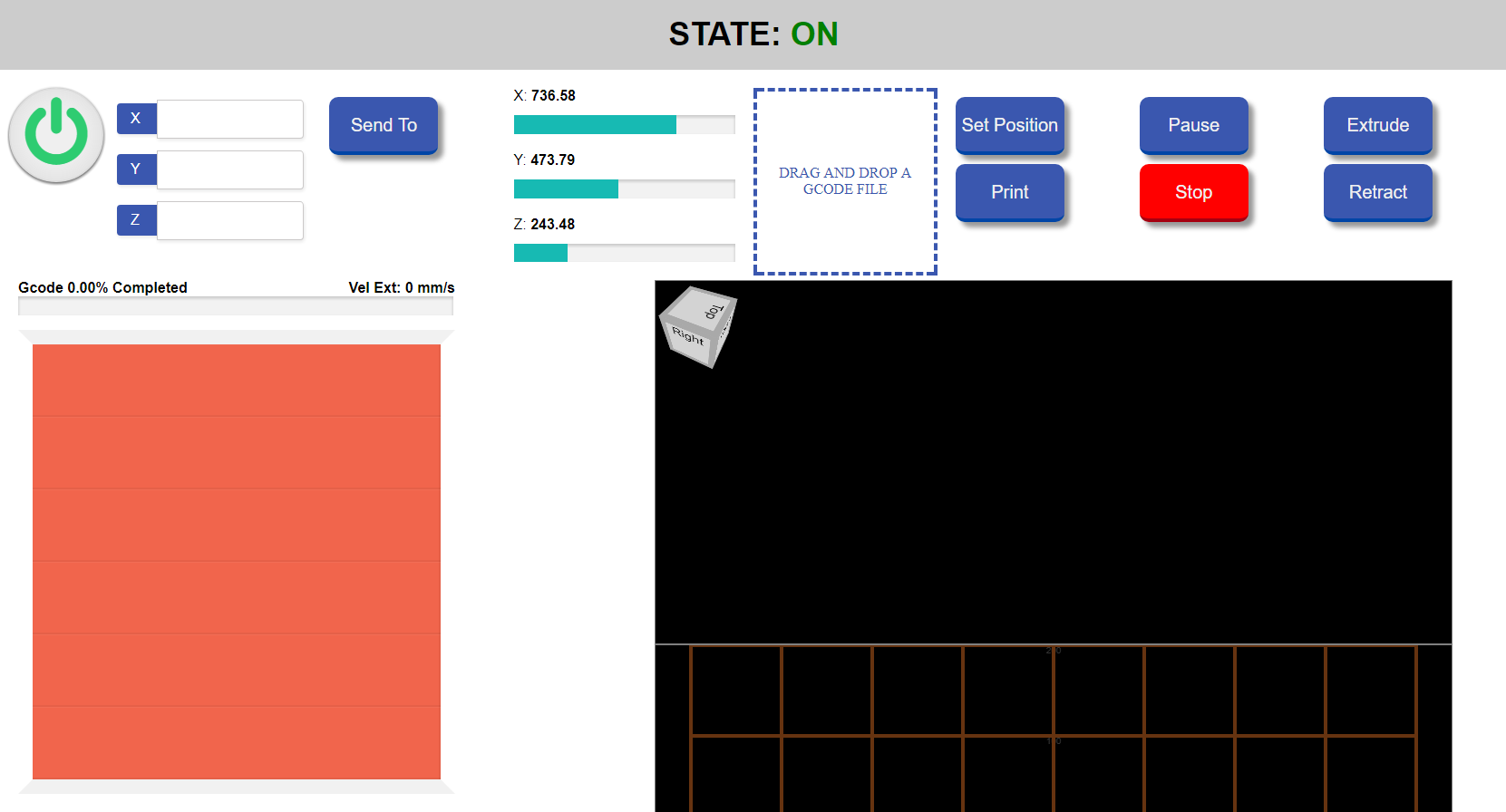


Figura 6 - Equipamento ligado

# Send To

O botão “Send To” permite enviar os eixos de X, Y e Z para a posição que cada um deles tem inserida nas caixas de texto respetivas. Esta funcionalidade altera o “STATE” do equipamento para “MANUAL” visto que o utilizador pode ir manualmente alterando a posição dos eixos.

# Posição dos Eixos

As barras de progresso X,Y e Z estão constantemente a monitorizar o posicionamento dos respetivos eixos em tempo real, isto é, assim que estes se movem e a sua posição muda, as barras de progresso devem atualizar assim como a indicação da posição.

# Print

Os botões “Print”, “Set Position” e a caixa de “drag and drop a Gcode file” estão todos relacionados numa só funcionalidade, isto é, apenas é possível dar ordens para imprimir uma peça através do “Print”, se previamente o utilizador carregou um ficheiro Gcode para a respetiva caixa e se fez corretamente o “Set Position” (este serve para ser dada indicação ao equipamento para se preparar para imprimir a partir da sua atual posição).

# Pause

O botão de “Pause” serve para pausar o equipamento, sendo que se o utilizador voltar a pressionar o botão, o equipamento continua o que estava a executar previamente.

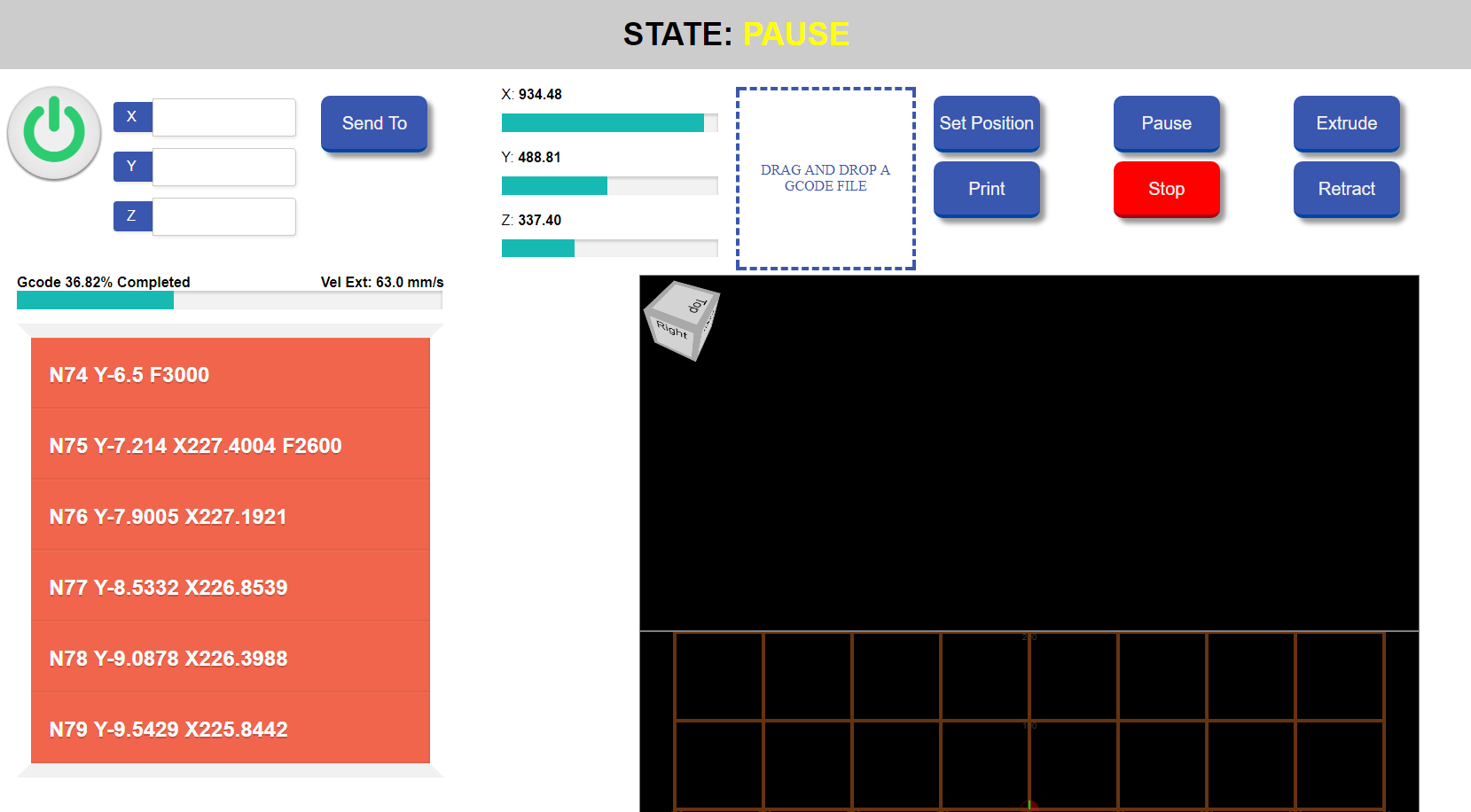


Figura 7 - Equipamento em pausa

# Stop

O botão de “Stop” permite abortar a execução de um ficheiro de Gcode. Para que o sistema permita abortar, o equipamento deve primeiro ser pausado.

# Extrude/Retract

O botão de “Extrude” permite extrudir (libertar) material de impressão manualmente, ou seja, o equipamento extrude enquanto o utilizador pressionar o botão.

O botão de “Retract” permite recolher a peça responsável pela extrusão.

# Monitorização de Execução de Ficheiro Gcode

A tabela avermelhada, assim como a barra de progresso e as indicações de texto que constam logo por cima desta, permitem monitorizar em tempo real a execução de um ficheiro Gcode.

Assim que a execução começa, a tabela é preenchida pela linha de Gcode que está a ser interpretada (na primeira linha da tabela), assim como as 5 linhas seguintes (nas restantes linhas da tabela). A barra de progresso vai acompanhando a evolução da execução do Gcode até chegar aos 100% e a Velocidade de Extrusão também é monitorizada.

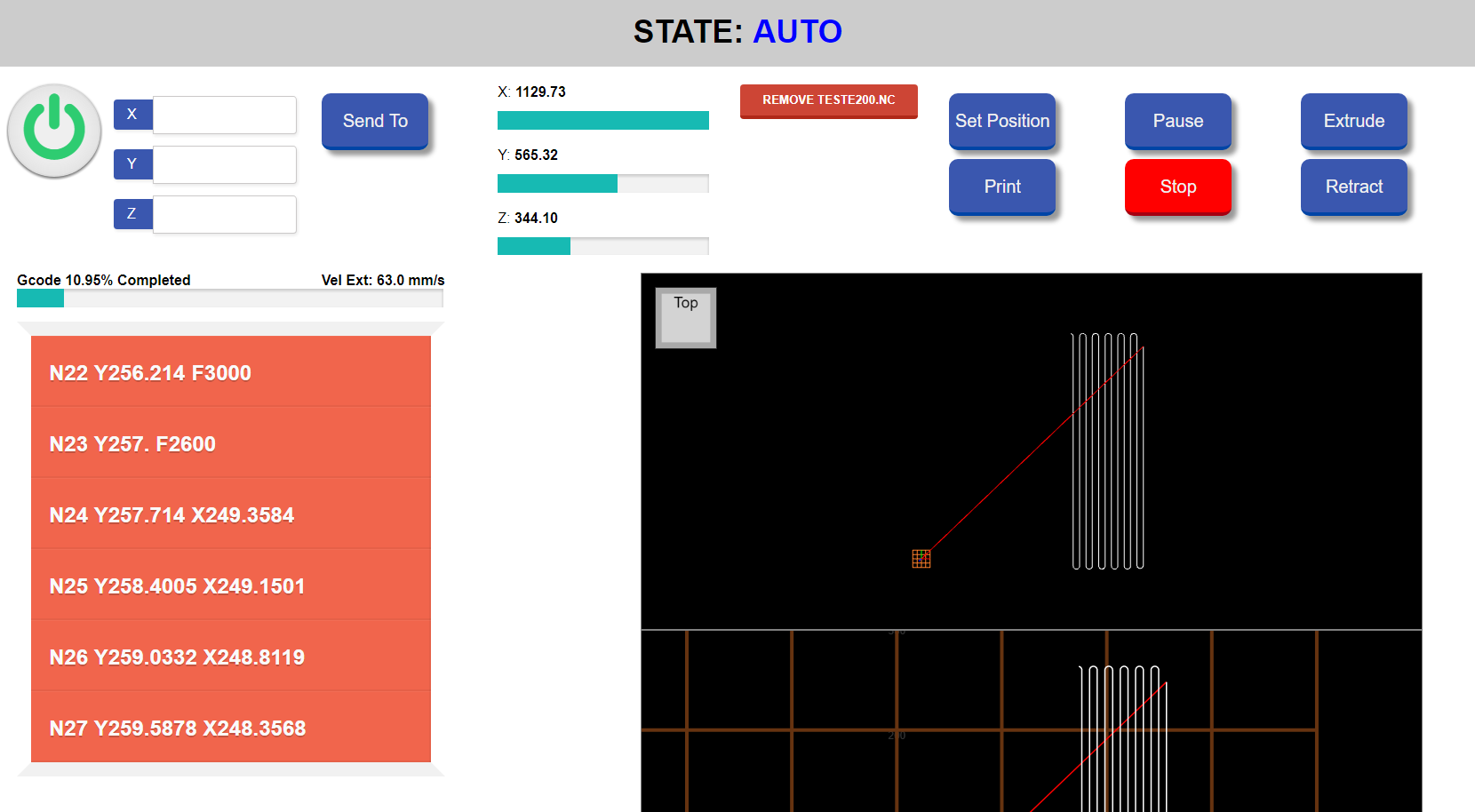


Figura 8 - Equipamento em Auto e tabela vermelha com as linhas de Gcode em execução

# Visualização da Peça 2D/3D

Quando um ficheiro Gcode é carregado (ou feito o drop) na caixa respetiva, torna-se possível visualizar a peça desenhada pelo conteúdo do ficheiro em 2D e em 3D. Esta visualização é possível graças á utilização de uma livraria desenvolvida com a framework Ember JS que tem a capacidade de ler o conteúdo do ficheiro Gcode e desenhar a peça num elemento canvas do HTML para o 3D e num SVG para o 2D.

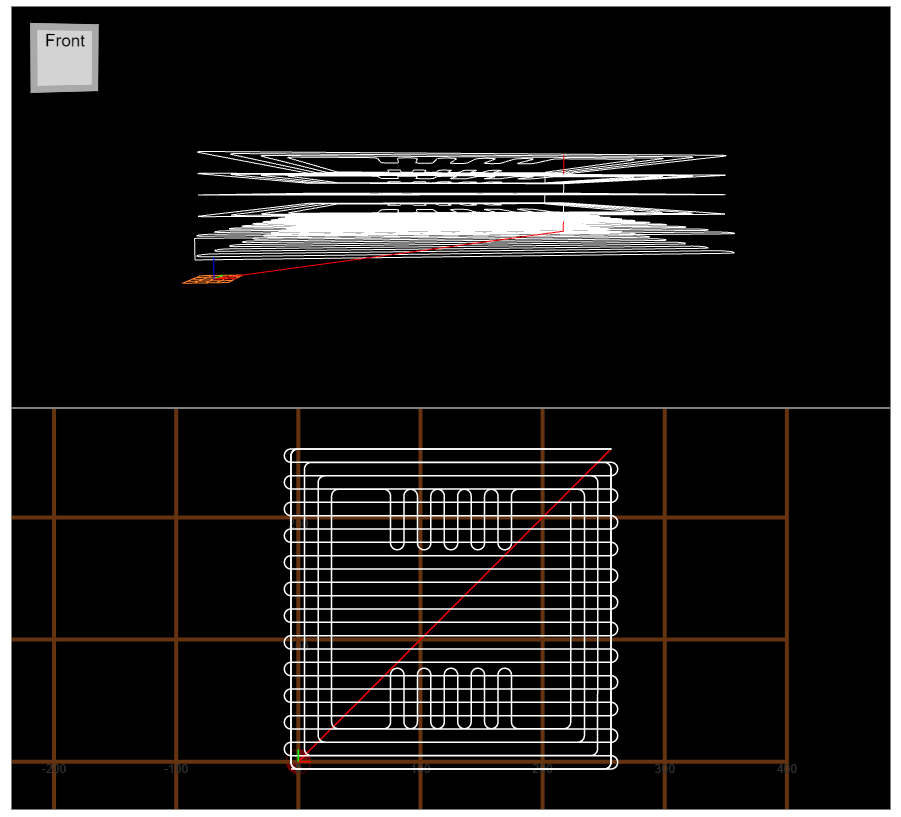


Figura 9 - Visualização da peça 2D/3D

# Pressupostos

# Conclusão

Para realização deste projeto foi definido como objetivo principal o desenvolvimento de uma HMI para controlo e monitorização de um equipamento de Fabrico Aditivo, e também alguns objetivos adicionais como a utilização de tecnologias web para o desenvolvimento da HMI, permitir o controlo e monitorização do equipamento e de parâmetros do processo em tempo real, e o carregamento de ficheiros Gcode para o equipamento interpretar e executar de forma remota. Os objetivos foram atingidos com sucesso e o projeto valida esta arquitetura, assim como as tecnologias utilizadas para desenvolvimentos futuros.

# Referências



Alphonsus, E. R., & Abdullah, M. O. (2016). A review on the applications of programmable logic controllers (PLCs), *60 OP*-*I*, 1185.

Canas, R. M. da S., & Pires, J. S. (2014). Simoldes : the impact of additive manufacturing : 3D Printing Technology.

Carvalho, A. I. R. de, & Ferrolho, A. M. P. (2016). *Desenvolvimento e melhoramento da Célula Flexível de Fabrico da ESTGV*.

Dias, F. A. N. B., & Fonseca, I. S. A. da. (2015). Desenvolvimento de ferramenta para interligação de dispositivos utilizando protocolos industriais.

Dorf, R. C., & Bishop, R. H. (2010). *Modern Control Systems*.

Souza, R. B. de, & Medeiros, A. A. D. de. (2005). Uma arquitetura para sistemas supervisórios industriais e sua aplicação em processos de elevação artificial de petróleo.