



ISEL

INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA
Departamento de Engenharia Mecânica



Projeto de Sistema de Supervisão para o Novo Paradigma da Indústria 4.0

LUÍS FILIPE CATARINO VICENTE
(Licenciado em Engenharia Mecânica)

Trabalho Final de Mestrado para obtenção do grau de Mestre
em Engenharia Mecânica

Orientador:

Doutor Mário José Gonçalves Cavaco Mendes

Júri:

Presidente: Doutor Gonçalo Nuno de Oliveira Duarte

Vogais:

Doutor Fernando Paulo Neves da Fonseca Cardoso Carreira

Doutor Mário José Gonçalves Cavaco Mendes

Julho de 2021



ISEL

INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA
Departamento de Engenharia Mecânica

Projeto de Sistema de Supervisão para o Novo Paradigma da Indústria 4.0

LUÍS FILIPE CATARINO VICENTE
(Licenciado em Engenharia Mecânica)

Trabalho Final de Mestrado para obtenção do grau de Mestre
em Engenharia Mecânica

Orientador:

Doutor Mário José Gonçalves Cavaco Mendes

Júri:

Presidente: Doutor Gonçalo Nuno de Oliveira Duarte

Vogais:

Doutor Fernando Paulo Neves da Fonseca Cardoso Carreira

Doutor Mário José Gonçalves Cavaco Mendes

Julho de 2021

Agradecimentos

Ao terminar este Trabalho Final de Mestrado não posso deixar de expressar o meu sincero agradecimento às pessoas que, direta ou indiretamente, contribuíram para a concretização do mesmo. Assim, as minhas palavras de apreço e gratidão vão para:

O meu orientador, Doutor Mário José Gonçalves Cavaco Mendes, pela sua dedicação, total disponibilidade e simpatia com que me recebeu ao longo deste projeto, pelas suas sugestões e ensinamentos.

Os Engenheiros David Pires e Pedro Ramos, pelo apoio durante o início do desenvolvimento deste projeto, concedendo-me o caso de estudo abordado.

A minha família, especialmente ao meu pai, à minha mãe, ao meu irmão e ao meu avô pelo estímulo, apoio e ajuda ao longo de todos estes anos de faculdade, fazendo com que tudo isto fosse possível.

A minha namorada por ter sido o meu porto seguro, por ter-me dado incentivo para continuar mesmo quando as forças já eram poucas e por nunca ter desistido de mim.

Por fim, mas não menos importante, às pessoas que mais tempo passaram comigo ao longo do meu período académico, aos meus colegas de curso, pelo apoio, ânimo e ajuda que me deram ao longo desta aventura.

Resumo

A Indústria 4.0 veio introduzir grandes mudanças, não só na necessidade de altos níveis de automação, mas sobretudo na necessidade de processos de comunicação eficientes. Assim, surgiu o conceito de fábrica inteligente, onde a automação e a troca de informação são a base para todos os processos. De modo a existir uma troca de informação eficaz, a interligação de todos os sistemas organizacionais com os processos e os trabalhadores é fundamental. Para facilitar a comunicação entre os processos e os operadores, surgiram (no século passado) os sistemas de supervisão controlo e aquisição de dados (SCADA - *Supervisory Control and Data Acquisition*). Desta forma, torna-se importante compreender o papel destes sistemas na revolução industrial em curso.

No âmbito desta temática, este Trabalho Final de Mestrado propõe o projeto de um *software* SCADA aplicado a um parque de combustíveis, para integrar o conceito de fábrica inteligente. No projeto do *software* SCADA, foram abordadas algumas das novas capacidades exigidas aos sistemas SCADA, introduzidas pela Indústria 4.0, como a interação com a *internet* industrial das coisas, a comunicação máquina-máquina, o *Big Data* e a Cibersegurança. O projeto foi desenvolvido recorrendo à plataforma de *software* comercial *Ignition*, que possibilita que o *software* SCADA projetado se ligue diretamente com todos os dispositivos presentes nas várias indústrias, independentemente das suas marcas.

O *software* SCADA desenvolvido permite integrar os conceitos referidos dando a capacidade aos utilizadores de supervisionarem os processos, com base nas recomendações da norma ANSI/ISA-101.01-2015. A supervisão é possibilitada tanto no chão de fábrica como em qualquer lugar do mundo, através de qualquer dispositivo conectado à *internet*. Este *software* permite ainda recolher e transmitir informações sobre o estado dos processos, aceder a informações provenientes de outros programas organizacionais e gerar alertas/alarmes notificando os utilizadores. O *software* foi desenvolvido com sucesso para o caso de estudo, aplicando uma abordagem da Indústria 4.0.

Palavras-chave: Monitorização; Sistema de Supervisão Controlo e Aquisição de dados; *Internet* Industrial das Coisas; Fábrica Inteligente; Indústria 4.0.

Abstract

Industry 4.0 introduced major changes, not only in the need for high levels of automation, but above all in the need for efficient communication processes. Thus, the concept of smart factory arose, where automation and information exchange are the basis for all processes. In order to have an effective information exchange, the interconnection of all organizational systems with processes and workers is essential. To facilitate communication between processes and operators, (in the last century), supervisory control and data acquisition systems (SCADA) emerged. Thus, it is important to understand the role of these systems in the ongoing industrial revolution.

Within this theme, this Final Master's Project proposes the design of a SCADA software applied to a fuel park, to integrate the concept of smart factory. In the SCADA software project, some of the new capabilities required of SCADA systems introduced by Industry 4.0, were addressed, such as the interaction with the industrial internet of things, the cloud computing, machine-to-machine communication, Big Data, and Cybersecurity. The project was developed using the commercial software platform Ignition, which allows the designed SCADA software to connect directly with all devices present in the various industries, regardless of their brands.

The designed SCADA software allows you to integrate the concepts mentioned giving users the ability to supervise the processes, based on the recommendations of the ANSI/ISA-101.01-2015 standard. Supervision is made possible both on the shop floor and anywhere in the world, rough any device connected to the internet. This software also allows you to collect and transmit information about the status of processes, access information from other organizational programs and generate alerts/alarms notifying users. The software was successfully developed for the case study, applying an Industry 4.0 approach.

Keywords: Monitoring; Supervisory, control and data acquisition system; Industrial Internet of Things; Smart Factory; Industry 4.0.

Índice

Agradecimentos	i
Resumo	iii
Abstract.....	v
Índice de Figuras	xi
Índice de Tabelas	xv
Lista de Acrónimos.....	xvii
1 Introdução	1
1.1 Motivação.....	3
1.2 Objetivos	4
1.3 Estrutura do Documento.....	5
2 Indústria 4.0 – Estado da Arte.....	7
2.1 Pilares da Indústria 4.0	9
2.2 <i>Internet</i> das Coisas e <i>Internet</i> Industrial das Coisas.....	11
2.3 Sistemas Ciber-físicos	12
2.4 Análise de <i>Big Data</i>	14
2.5 Cibersegurança	16
2.6 Comunicação Máquina-máquina e Robôs Autónomos	18
2.7 Fábrica Inteligente	19
2.8 Operador na Indústria 4.0.....	20
2.9 Pirâmide da Automação	21
2.9.1 Sistema de Supervisão, Controlo e Aquisição de Dados	23
2.9.1.1 <i>Software</i> SCADA	24
2.9.1.2 Interfaces Homem-máquina	26
2.9.2 Exemplos de Sistemas SCADA e HMIs.....	28
3 Sistema a Estudar	37

3.1	Caso de Estudo	37
3.2	Plataforma de <i>Software SCADA</i>	39
4	Projeto do <i>Software SCADA</i>	47
4.1	Fase 1 - Planeamento	47
4.1.1	Definição do Projeto	47
4.1.2	Visão geral do Projeto	50
4.2	Fase 2 - <i>Design</i>	55
4.2.1	Etapa 1: Configuração	55
4.2.2	Etapa 2: <i>Layout</i> das HMIs	63
4.2.3	Etapa 3: Ferramentas e Componentes	67
4.2.4	Etapa 4: Desenvolvimento	71
4.2.4.1	Aplicações de Supervisão	72
4.2.4.2	Consulta das Ordens de Trabalho	80
4.2.4.3	Alarmes	81
4.2.4.4	Notificação dos Utilizadores	84
4.2.4.5	Relatórios	87
4.2.4.6	Auditoria	88
4.2.4.7	Configuração do Menu	89
4.3	Fase 3 - Finalização do Projeto	89
4.3.1	Etapa 1: Segurança	90
4.3.2	Etapa 2: Testes	91
4.4	Análise final do <i>software SCADA</i> desenvolvido	95
5	Conclusões	97
5.1	Trabalho Final	97
5.2	Trabalho Futuro	99
	Referências	101
	Anexos	109

Anexo 1 – Módulos Instalados no <i>Ignition Gateway</i>	111
Anexo 2 – Lista de <i>Tags</i>	113
Anexo 3 – Tabelas do Banco de Dados	123
Anexo 4 - Componentes que constituem as janelas a exibir nas HMIs	125
Anexo 5 – Relatório de Alarmes.....	133
Anexo 6 - Janelas da Aplicação em <i>Vision</i>	135
Anexo 7 – Janelas da Aplicação em <i>Perspective</i>	149

Índice de Figuras

Figura 1.1 - Evolução da Indústria (Inspirado em [4]).	1
Figura 2.1 - Mudança da cadeia de abastecimento tradicional para a rede de abastecimento digital (Inspirado em [7]).	8
Figura 2.2 - Pilares da Indústria 4.0 (Inspirado em [9]).	10
Figura 2.3 - Ciclo do valor da informação (Inspirado em [14]).	12
Figura 2.4 - Relação entre o mundo físico e o mundo digital (Inspirado em [16]).	12
Figura 2.5 - Divisão entre o mundo físico e o mundo digital no IVL.	13
Figura 2.6 - Potencialidades da BDA (Inspirado em [23]).	16
Figura 2.7 - Papel dos operadores (Inspirado em [30]).	21
Figura 2.8 - Pirâmide da Automação (Inspirado em [31]).	22
Figura 2.9 - Sistema SCADA (Inspirado em [31]).	23
Figura 2.10 – Novas capacidades exigidas ao <i>software</i> SCADA (Inspirado em [40]).	25
Figura 2.11 - HMIs [44].	27
Figura 2.12 - Ciclo de vida HMI [48].	28
Figura 2.13 - Sistema de supervisão no “LabAPI-ISEL” [49].	29
Figura 2.14 - Painel do sistema de análise de vibrações [50].	30
Figura 2.15 - Supervisão do processo de empacotamento [51].	30
Figura 2.16 - Versão virtual completa da bancada de trabalho [52].	31
Figura 2.17 - Interfaces gráficas do utilizador da unidade de destilação [53].	32
Figura 2.18 - Interface gráfica para a supervisão remota do destilador solar [54].	33
Figura 2.19 - Estrutura do sistema para monitorizar máquinas-ferramenta [46].	33
Figura 2.20 - Interfaces para a visualização e a gestão dos dados [46].	34
Figura 2.21 - Aplicação do sistema [46].	34
Figura 3.1 - Exemplo da vista aérea do Parque de Combustíveis.	37
Figura 3.2 - Exemplo dos Reservatórios do Parque de Combustíveis.	38
Figura 3.3 - Logótipo do <i>Ignition</i> [56].	40
Figura 3.4 - Interligação do <i>Ignition</i> nas diversas indústrias [57].	41
Figura 3.5 - Multiplataforma do <i>Ignition</i> (Inspirado em [40]).	42
Figura 3.6 - Conexões possíveis com a plataforma de <i>software</i> Ignition (Inspirado em [56]).	42

Figura 3.7 - Rede de comunicação no <i>Ignition</i> [57].	43
Figura 4.1 - Arquitetura prevista para o sistema SCADA (Inspirado em [66]).	56
Figura 4.2 - Arquitetura do <i>Ignition Gateway</i> [67].	57
Figura 4.3 - Navegador de <i>Tags</i> .	59
Figura 4.4 - Configuração do Histórico do nível do Tanque 1.	61
Figura 4.5 - Grupo de Transação do Tanque 1.	61
Figura 4.6 - Código em SQL para criar a tabela “Planeamento Expedição”.	62
Figura 4.7 - Integração do módulo <i>Vision</i> com o módulo <i>Perspective</i> (Inspirado em [69]).	64
Figura 4.8 - Estrutura da aplicação em <i>Vision</i> .	64
Figura 4.9 - Estrutura do menu de navegação.	65
Figura 4.10 - Estrutura da aplicação em <i>Perspective</i> para um ecrã grande.	66
Figura 4.11 - Estrutura da aplicação em <i>Perspective</i> para um ecrã pequeno.	67
Figura 4.12 - Interface da Ferramenta <i>Image Management</i> .	68
Figura 4.13 - Interface da Ferramenta <i>Symbol Factory</i> .	69
Figura 4.14 - Construção de um novo símbolo.	69
Figura 4.15 - Modelo em <i>Vision</i> .	70
Figura 4.16 - Interface da ferramenta <i>Database Query Browser</i> .	71
Figura 4.17 - Ligação de um componente a uma <i>Tag</i> .	73
Figura 4.18 - Ligação da cor de um elemento a uma <i>Tag</i> .	73
Figura 4.19 - Conexão do “ <i>Sparkline Chart</i> ” ao histórico de uma <i>Tag</i> .	74
Figura 4.20 - Janela <i>Home</i> na aplicação em <i>Vision</i> .	75
Figura 4.21 - Janela de Monitorização da Receção de GPL na aplicação em <i>Vision</i> .	75
Figura 4.22 - Janela <i>pop-up</i> controlo Manual/Auto Válvula FCV – 01006 na aplicação em <i>Vision</i> .	76
Figura 4.23 - Janela Operação Tráfego na aplicação em <i>Vision</i> .	77
Figura 4.24 - Código da janela parametrizada.	77
Figura 4.25 - Representação do <i>layout</i> da janela Tráfego na aplicação em <i>Perspective</i> .	79
Figura 4.26 - <i>Perspective Property Editor</i> .	79
Figura 4.27 - Configuração do URL das páginas.	80
Figura 4.28 - Consulta SQL.	81
Figura 4.29 - Janela Planeamento da Receção de GPL na aplicação em <i>Vision</i> .	81
Figura 4.30 - Configuração de um alarme numa <i>Tag</i> .	82

Figura 4.31 - Janela Alarmes na aplicação em <i>Vision</i>	84
Figura 4.32 - Fluxograma de notificação dos utilizadores.	85
Figura 4.33 - Mensagem de notificação em caso de alarme.....	86
Figura 4.34 - Gestão dos utilizadores na aplicação em <i>Vision</i>	86
Figura 4.35 - Configuração da distribuição do relatório de alarmes via <i>e-mail</i>	87
Figura 4.36 - Janela Auditoria na aplicação em <i>Vision</i>	89
Figura 4.37 - Configuração de segurança.	91
Figura 4.38 – Sistema SCADA virtual.	93
Figura 4.39 - Exemplo da programação da função “Expedição sem retorno” em <i>Ladder Logic</i>	94
Figura 4.40 - Conexão das Tags do PLC às <i>Tags</i> do <i>software</i> Ignition	94

Índice de Tabelas

Tabela 2.1- Interação entre o mundo físico e o mundo digital (Inspirado em [14]).....	14
Tabela 2.2 - Características gerais dos dados recolhidos nas indústrias [21].....	15
Tabela 2.3 - Processos dentro de uma fábrica inteligente (Inspirado em [29]).	20
Tabela 2.4 - Lista de plataformas de <i>software</i> [33].	26
Tabela 4.1 - Janelas da secção Monitorização.....	52
Tabela 4.2 - Janelas da secção Operação.....	52
Tabela 4.3 - Janelas da secção Segurança.	53
Tabela 4.4 - Janelas da secção Administração.	53
Tabela 4.5 - Tabelas do Banco de dados.	55
Tabela 4.6 - Níveis de prioridade dos alarmes.	83

Lista de Acrónimos

PLCs	<i>Programmable Logic Controllers</i> (Controladores Lógicos Programáveis)
IT	<i>Information Technology</i> (Tecnologia da Informação)
CPS	<i>Cyber Physical System</i> (Sistema Ciber-físico)
IIoT	<i>Industrial Internet of Things</i> (<i>Internet Industrial das Coisas</i>)
BD	<i>Big Data</i>
M2M	<i>Machine to Machine</i> (Máquina-máquina)
SCADA	<i>Supervisory Control and Data Acquisition</i> (Supervisão Controlo e Aquisição de Dados)
BDA	<i>Big Data Analytics</i> (Análise de <i>Big Data</i>)
HMI	<i>Human Machine Interfaces</i> (Interfaces Homem-máquina)
IoT	<i>Internet of Things</i> (<i>Internet das Coisas</i>)
IVL	<i>Information Value Loop</i> (Ciclo do Valor da Informação)
MES	<i>Manufacturing Execution System</i> (Sistemas de Execução de Manufatura)
ERP	<i>Enterprise Resource Planning</i> (Planeamento de Recursos Corporativos)
MOC	<i>Management of Change</i> (Gestão de Alterações)
ISEL	Instituto Superior de Engenharia de Lisboa
TIA Portal	<i>Totally Integrated Automation Portal</i>
HTML	<i>HyperText Markup Language</i>
GPL	Gás de Petróleo Liquefeito
MQTT	<i>Message Queuing Telemetry Transport</i>
OPC UA	<i>Open Platform Communications United Architecture</i>
SQL	<i>Structure Query Language</i> (Linguagem de Consulta Estruturada)
HTTP	<i>Hyper Text Transfer Protocol</i>
URL	<i>Uniform Resource Locator</i>
SMTP	<i>Simple Mail Transfer Protocol</i>
SSL	<i>Secure Sockets Layer</i>
TLS	<i>Transport Layer Security</i>
PLCSIM	SIMATIC S7-PLCSIM

1 Introdução

Os avanços da tecnologia ao longo dos tempos têm introduzido alterações nas sociedades e nas indústrias. As indústrias são influenciadas pela tecnologia, tanto na forma como os produtos são produzidos, como na forma como a informação é transmitida e disponibilizada. Além de alterarem a forma como tudo é produzido, as evoluções tecnológicas, afetam, fundamentalmente, as condições de trabalho e o estilo de vida das pessoas [1].

Ao longo dos últimos séculos ocorreram três revoluções industriais, encontrando-se neste momento a quarta em curso, como representado na Figura 1.1. A primeira deu-se no final do século XVIII, no ano 1784, onde foi introduzido o uso de energia a vapor nas instalações de produção, aumentando assim, a capacidade das fábricas. A eletricidade na indústria e, o conceito de produção em linha de montagem em massa, surge no século XIX, altura em que se dá uma segunda revolução industrial. Henry Ford levou esses princípios para a produção de automóveis, alterando drasticamente o processo de montagem. A terceira revolução distingue-se devido à introdução da automação. No final do século XX, começaram a usar-se computadores e controladores lógicos programáveis (PLCs - *Programmable Logic Controllers*), que permitiram automatizar todo o processo de produção [2], [3].

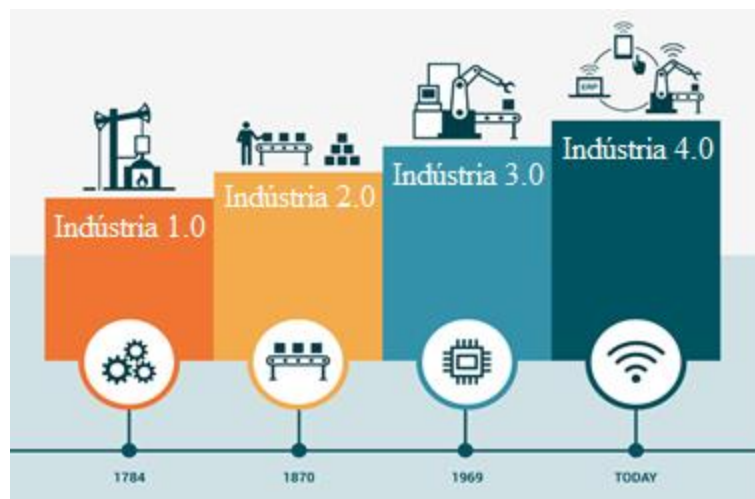


Figura 1.1 - Evolução da Indústria (Inspirado em [4]).

Atualmente, estamos numa quarta revolução industrial, chamada Indústria 4.0. Esta revolução foi criada na Alemanha e é caracterizada não apenas pela revolução

tecnológica, mas também pela necessidade de juntar os conhecimentos obtidos na área de automação com novas tecnologias disponíveis no mercado [1]. A Indústria 4.0 é caracterizada pela aplicação de tecnologias de informação (IT - *Information Technology*) e comunicação à indústria, baseando-se nos desenvolvimentos introduzidos pela terceira revolução industrial, expandindo os sistemas de produção, que já possuem tecnologia de computação, a uma conexão em rede. A visão desta revolução é passar de um processo físico para um sistema ciber-físico (CPS - *Cyber Physical System*) integrado na produção, onde o mundo físico está totalmente integrado ao mundo cibernético. A interligação de todos os sistemas em rede, dá origem a CPS, criando fábricas inteligentes, nas quais os sistemas de produção, os componentes e as pessoas comunicam, levando a uma produção quase autónoma [5].

No mercado atual, existe uma grande procura pelo aumento da produção, melhoria da qualidade dos produtos e redução dos desperdícios, com o intuito de aumentar a competitividade das organizações e satisfazer as necessidades dos clientes. Uma das formas de atingir essas metas é através da Indústria 4.0. Esta permite interligar tudo dentro de uma organização, contribuindo assim, para alcançar os objetivos de cada empresa. Deste modo, existe a necessidade por parte de todas as organizações, de implementar a Indústria 4.0 em todos os setores.

A Indústria 4.0 origina não só altos níveis de automação nas indústrias, como a permanente ligação entre pessoas, processos e equipamentos. Apesar da grande quantidade de informação sobre a Indústria 4.0 e, das suas reconhecidas vantagens, a sua implementação nem sempre se traduz numa tarefa fácil para as organizações. Adotar este conceito leva à criação de sistemas, onde a comunicação entre os processos de produção, máquinas e pessoas é essencial. Para a construção de uma fábrica inteligente, segundo o conceito da Indústria 4.0, deve recorrer-se a: CPS, *internet* industrial das coisas (IIoT - *Industrial Internet of Things*), sistemas integrados, computação em nuvem, *Big Data* (BD), comunicação máquina-máquina (M2M - *Machine to Machine*), entre outros conceitos, de modo a transformar a interligação entre toda a fábrica e os dados adquiridos numa vantagem competitiva. Atualmente, já é conhecida a noção do que a Indústria 4.0 implica, assim como as vantagens que esta pode trazer tanto na produção como na organização empresarial. No entanto, as organizações ainda apresentam grandes dificuldades em adotar este conceito.

1.1 Motivação

A implementação da Indústria 4.0 e de todos os conceitos que lhe estão associados, passou a ser o principal desafio que as organizações atualmente têm de enfrentar. Ao implementar a Indústria 4.0 é exigida uma constante troca de informação, criando assim, a necessidade de interligar os sistemas com as máquinas, os equipamentos e os trabalhadores. Deste modo, é necessário criar interfaces de supervisão que permitam trabalhar com os conceitos introduzidos pela Indústria 4.0 como a IIoT, a computação em nuvem, o BD, a Cibersegurança, a comunicação M2M, *etc.*, de modo a tornar a comunicação fácil e acessível.

Apesar da Indústria 4.0 promover a automatização dos processos, é fundamental que os trabalhadores estejam sempre informados do estado destes, em qualquer lugar, a qualquer hora, a partir de qualquer dispositivo, tornando a mobilidade uma das características fundamentais nas fábricas inteligentes. No século passado, para solucionar o problema de comunicação entre os processos e os operadores surgiram os sistemas de supervisão controlo e aquisição de dados (SCADA - *Supervisory Control and Data Acquisition*). Deste modo, é fundamental que estes sistemas acompanhem a evolução tecnológica interligando-se com os conceitos introduzidos pela Indústria 4.0.

O projeto do *software* SCADA que compõe os sistemas SCADA toma uma grande importância na Indústria 4.0, uma vez que *software* bem projetado promove uma constante troca de informação e uma maior eficiência na gestão, supervisão e controlo de todos os processos. Simultaneamente, permite utilizar os dados recolhidos para tornar os operadores mais eficientes, implementando níveis mais altos de automação através da comunicação M2M, promovendo o aumento da competitividade das organizações e a satisfação dos clientes.

Devido à importância dos sistemas SCADA na Indústria 4.0, existe uma grande necessidade em modernizá-los, sendo urgente implementá-los nas organizações onde estes ainda não existem. Assim, constitui como motivação deste Trabalho Final de Mestrado, a importância da Indústria 4.0, nomeadamente, o papel desempenhado pelos sistemas SCADA nesta revolução industrial.

1.2 Objetivos

É fundamental que os diversos sistemas que compõem as organizações, se interliguem com os conceitos introduzidos pela Indústria 4.0, de modo a tornar os processos mais eficientes e as organizações mais competitivas.

Assim, o objetivo deste Trabalho Final de Mestrado é identificar e desenvolver um *software* SCADA, associado aos diversos conceitos da Indústria 4.0, demonstrando as potencialidades desta interligação. Para tal, pretende desenvolver-se um *software* SCADA, a partir do qual seja possível implementar um sistema SCADA num cenário real. O caso de estudo deve simular o modo de operação de uma instalação de produção industrial, possibilitando assim, a exemplificação de todas as novas potencialidades destes sistemas. No desenvolvimento do *software* SCADA pretende recorrer-se a uma plataforma de *software* comercial, que permita desenvolver um *software* SCADA para o novo paradigma da Indústria 4.0, oferecendo serviços pela *internet* de raiz.

Tem-se ainda como objetivo, que o *software* SCADA projetado, seja caracterizado por um *software* global, permitindo a conexão com os diversos PLCs existentes no mercado, independentemente da sua marca. Para além disso, o *software* a desenvolver deve permitir a supervisão dos processos, assim como a gestão de alarmes, integrando-se com os diversos sistemas organizacionais e com os conceitos da Indústria 4.0, tais como:

- IIoT;
- Análise *Big Data* (BDA - *Big Data Analytics*);
- Cibersegurança;
- Computação em nuvem;
- Comunicação M2M.

Com o desenvolvimento deste projeto, ambiciona-se apoiar o entendimento sobre as novas potencialidades dos sistemas SCADA, assim como os diversos conceitos associados, introduzidos pela Indústria 4.0, demonstrando a transformação em curso na sociedade e na indústria.

1.3 Estrutura do Documento

O presente Trabalho Final de Mestrado encontra-se dividido em cinco capítulos, sendo o primeiro a “Introdução”, onde se pretende enquadrar o trabalho desenvolvido, referindo a motivação e os objetivos a alcançar.

O Capítulo 2, “Indústria 4.0 - Estado da Arte”, faz um enquadramento teórico da quarta revolução industrial (Indústria 4.0), onde são abordados os seus conceitos base. Neste, são ainda descritas as principais funções dos sistemas SCADA, assim como exemplos da sua aplicação.

O Capítulo 3, intitulado “Sistema a Estudar”, descreve primeiramente, o estudo de caso que serve de base ao desenvolvimento do projeto e depois, a plataforma de *software* na qual foi desenvolvido o projeto, enumerando os fatos tidos em consideração nessa escolha.

O Capítulo 4, “Desenvolvimento do Projeto”, descreve as diversas fases de desenvolvimento do projeto do *software* SCADA, assim como a metodologia seguida e as suas características.

Por fim, o Capítulo 5, “Conclusões”, expõe as conclusões retiradas ao longo da realização deste Trabalho Final de Mestrado. Adicionalmente, são ainda indicados os passos seguintes para a continuação deste trabalho.

(Página intencionalmente em branco)

2 Indústria 4.0 – Estado da Arte

A Indústria 4.0 é um sistema tecnológico complexo, amplamente discutido e pesquisado, com grande influência no setor industrial, devido ao facto de introduzir avanços relevantes nas fábricas e nos processos de fabrico [3]. Este conceito procura atender às necessidades individuais de cada cliente, obrigando a um conhecimento aprofundado do ciclo de vida de cada produto. Além disso, a Indústria 4.0 abrange diversas áreas de conhecimento, tais como: produção digital, comunicação em rede, tecnologia de computação, automação, entre outras [3], [6]. Pode definir-se a quarta revolução industrial, como um novo nível de organização e controlo sobre a informação de toda a cadeia de valor dos produtos, tendo em atenção os requisitos dos clientes. Esta nova revolução procura ter uma plataforma de comunicação inteligente, de modo a interligar todos os equipamentos numa rede industrial, rastreando o estado dos processos e monitorizando todos os dados [6].

Apesar da revolução industrial 4.0 afetar diversos domínios, a indústria é o setor onde o impacto é mais relevante, devido à nova visão de produção, caracterizada pela produção descentralizada e digitalizada, onde cada ativo realiza o autocontrolo e desencadeia ações. Este novo paradigma propõe integrar totalmente produtos, processos e trabalhadores, mudando a visão de produção em massa, implementada até então, para uma visão de personalização em massa, o que aumenta o nível de complexidade da indústria [6].

A Indústria 4.0 reúne o mundo físico e o digital, através dos CPS. Com a implementação do conceito anteriormente mencionado, esperam-se melhorias a nível do processo produtivo, do aumento da produtividade, criando modelos de negócios e alterando o ambiente de produção [3]. A quarta revolução industrial para além de uma produção totalmente automatizada, característica da terceira revolução industrial, introduz a necessidade de interligação entre tudo e todos. Para a Indústria 4.0 a troca de informação tem um papel fundamental no processo de produção.

A ligação entre o mundo físico e o mundo cibernético, característico da Indústria 4.0, traz diversos desafios para as empresas, considerando que provoca uma mudança significativa nos processos e sistemas produtivos. No entanto, o impacto da quarta

revolução industrial não se restringe apenas aos processos produtivos, tendo influência em diversas áreas, tais como [3]:

- Produtos e Serviços;
- Modelos e Mercado de Negócios;
- Economia;
- Ambiente de Trabalho;
- Desenvolvimento de Aptidões.

A Indústria 4.0 causa alterações ao nível da comunicação de todas as partes interessadas ao longo da cadeia de valor dos produtos. Com a adoção da Indústria 4.0 é promovido o trabalho em conjunto entre os vários departamentos que compõem as cadeias de abastecimento, devido a um fluxo constante de dados entre os sistemas conectados (Figura 2.1) [7].

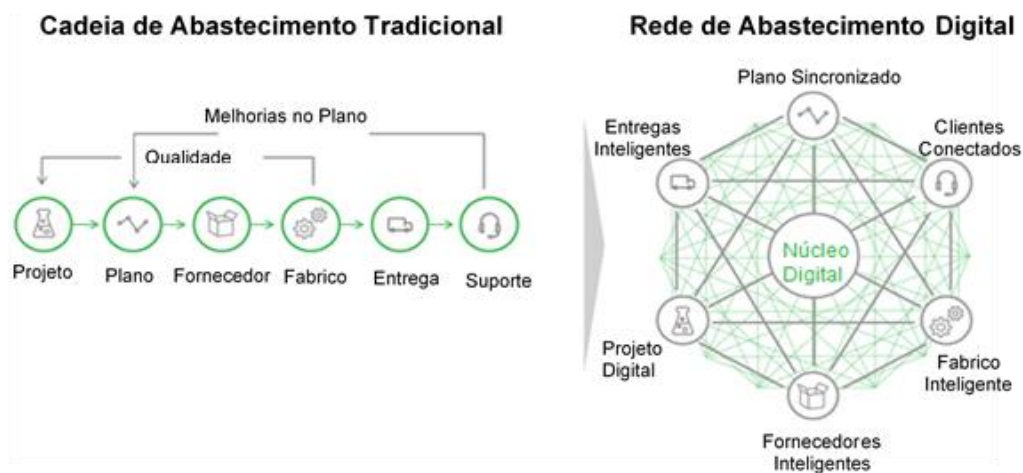


Figura 2.1 - Mudança da cadeia de abastecimento tradicional para a rede de abastecimento digital (Inspirado em [7]).

No passado a informação dentro de uma cadeia de abastecimento era transmitida exclusivamente entre os vários departamentos diretamente conectados. A Indústria 4.0, por sua vez, vem promover o aparecimento de um núcleo digital, através de uma rede de troca de informação que interliga todos os departamentos. Do resultado da interligação em rede entre os produtos com os processos e com os trabalhadores, surge o conceito de fábrica inteligente, introduzido pela Indústria 4.0, com uma importante influência nos processos industriais, sistemas de produção e nas cadeias de fornecimento. O núcleo de todas as revoluções industriais é o aumento da produtividade. No entanto, a quarta

revolução industrial vai mais além, afetando toda a cadeia de valor, desde o desenvolvimento dos produtos, passando pela escolha do processo produtivo até à sua produção e distribuição [3]. Por este motivo, a Indústria 4.0 é caracterizada pela inovação e introdução de novos produtos e serviços como CPS interativos, possibilitando a gestão e o rastreamento das atividades em tempo real, otimizando toda a cadeia de valor e fornecendo informações relevantes sobre os produtos e estados de produção. Esta promove a integração entre fabricantes e clientes, permitindo uma interação mais próxima com os clientes e uma adaptação dos modelos de negócios às exigências do mercado [3]. Este conceito está a atingir grandes significâncias tanto a nível industrial como académico, tendo ocorrido nos últimos anos um aumento significativo de publicações sobre esta temática [8].

Apesar de atualmente já existir uma definição clara de todos os conceitos que a Indústria 4.0 abrange, a maioria das empresas não está ciente dos desafios e das dificuldades encontradas quando esta é adotada [3]. De acordo com a bibliografia atualmente existente, a Indústria 4.0 proporciona:

- Personalização em massa através do uso de CPS;
- Adaptação automática e flexível dos sistemas de produção às mudanças do mercado;
- Rastreamento de peças e de produtos;
- Capacidade de comunicação de todos os elementos nos ambientes produtivos;
- Interfaces homem-máquina (HMI - *Human Machine Interfaces*) aprimoradas, permitindo novas formas de interação e operação;
- Comunicação dentro do ambiente produtivo através da adoção de fábrica inteligente e otimização da produção possibilitada pela IIoT;
- Aparecimento de novos serviços e modelos de negócios, que influenciam toda a cadeia de valor [3].

2.1 Pilares da Indústria 4.0

Para sustentar a base tecnológica exigida pela Indústria 4.0 surgiram pilares essenciais, representados na Figura 2.2 [6]. Estes promovem um aumento da eficiência e

uma alteração das relações tradicionais de produção, entre fornecedores, produtores e clientes, assim como entre os humanos e as máquinas [9].

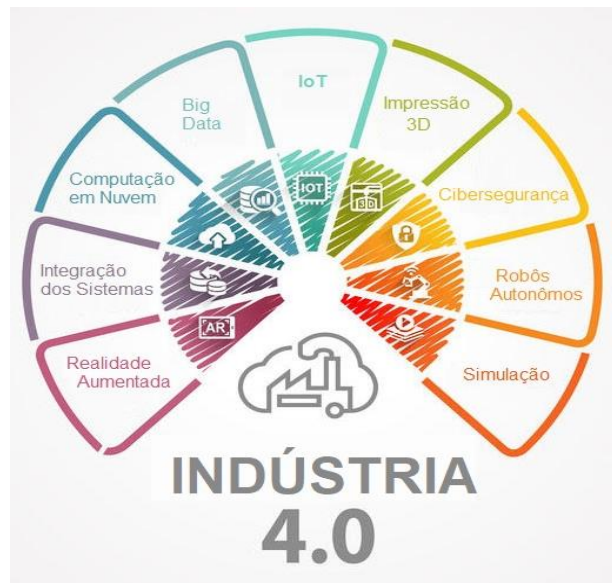


Figura 2.2 - Pilares da Indústria 4.0 (Inspirado em [9]).

Como representado na Figura 2.2, as grandes alterações introduzidas pela quarta revolução industrial, podem ser enumeradas em nove pilares fundamentais. A realidade aumentada permite fornecer informações virtuais em tempo real, ajudando na tomada de decisões e melhorando os procedimentos de trabalho. Os sistemas integrados conectam todos os departamentos das organizações, promovendo assim, a troca de informação dentro da organização, introduzindo deste modo, melhorias significativas na cadeia de valor. A computação em nuvem possibilita que todas as empresas armazenem as suas informações num banco de dados na nuvem (*cloud*), permitindo o acesso a estes a qualquer hora e em qualquer lugar. O BD armazena uma grande quantidade de dados e, possibilita a análise dos mesmos de modo a que se possa extrair informações valiosas. A *internet* das coisas (IoT - *Internet of Things*) é considerada a base para a Indústria 4.0. Este conceito promove a comunicação entre todas as partes numa organização, criando um ambiente onde todos os equipamentos, máquinas e operadores estão conectados em rede, proporcionando a comunicação M2M. A impressão 3D permite a criação de grandes variedades de peças adicionando matéria-prima, sem a necessidade de recorrer a moldes físicos, possibilitando desta forma o fabrico de peças com geometrias complexas. A cibersegurança surgiu como consequência de vários outros pilares da Indústria 4.0, pois num mundo altamente conectado e integrado, proteger dados e sistemas das ameaças

cibernéticas torna-se essencial. Os robôs autônomos e colaborativos reduzem os custos de trabalho e problemas associados à permanência de seres humanos em ambientes adversos, uma vez que estes agem de forma inteligente, cooperativa e autônoma. A simulação permite a otimização dos processos e dos produtos na fase de concepção, prevendo possíveis consequências provocadas pelas diversas alterações nos processos produtivos, diminuindo assim os custos e o tempo de projeto [10].

2.2 *Internet* das Coisas e *Internet* Industrial das Coisas

A IoT simboliza uma rede mundial na qual todos os dispositivos comunicam entre si, promovendo a partilha de informação. Na indústria a IoT designa-se IIoT, representando a adoção de diversas tecnologias que possibilitam a conexão de todos os equipamentos, através de uma rede baseada na *internet* [6]. Esta nova vaga tecnológica viabiliza uma grande interação entre os diversos dispositivos instalados ao longo de toda a cadeia de valor, proporcionando que os processos de fabrico resultem da conexão entre o mundo físico e o virtual [11]. Com a IIoT a cadeia de valor passa a ser ágil e conectada em rede, integrando objetos físicos, fatores humanos, máquinas, sensores e processos [12].

A IIoT permite uma melhoria significativa na conectividade, na eficiência, na economia de tempo e na organização das empresas. As redes IIoT de dispositivos inteligentes permitem ligar o chão de fábrica aos escritórios executivos da organização, possibilitando assim, uma visão completa e precisa do seu desempenho [13].

Este conceito veio introduzir uma nova noção de fluxo de informação na indústria. Este novo fluxo de informação é uma sequência de atividades por meio das quais as organizações criam valor a partir das informações, designando-se por ciclo do valor da informação (IVL - *Information Value Loop*), como representado na Figura 2.3 [14].

O IVL é iniciado por meio de uma ação, onde a medição do estado ou comportamento das coisas no mundo físico gera informações que são subsequentemente comunicadas, agregadas e analisadas (passando pelos estágios do IVL), de modo a informar ações futuras [14]. No entanto, devido à incompatibilidade existente entre os

dispositivos e problemas de segurança dos mesmos, ainda existe um desafio na adoção da IIoT por parte da indústria [11]–[13].



Figura 2.3 - Ciclo do valor da informação (Inspirado em [14]).

2.3 Sistemas Ciber-físicos

Os CPS são caracterizados pela interação entre o mundo virtual e o mundo físico. Nestes, as operações dos sistemas físicos são monitoradas, controladas, coordenadas e integradas por um núcleo de computação e comunicação, como representado na Figura 2.4. A capacidade da ligação do mundo cibernético ao mundo físico envolvente é proporcionada através da IIoT [15].

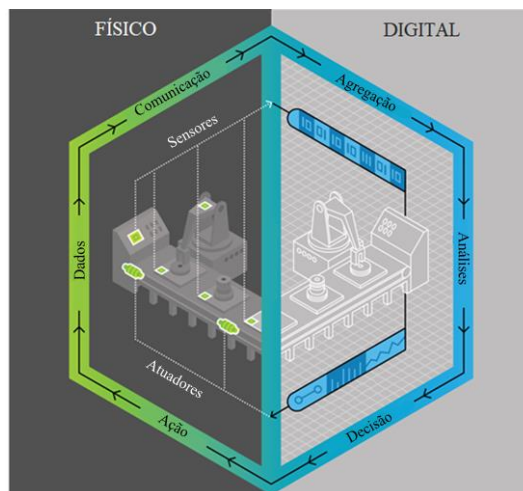


Figura 2.4 - Relação entre o mundo físico e o mundo digital (Inspirado em [16]).

Os CPS têm um enorme potencial para mudar todos os aspetos da sociedade atual, transformando a maneira como as pessoas interagem com os sistemas organizacionais, assim como, a *internet* transformou a maneira como as pessoas interagem com as informações. Este conceito impulsionará a inovação e a competição em setores como agricultura, energia, transporte, projeto, automação residencial, saúde e produção. Além disso, os CPS já introduziram diversos conceitos na sociedade como é o caso de “carros autónomos”, “cirurgia robótica”, “edifícios inteligentes”, “rede elétrica inteligente” e “produção inteligente” [17], [18].

Com a quarta revolução industrial, os CPS são usados em conjunto com a IIoT para construir arquiteturas baseadas na *internet*, facilitando assim, o controlo remoto de sistemas de produção [19]. Estes melhoram os processos de partilha de informação entre máquinas, fornecedores, trabalhadores e clientes em tempo real. Possibilitam ainda a supervisão dos processos produtivos e a adaptação dos processos de fabrico às necessidades dos clientes [20]. Ao analisar o IVL, introduzido pela IIoT, é possível evidenciar as interações entre o mundo físico e o mundo digital (representação ilustrada na Figura 2.5).

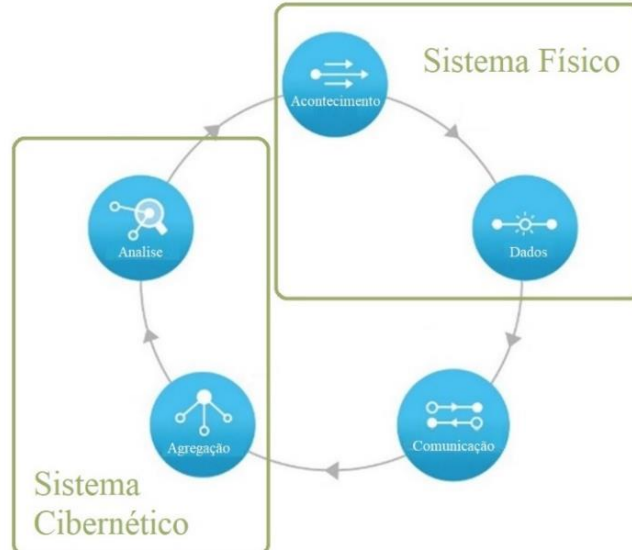


Figura 2.5 - Divisão entre o mundo físico e o mundo digital no IVL (Inspirado em [14]).

Algumas das tecnologias/processos utilizados na indústria que são exemplos da interceção do mundo físico com o mundo digital e vice-versa, encontram-se representados na Tabela 2.1.

Tabela 2.1- Interação entre o mundo físico e o mundo digital (Inspirado em [14]).

Físico → Digital	<ul style="list-style-type: none"> • Sensores e controladores • Realidade aumentada
Digital	<ul style="list-style-type: none"> • Agregação dos dados • Computação em Nuvem • Otimização e Previsão • Controlo e Supervisão
Digital → Físico	<ul style="list-style-type: none"> • Fabrico Aditivo • Materiais avançados • Robótica / Automação • Design e Simulação Digital

As tecnologias/processos apresentados na Tabela 2.1 descrevem um CPS típico, destacando a constante troca de informação entre o mundo físico e o mundo cibernético, tal como representado na Figura 2.4 e na Figura 2.5.

2.4 Análise de *Big Data*

Com a implementação da Indústria 4.0 todos os equipamentos são compostos por uma grande quantidade de sensores, o que por sua vez, cria grandes quantidades de dados. Surgiu, deste modo o conceito de BD, que traduz as grandes quantidades de dados recolhidos [21]. Com a adoção da tecnologia pelas indústrias é possível recolher dados das mais diversas tipologias. Estes dados podem ser classificados pelas características apresentadas na Tabela 2.2.

Devido às grandes quantidades de dados recolhidos e às características destes dados, surgiu o problema do BD. Este problema resulta da incapacidade que as indústrias têm para conseguir recolher e armazenar grandes quantidades de dados, com as características apresentadas.

No entanto, o BD não é um fim em si. A recolha e o armazenamento dos dados por si só não agrega nenhum valor. Para este se tornar vantajoso é necessário ser-lhe associada a análise dos dados. Através da associação destes dois conceitos, surgiu a BDA: capacidade de obter informações a partir dos dados recolhidos, aplicando estatísticas, simulações, otimizações entre outras estratégias [22].

Tabela 2.2 - Características gerais dos dados recolhidos nas indústrias [21].

Volume	Representa o tamanho dos dados gerados, estes podem atingir facilmente vários <i>terabytes</i> , ou mesmo <i>petabytes</i> .
Variiedade	Representa a heterogeneidade, diversidade e irregularidade dos tipos de dados num conjunto de dados. Como exemplos tem-se dados de sensores, áudio, vídeo, <i>etc.</i>
Velocidade	Representa a taxa a que os dados são gerados.
Variabilidade	Representa a diversidade de fontes cujos dados são provenientes.
Veracidade	Refere-se ao grau de incerteza relacionado com cada um dos dados.
Volatilidade	Refere-se à capacidade de armazenamento e retenção de dados.
Valor	Representa a importância dos dados gerados, este é insignificante em forma bruta em comparação com o volume.

O BDA pode aprimorar as decisões e aumentar a produção através dos dados recolhidos, realizando análises descritivas, inquisitivas, preditivas e/ou prescritivas. Uma análise descritiva, como o próprio nome indica, descreve a perspetiva atual da produção, recorrendo à geração de relatórios, painéis de avaliação e alertas. A análise inquisitiva é realizada após a análise descritiva com o objetivo de identificar as causas principais de um problema. Esta análise procura revelar características e relacionamentos nos dados, como dependências, de modo a identificar a origem dos problemas. Já a análise preditiva tem como objetivo fornecer previsões do futuro, com base no histórico dos dados. Por último, a análise prescritiva procura encontrar possíveis otimizações nos processos de fabrico com base nas informações obtidas a partir dos modelos analíticos preditivos [22].

Deste modo, é possível afirmar que a BDA ajuda as organizações a aproveitar os seus dados, usando-os para identificar novas oportunidades, o que por sua vez leva a negócios mais inteligentes, operações mais eficientes, maiores lucros, resultando assim numa maior satisfação dos clientes (Figura 2.6) [23].



Figura 2.6 - Potencialidades da BDA (Inspirado em [23]).

2.5 Cibersegurança

Os CPS podem ser alvos de ataques cibernéticos, uma vez que se encontram ligados à *internet*, existindo assim uma necessidade crescente de desenvolver sistemas de segurança [24]. As questões de segurança cibernética representam um desafio complexo para todas as empresas ao adotarem os CPS [25]. Assim, torna-se necessário desenvolver um conjunto de políticas que enquadrem a produção, a aquisição, a instalação, e as restantes fases do ciclo de vida dos dispositivos que compõem os CPS, de modo a maximizar a preparação e minimizar o risco de ataques cibernéticos [11].

A cibersegurança é a prática de proteger sistemas, redes e programas contra os ataques digitais. Esses ciberataques geralmente visam aceder, alterar ou destruir informações confidenciais, extorquir dinheiro aos utilizadores ou interromper processos. Uma abordagem de segurança cibernética bem-sucedida possui várias camadas de proteção espalhadas pelas redes, programas ou dados que se pretendem manter em segurança [26].

Uma análise de vulnerabilidades realizada em [25], demonstrou que a segurança não é uma prioridade para muitos fabricantes de equipamentos industriais. Isso é confirmado pelo uso de senhas padrão e falta de mecanismos internos para receber atualizações automáticas de segurança. Em muitos casos a segurança é esquecida após a instalação, não sendo realizadas quaisquer atualizações. Além disso, outro problema está

relacionado com uso de dispositivos industriais que foram projetados numa época em que a segurança cibernética não era uma preocupação. O estudo realizado em [25] permitiu ainda evidenciar que as vulnerabilidades mais comuns são as desconhecidas (conhecidas como vulnerabilidades de dia zero). Estas podem afetar todas as interfaces entre diferentes componentes onde há troca de informações. Com o objetivo de conhecer e gerir melhor as vulnerabilidades dos sistemas, as empresas devem realizar uma avaliação de vulnerabilidades, capaz de determinar a adequação, identificar deficiências, fornecer dados para prever a eficácia e confirmar as medidas de segurança [25].

As ameaças cibernéticas podem atuar potencialmente em três camadas principais nos CPS: a camada de execução consciente que envolve os sensores e atuadores, a camada de transporte de dados que afeta a arquitetura da rede e a camada de controlo de aplicativos e armazenamento de dados. Os ataques cibernéticos trazem diversos riscos, tais como: o acesso não autorizado, a divulgação, a modificação ou destruição de dados críticos e/ou interfaces de dados, bem como a interrupção de serviço de redes e computadores [25].

Os CPS nunca foram projetados com conectividade e segurança de rede em mente. O foco sempre esteve na fiabilidade e não na segurança logo, a rede de comunicações fornece vários pontos de entrada remota que podem ser explorados pelos invasores. Tudo isso estipula a forte necessidade de adoção de sistemas de segurança [25].

As medidas de segurança nos últimos anos tiveram um grande impulso na IT. No entanto, as principais medidas para impedir ataques são corrigir os sistemas vulneráveis, desativar ou substituir serviços vulneráveis, e corrigir as falhas de configuração o mais rápido possível. O CPS recorre à aplicação de sensores e atuadores num ambiente industrial, existindo interação com o mundo físico, onde mudanças descontroladas podem levar a condições perigosas e colocar em risco vidas humanas. Deste modo, não é viável aplicar a mesma metodologia dos sistemas IT, uma vez que, os sistemas CPS necessitam de cumprir rígidas restrições de segurança, sendo necessária uma inspeção a cada reconfiguração. Num ambiente produtivo a disponibilidade dos equipamentos é a maior prioridade, deste modo não é viável suspender os sistemas em execução para instalar atualizações [27].

Assim, é necessário mudar o paradigma de medidas preventivas para medidas detetivas. Deste modo, técnicas rigorosas para monitorizar os sistemas e deteção de

anomalias parecem ser um campo promissor de pesquisa, para fornecer uma solução para as ameaças cibernéticas. No entanto, embora a monitorização rigorosa e a deteção de anomalias tenham o potencial de descobrir ataques, estes exigem recursos humanos significativos para interpretar os resultados, e lidar com altas taxas de falsos positivos [27]. Na literatura recente, o conceito cibersegurança é um tópico emergente, que procura resolver os problemas apresentados [25].

2.6 Comunicação Máquina-máquina e Robôs Autónomos

A comunicação M2M pode ser definida como a interação autónoma de um grande número de dispositivos, para executar atividades de deteção, processamento e atuação sem intervenção humana. O objetivo principal deste paradigma de comunicação é permitir a comunicação entre dispositivos inteligentes, e desencadear ações automaticamente [28].

A capacidade de os dispositivos comunicarem entre si através da IIoT, veio dar uma nova relevância à comunicação M2M. Esta tem tomado importância em aplicações residenciais, de segurança, de transporte, de saúde e industriais. Na indústria a comunicação M2M toma uma importância acrescida, desencadeando ações automaticamente que permitem responder às variações dos sistemas produtivos, assim como aumentar a segurança, a fiabilidade e a eficiência energética das linhas de produção [28].

Uma das aplicações mais comuns nos sistemas M2M é a utilização de robôs. Apesar de não ser um conceito novo, com os sistemas M2M, estes ganharam novas aptidões, conseguindo incorporar novas capacidades colaborativas, sendo capazes de trabalhar para automatizar e coordenar uma série de tarefas logísticas e de produção. Estes operam com base num algoritmo lógico complexo, o que significa que não precisam de nenhum caminho predefinido para desempenhar as suas funções. Os robôs estão cada vez mais autónomos, flexíveis e cooperativos, possibilitando a interação entre si e trabalhar em segurança, lado a lado, com os humanos [6].

2.7 Fábrica Inteligente

A fábrica inteligente designa um sistema totalmente conectado e flexível, que utiliza dados de operações e sistemas de produção para aprender e adaptar-se. Estas podem monitorizar dados de ativos físicos, operacionais e humanos em todo o sistema para impulsionar a produção, manutenção, rastreio do inventário e digitalização das operações. O resultado pode ser um sistema mais eficiente e ágil, menos tempo de inatividade e maior capacidade de prever e se ajustar às mudanças nas instalações, levando a um melhor posicionamento no mercado competitivo [1].

Atualmente as ideias da fábrica inteligente já são aproveitadas em áreas como planeamento e programação da manutenção, recorrendo a dados de produção em tempo real [29]. No entanto, uma fábrica inteligente pressupõe uma visão mais holística, uma vez que não atua apenas no chão de fábrica, mas também em todos os aspetos das organizações [2].

Todas as redes de comunicação numa organização devem ser abrangidas pelo conceito de fábrica inteligente, como é o caso da rede horizontal e da rede vertical, possibilitando a sua integração. A integração horizontal pressupõe a integração de toda a cadeia de valor dos produtos, possibilitando otimizá-la, uma vez que, abrange todos os envolvidos desde os fornecedores, passando pela logística, até aos clientes. A integração vertical procura interligar o chão de fábrica aos diferentes níveis de organização e gestão de uma empresa, abrangendo os diversos sistemas organizacionais [5].

A estratégia de implementação assim como os impactos esperados da adoção do conceito de fábrica inteligente são diferentes para cada organização. A *Deloitte* [29] identificou um conjunto de tecnologias/processos que facilitam os fluxos de informação numa fábrica inteligente, apresentados na Tabela 2.3.

Ao analisar as tecnologias/processos apresentados na Tabela 2.3, é mais uma vez evidente a importância da troca da informação e dos dados recolhidos a partir do chão de fábrica, no conceito de fábrica inteligente. É importante destacar que a fábrica inteligente não deve ser considerada um “estado final”. Em vez disso, deve ser considerada a construção e manutenção de um sistema de aprendizagem flexível. A verdadeira vantagem das fábricas inteligentes reside na capacidade de evoluir junto com as necessidades das organizações [29].

Tabela 2.3 - Processos dentro de uma fábrica inteligente (Inspirado em [29]).

Processos	Influência da Indústria 4.0
Operações de Fabrico	<ul style="list-style-type: none"> Fabrico aditivo para produzir protótipos rápidos ou peças sobressalentes de baixo volume; Planeamento e programação usando dados em tempo real; Robôs autônomos para executar com eficiência processos de rotina com custo mínimo e alta precisão;
Operações de armazém	<ul style="list-style-type: none"> Realidade aumentada para auxiliar nas tarefas de <i>pick-and-place</i>; Robôs autônomos para executar operações de armazenagem.
Rastreio do Stock	<ul style="list-style-type: none"> Sensores para rastrear movimentos e localização em tempo real de matérias-primas, produtos em processo e produtos acabados; Análises para otimizar o Stock disponível e sinalizar automaticamente a reposição.
Qualidade	<ul style="list-style-type: none"> Análises óticas em linha para garantir a qualidade; Monitorização de equipamentos em tempo real para prever possíveis problemas de qualidade.
Manutenção	<ul style="list-style-type: none"> Realidade aumentada para auxiliar a manutenção e reparação de equipamentos; Sensores em equipamentos para conduzir análises de manutenção preditiva e cognitiva.
Segurança e Saúde Ambiental	<ul style="list-style-type: none"> Sensores para equipamentos perigosos; Sensores para monitorar as condições ambientais, falta de movimento ou outras ameaças potenciais.

2.8 Operador na Indústria 4.0

Com os avanços tecnológicos da Indústria 4.0, o ambiente de trabalho encontra-se em mudança, transformando os atuais empregos e as aptidões necessárias dos operadores [3]. Na Figura 2.7 encontram-se esquematizadas, numa representação qualitativa, as funções dos operadores no passado e no contexto da Indústria 4.0 [30].

No passado, o operador desempenhava principalmente um trabalho físico. Ao longo da evolução da indústria essa parcela tem vindo a diminuir. Por outro lado, a participação do operador em coordenar/organizar tem vindo a aumentar significativamente com a evolução da indústria. No contexto da Indústria 4.0, as tarefas mais importantes desempenhadas pelos operadores são a supervisão de todos os equipamentos e processos, assim como a comunicação e a tomada de decisões [30].

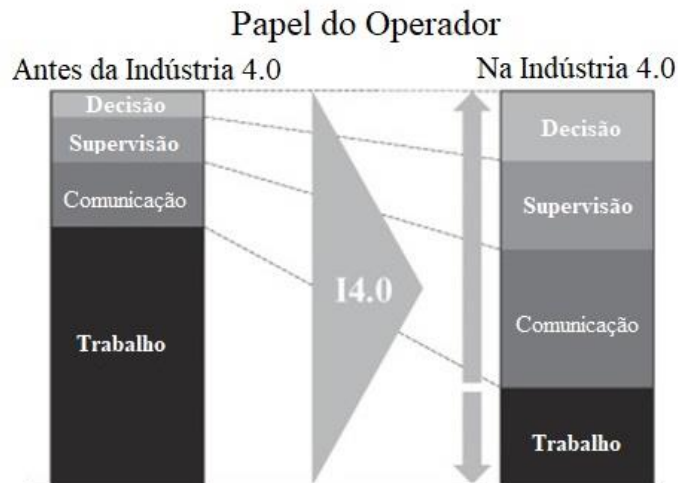


Figura 2.7 - Papel dos operadores (Inspirado em [30]).

Na Indústria 4.0 os sistemas produtivos são baseados em CPS, que se estão a tornar cada vez mais inteligentes ao longo do tempo. No entanto, as aptidões cognitivas do operador permanecem insubstituíveis. Deste modo, os sistemas de produção devem ser projetados para facilitar o trabalho físico de maneira ergonómica e auxiliar o operador em tarefas complexas como coordenação, supervisão e tomada de decisão. O operador não é mais importante por causa da sua força muscular, mas pelas aptidões que possui, experiência e sentidos [30].

Atualmente, estão a ser desenvolvidos novos sistemas de assistência ao operador. Os esforços são investidos no campo de ajuda cognitiva para a execução de sistemas de produção, dos quais são exemplos a realidade virtual e a realidade aumentada. No entanto, as interfaces HMI têm-se demonstrado fundamentais, facilitando a interação entre os trabalhadores e todos os robôs e máquinas inteligentes [3], [30].

2.9 Pirâmide da Automação

A pirâmide da automação pode ser considerada um esquema de integração vertical, uma vez que, esta descreve as tecnologias entre o chão de fábrica e os diferentes níveis de uma organização. Os diferentes patamares de automação numa fábrica podem ser divididos em cinco níveis, representados na Figura 2.8 [31]. Esta representação transmite de uma forma visual como a tecnologia é integrada na indústria.

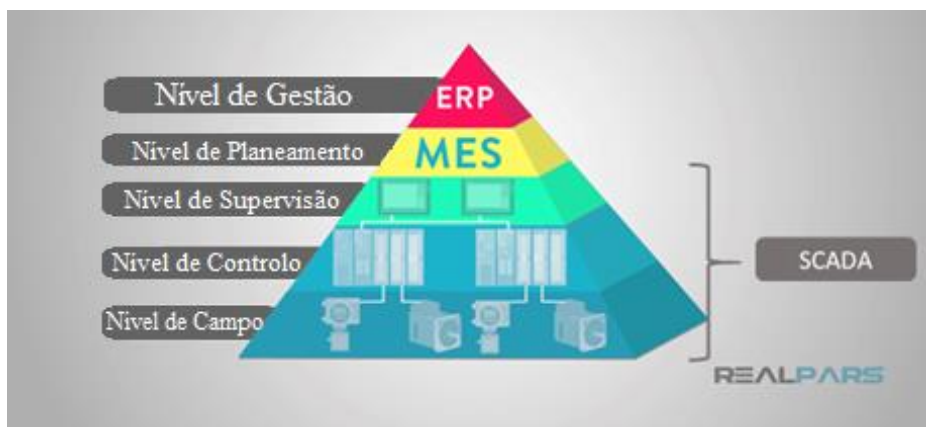


Figura 2.8 - Pirâmide da Automação (Inspirado em [31]).

No nível inferior da pirâmide conhecido como nível de campo estão presentes dispositivos, sensores e atuadores que se encontram no chão de fábrica. Este nível é responsável pela interação com o mundo físico e a sua monitorização. No nível dois designado por nível de controlo, encontram-se os PLCs, responsáveis por controlar os dispositivos no chão de fábrica, recebendo informações de todos os sensores e fornecendo ações para todos os atuadores. O terceiro nível (nível da pirâmide de automação) é conhecido como nível de supervisão. Aqui encontram-se as HMIs utilizadas no controlo e na supervisão dos processos produtivos. O sistema SCADA engloba os três primeiros níveis da pirâmide de automação, desde os sensores no chão de fábrica, até à interação com os humanos através das HMIs. Este sistema é responsável pela interligação dos componentes referidos, o que permite o controlo e a monitorização dos processos de fabrico. O quarto nível (nível da pirâmide de automação) é denominado nível de planeamento. Este utiliza um sistema de gestão computacional conhecido como sistema de execução de manufatura (MES - *Manufacturing Execution System*), que monitoriza todo o processo de produção, desde as matérias-primas até o produto acabado, permitindo uma visão precisa da produção e promovendo a tomada de decisões com base nessas informações. O topo da pirâmide é chamado de nível de gestão. Neste último nível, usa-se o sistema de planeamento de recursos corporativos (ERP - *Enterprise Resource Planning*), que permite à gerência de uma organização, consultar e controlar as operações [31], [32].

A introdução da Indústria 4.0 nos diferentes setores veio, não só promover a utilização dos sistemas apresentados, mas também exigir a comunicação entre todos os

níveis da pirâmide de automação, por forma a existir um fluxo de dados bidirecional entre toda a organização.

2.9.1 Sistema de Supervisão, Controlo e Aquisição de Dados

Os sistemas SCADA possibilitam uma visão geral do estado da produção, supervisionando e controlando os processos, distinguindo os dados e comunicando os eventuais problemas. Estes asseguram a comunicação entre os diversos dispositivos presentes no chão de fábrica (como sensores e atuadores) com os PLCs, e depois com os operadores/supervisores, através de HMIs (Figura 2.9). Assim sendo, estes sistemas permitem garantir o controlo e a segurança das instalações e dos equipamentos [33]–[35].

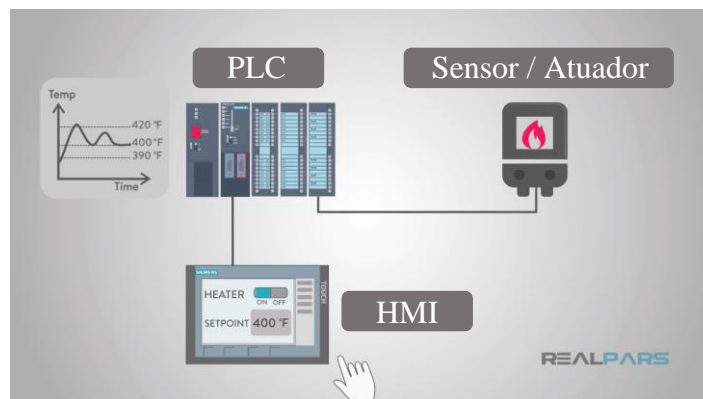


Figura 2.9 - Sistema SCADA (Inspirado em [31]).

Através dos sistemas SCADA é possível reduzir o tempo de inatividade, dando a capacidade de decisão automática sobre falhas aos sistemas/equipamentos e, a capacidade de decisão final aos supervisores para responderem a quaisquer estados anormais graves que impliquem paragens. Estes podem ter configurações simples ou configurações complexas de acordo com as necessidades de cada aplicação [34], [36], [37]. De um modo geral, os sistemas SCADA desempenham as seguintes funções [33]:

- Supervisão dos processos, permitindo a interação com dispositivos de campo e estações de controlo via HMI;
- Recolha e comunicação de dados;
- Armazenamento de informações e relatórios;
- Gestão de Alertas e Notificações.

Todas estas funções são desenvolvidas no *software* SCADA que, representa a base dos sistemas SCADA. Para tal, as informações provenientes dos sensores presentes no chão de fábrica, são transmitidas aos PLCs e, guardadas em endereços, assim como as informações que permitem aos PLCs transmitir informações para os atuadores. A cada endereço dos PLCs é atribuído uma *Tag* (etiqueta/símbolo), dando assim um nome ao endereço. De forma idêntica, a cada variável exibida nas janelas de supervisão, também são atribuídas *Tags*. Para desempenhar as funções referidas, o *software* SCADA, conecta as *Tags* dos PLCs com as *Tags* das janelas de supervisão, de forma a permitir a troca de informação entre os PLCs e as HMIs.

Devido às diversas potencialidades dos sistemas SCADA, estes não só são vantajosos para as indústrias produtivas, como também são os responsáveis pelo controlo de diversas infraestruturas críticas, incluindo o controlo do caudal de gás e petróleo, a gestão de sistemas de tratamento de água, a gestão de centrais elétricas, a rede de sinalização em ferrovias e a outras infraestruturas de transporte [34], [35], [38]. Uma utilização eficaz dos sistemas SCADA pode traduzir-se em economias significativas de tempo e dinheiro, promovendo assim o aumento de competitividade [39]. Sem os sistemas SCADA seria extremamente difícil, se não impossível, reunir dados suficientes para decisões consistentes e bem informadas.

2.9.1.1 *Software* SCADA

Uma parte importante dos sistemas SCADA é o *software* que os constitui. Neste *software* são desenvolvidas as diversas funções proporcionadas pelos sistemas SCADA, incluindo as interfaces a exibir nas HMIs. No passado, este *software* não permitia uma fácil comunicação dos dados, o que não vai ao encontro das exigências da Indústria 4.0. Um moderno *software* SCADA visa solucionar este problema, aproveitando as potencialidades introduzidas pela Indústria 4.0. Com os sucessivos avanços tecnológicos, são exigidas agora novas capacidades ao *software* SCADA, de modo a permitir implementar sistemas SCADA que se interliguem com os conceitos da Indústria 4.0. As novas capacidades exigidas estão representadas na Figura 2.10 e vêm promover a interligação entre todos os setores dentro de uma organização, através de uma fácil troca de dados, potencializada pela ligação do *software* SCADA com a *internet*.

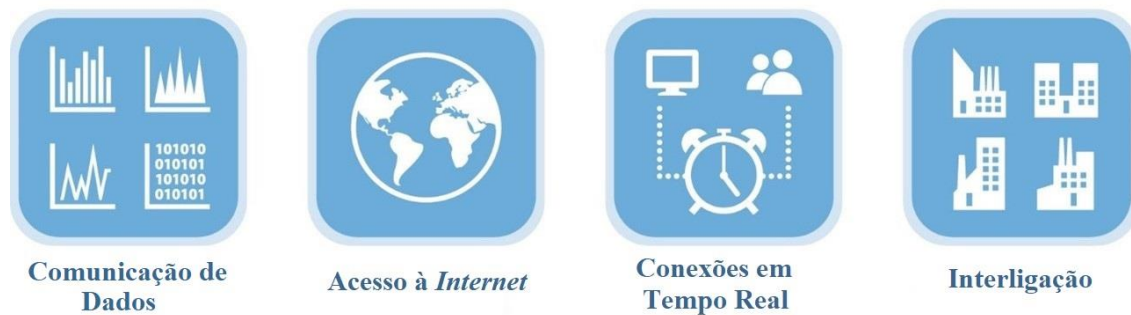


Figura 2.10 – Novas capacidades exigidas ao *software* SCADA (Inspirado em [40]).

As novas capacidades do *software* SCADA vêm permitir a integração dos sistemas SCADA com os restantes sistemas presentes nas organizações, integrando-os nas cadeias de informação horizontais e verticais. A interligação destes sistemas com a *internet* permite que possam integrar um CPS e, por sua vez, incorporar uma fábrica inteligente recorrendo à IIoT, para conectar em tempo real toda a organização desde os processos aos trabalhadores [37], [39], [41]. A ligação com a *internet* permite ainda a fácil comunicação dos dados, proporcionando a adoção de diversos conceitos da Indústria 4.0 tais como BDA, computação em nuvem e comunicação M2M [33]–[35]. No entanto, devido à permanente ligação à *internet*, passou também a existir a possibilidade de ocorrer diversos ataques cibernéticos a *software* SCADA, obrigando à introdução de sistemas de segurança cibernética [34], [35], [42].

Atualmente, várias organizações dedicam-se exclusivamente ao desenvolvimento de plataformas de *software* para projetar *software* SCADA. Estas plataformas de *software* são deveras influenciadas pelo conceito IIoT e pelas evoluções dos CPS introduzidos pela Indústria 4.0. Assim sendo, cada fornecedor apresenta uma abordagem diferente, oferecendo plataformas de *software* com funcionalidades diferentes [43]. A maioria das plataformas de *software*, para projetar sistemas SCADA, possui recursos de rápido desenvolvimento de aplicações, o que permite aos utilizadores projetar aplicativos com relativa facilidade, mesmo que não tenham amplo conhecimento de desenvolvimento na plataforma [39].

A Tabela 2.4 identifica diversas plataformas de *software* comerciais para projetar um *software* SCADA. Estas foram desenvolvidas por diversas organizações, podendo apresentar funcionalidades diferentes. No entanto, através de todas as plataformas de *software* é possível desenhar e implementar um sistema SCADA [33].

Tabela 2.4 - Lista de plataformas de *software* [33].

Plataformas de Software	Fornecedor
<i>MicroSCADA Pro</i>	<i>ABB</i> [®]
<i>AggreGate SCADA / HMI</i>	<i>Tibbo SYSTEMS</i> [®]
<i>DAQFACTORY HMI / SCADA SOFTWARE</i>	<i>Azeotech</i> [®]
<i>CIMPLICITY</i>	<i>GE Digital</i> [®]
<i>iFIX</i>	
<i>CREW</i>	<i>Esa Automation</i> [®]
<i>GENESIS64</i>	<i>ICONICS</i> [®]
<i>zenon</i>	<i>COPADATA</i> [®]
<i>zenon Operator</i>	
<i>Ignition</i>	<i>Inductive Automation</i> [®]
<i>iX HMI Software</i>	<i>Beijer electronics</i> [®]
<i>GT SoftGOT</i>	<i>Mistubishi Electric</i> [®]
<i>FACTORYTALK VIEW MACHINE EDITION</i>	<i>Rockwell Automation</i> [®]
<i>SIMATIC WinCC V7 SCADA</i>	<i>Siemens</i> [®]
<i>vtscada</i>	<i>Trihedral</i> [®]

2.9.1.2 Interfaces Homem-máquina

As HMIs são interfaces de usuário ou painéis que conectam os seres humanos às máquinas, sistemas ou dispositivos. Estas são parte integrante dos sistemas SCADA, com a função de realizar a interação com os utilizadores, possibilitando a troca de informação [44], [45]. Embora o termo possa ser tecnicamente aplicado a qualquer tela que permita ao utilizador interagir com um dispositivo, este é mais utilizado em contexto industrial. Estas podem tomar várias formas, desde telas integradas em máquinas, monitores de computador, *tablets* e *smartphones*, como representado na Figura 2.11. Os dispositivos móveis permitem a monitorização remota, podendo desempenhar uma única função, como a monitorização e o rastreio, ou executar operações mais sofisticadas, como ligar e desligar equipamentos ou alterar as configurações da produção [44], [46].

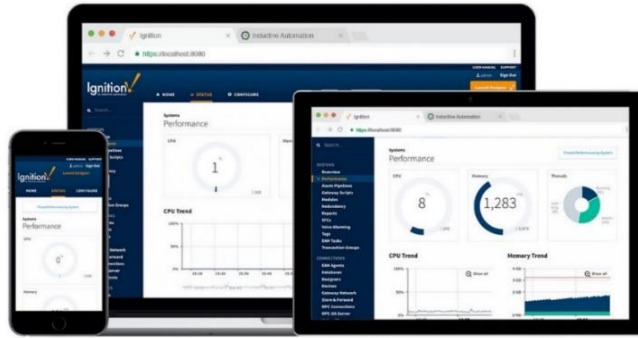


Figura 2.11 - HMIs [44].

As HMIs são utilizadas de forma a otimizar os processos industriais, uma vez que os operadores podem consultar todas as informações exibidas em gráficos, tabelas ou painéis digitais, visualizar e gerir alarmes e, conectar-se aos sistemas SCADA. Em suma, os sistemas SCADA recorrem a HMIs de modo a comunicarem com o utilizador e permitir que este realize a supervisão dos processos [33], [34].

O *design* das interfaces a exibir nas HMIs toma cada vez mais importância na supervisão industrial. Uma interface bem projetada com uma fácil leitura e opções claras, causa menos erros, aumenta a produtividade, reduz o *stress* do operador e evita perdas significativas para as indústrias. Infelizmente, na maioria dos casos as interfaces têm contribuído, devido aos seus fracos desenhos, para aumentar incidentes e acidentes, causando resultados não esperados [47].

Com vista a solucionar os diversos problemas na construção das interfaces exibidas através das HMIs, surgiu o comité HMI ISA101 que foi formado para estabelecer normas, boas práticas e relatórios técnicos relacionados com as HMIs em aplicações de fabrico e processos industriais. Em junho de 2010, o comité HMI ISA 101 publicou o primeiro projeto real, destacando a importância do tema HMI. Por fim, a norma ANSI/ISA-101.01-2015 “*Human Machine Interfaces for Process Automation Systems*”, foi aprovada a 9 de julho de 2015. De acordo com esta norma, as interfaces de supervisão devem ser desenvolvidas e geridas através de um modelo de ciclo de vida, como mostrado na Figura 2.12 [47].

As principais fases do ciclo de vida das HMIs são: *design*, revisão, implementação e operação. Este ciclo inclui dois pontos de entrada: o primeiro para desenvolver uma nova interface, onde é essencial estabelecer a filosofia HMI, o guia de estilo HMI e o *kit*

de ferramentas de desenvolvimento; o segundo para introduzir alterações e implementar melhorias às interfaces existentes. Inclui duas fases de melhoria contínua: a primeira, um ciclo entre o projeto e os padrões do sistema; a segunda entre a operação e o processo, promovendo a constante melhoria das HMIs. Este ciclo promove ainda um processo de trabalho contínuo no desenvolvimento de HMIs, que inclui gestão de alterações (MOC – *Management of Change*), auditoria e validação [48].

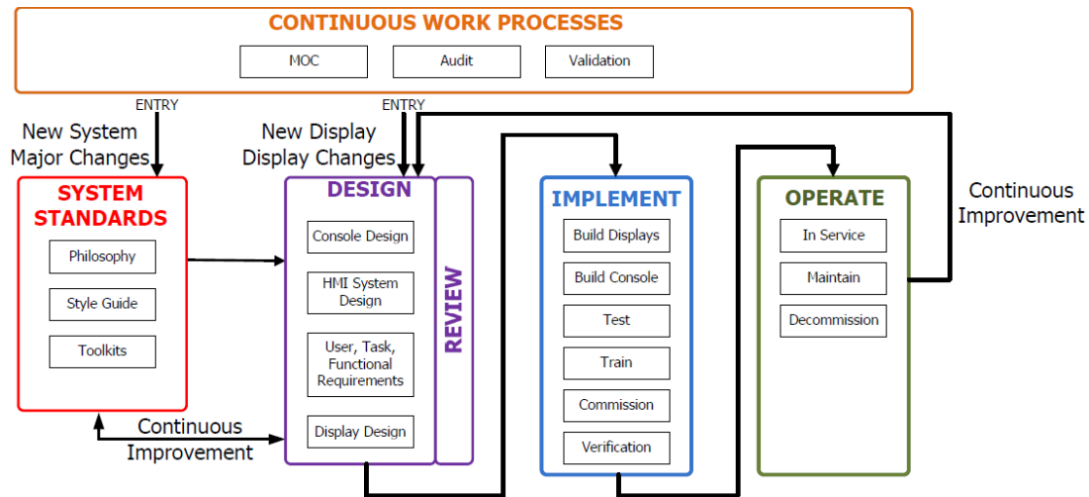


Figura 2.12 - Ciclo de vida HMI [48].

2.9.2 Exemplos de Sistemas SCADA e HMIs

Devido às suas potencialidades, existem inúmeras aplicações para os sistemas SCADA. Subsequentemente serão apresentados alguns exemplos da aplicação destes sistemas em ambientes académicos e industriais, demonstrando aplicações em indústrias distintas.

Monitorização via *internet* de Processos Industriais no LabAPI-ISEL

Rui Matias, em [49], desenvolveu um projeto no Instituto Superior de Engenharia de Lisboa (ISEL), em 2014, onde foi atualizado o laboratório remoto da unidade curricular de Automação de Processos Industriais denominado de “*LabAPI-ISEL*”. A atualização foi realizada no sentido de incorporar mais experiências laboratoriais, assim como, melhorar as experiências já existentes. Estas são controladas por PLCs S7-1200 da *Siemens*[®], que possuem a funcionalidade de servidor, permitindo a monitorização e supervisão remota de cada experiência através de uma simples página *web*. No entanto, neste projeto o acesso foi restrito a um utilizador de cada vez. Este laboratório remoto foi elaborado com o auxílio de vários programas, destacando-se o programa *Totally*

Integrated Automation Portal (TIA Portal) da *Siemens*[®] e, com o recurso a várias linguagens de programação, tais como, *HyperText Markup Language* (HTML), *Java*, etc. Este projeto permitiu apoiar o entendimento dos conceitos da automação, do controlo e da Indústria 4.0. Uma das páginas *web* desenvolvidas que permitem o controlo e a supervisão remota, encontra-se representada na Figura 2.13.

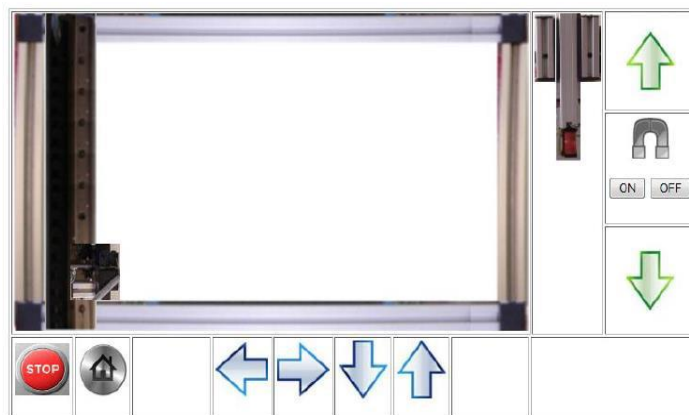


Figura 2.13 - Sistema de supervisão no “*LabAPI-ISEL*” [49].

Diagnóstico de Falhas Via *Internet* de Processos Industriais

Íris Neto, em [50], realizou um projeto de deteção e diagnóstico de falhas via *internet*, assente na deteção através do método de verificação de limites fixos e no diagnóstico a partir de árvores de falha com lógica *booleana* e regras “IF-THEN”. O projeto foi realizado no ISEL, em 2016 e testado no laboratório remoto “*LabAPI – ISEL*”. Neste projeto foi realizada a implementação de um sistema de monitorização e análise de vibrações. O sistema de análise de vibrações inclui um espetro da transformada rápida de *Fourier* e alarmes relativos ao valor eficaz. O desenvolvimento deste projeto foi elaborado com recurso ao programa de linguagem gráfica *LabVIEW*, utilizando o módulo *LabVIEW Datalogging and Supervisory Control* e o *OPC Servers* para comunicação entre os PLCs da *Siemens*[®] S7-1200 e o sistema de deteção e diagnóstico de falhas proposto. A interface gráfica acessível via *internet* que permite o diagnóstico de falhas encontra-se representada na Figura 2.14.

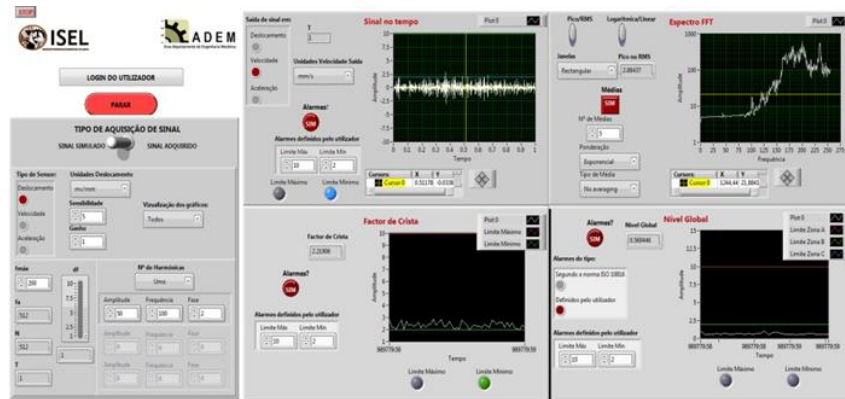


Figura 2.14 - Painel do sistema de análise de vibrações [50].

Projeto de Sistema Eletropneumático para o Ensino de Conceitos da Indústria

4.0

Miguel Francisco, em [51], desenvolveu um sistema laboratorial eletropneumático para o apoio ao ensino dos conceitos da Indústria 4.0, no ISEL em 2018. Neste projeto foram abordados alguns conceitos da quarta revolução industrial e conteúdos associados, nomeadamente, a simulação e automação de processos, a prototipagem rápida, o fabrico por impressão 3D, a IIoT, a comunicação M2M e a supervisão digital dos processos. Para a construção do sistema laboratorial foi idealizado um processo eletropneumático industrial de empacotamento (à escala), para o qual se desenvolveram por modelação 3D, alguns dos constituintes de suporte, sendo estes fabricados através da tecnologia de impressão 3D. Neste projeto foi ainda criada uma página *web* capaz de realizar a supervisão de todo o processo físico desenvolvido, demonstrando assim as potencialidades da IIoT (Figura 2.15).

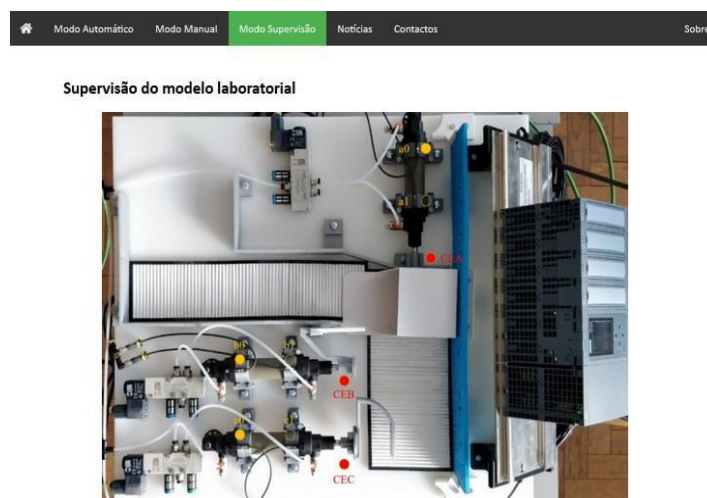


Figura 2.15 - Supervisão do processo de empacotamento [51].

Bancada de trabalho educativa em pequena escala da Indústria 4.0

André Pacheco, em [52], desenvolveu um conjunto experimental que transmite aos seus utilizadores os conceitos mais relevantes da Indústria 4.0, assente numa metodologia de aprender fazendo. Para tal, projetou uma bancada de aprendizagem em escala reduzida que simula os aspetos de operação de uma fábrica inteligente, com ênfase na comunicação em rede, por parte de equipamentos dissimilares e no produto com um papel ativo. O sistema projetado toma como ponto de partida o Laboratório de Automação Industrial do Instituto Superior Técnico e, permite que os seus usuários introduzam novos elementos interativos, como código *MATLAB*[®] e ligações *Wi-Fi* em dispositivos habilitados. Uma série de páginas da *web*, que permitem o acesso direto a informações sobre seus equipamentos, foram também desenvolvidas, incluindo uma versão virtual completa da bancada de trabalho representada na Figura 2.16. Embora um único ambiente de trabalho seja limitado ao número de módulos e funcionalidades, um sistema mais complexo, composto por várias estações de trabalho, pode expandir os seus recursos, ou seja, a operação conjunta entre os módulos.

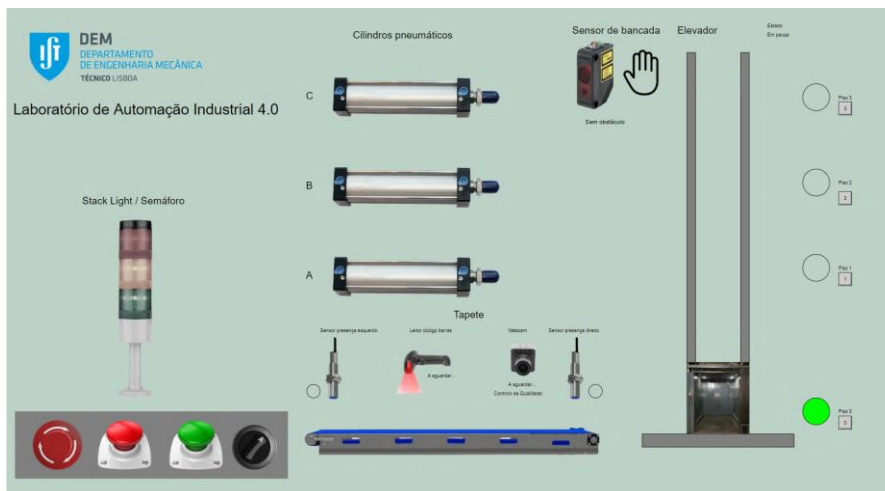


Figura 2.16 - Versão virtual completa da bancada de trabalho [52].

Sistema SCADA para o controlo de refinaria de petróleo

Um sistema SCADA para o controlo dos processos, em refinarias de petróleo, foi desenvolvido por Iman Morsi, *et al.* em [53]. Neste desenvolvimento os autores recorreram ao *SIMATIC WinCC Flexible 2008* para criar seis interfaces gráficas do utilizador, que são utilizadas como uma interface entre o operador e a refinaria de petróleo. Duas delas encontram-se apresentadas na Figura 2.17. A comunicação entre a

interface *WinCC flexível* e os PLCs que controlam a refinaria é realizada através do protocolo de comunicação MPI/DP, possibilitando assim a comunicação entre os instrumentos de entrada e saída. Os autores destacam como principais benefícios o controlo da refinaria em tempo real e a monitorização do processo em qualquer lugar do mundo, minimizando os erros humanos e aumentando a segurança de todos os trabalhadores. Com a utilização deste sistema é ainda possível armazenar os dados ao longo do tempo [53].

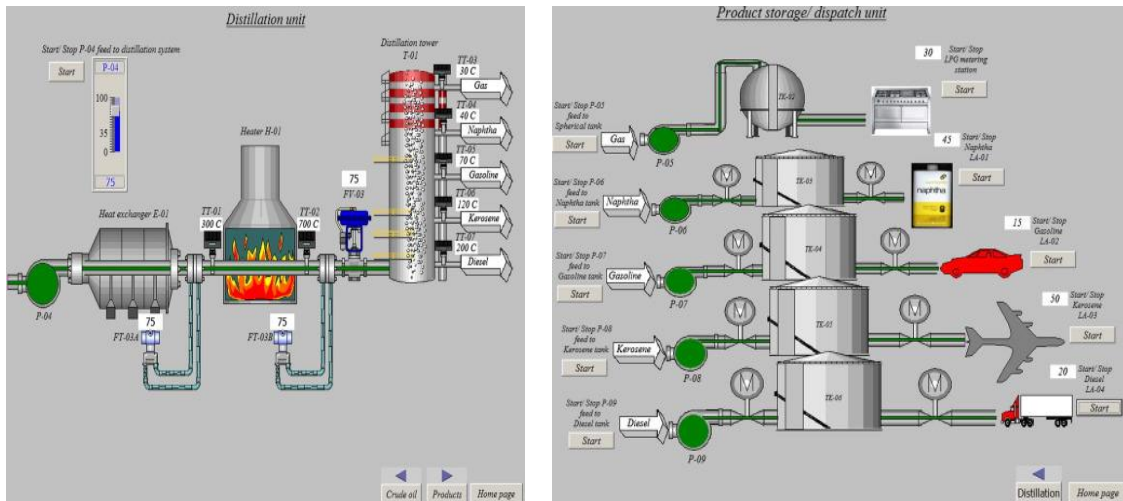


Figura 2.17 - Interfaces gráficas do utilizador da unidade de destilação [53].

Sistema SCADA para o controlo de um destilador solar

I. Atmane, *et al.* em [54], desenvolveram um sistema SCADA para a aquisição de dados e supervisão remota de um destilador solar. Este tem como principal objetivo o fornecimento de água potável em Douar Al Hamri (Boughirba, Marrocos). O sistema projetado permite a monitorização instantânea da operação da estação em tempo real, de modo a garantir a quantidade e a qualidade da água doce produzida, assim como a intervenção remota em caso de falha ou mau funcionamento dos sistemas. Através deste sistema é ainda possível o armazenamento e a consulta do histórico dos dados de medição da estação. No desenvolvimento deste sistema SCADA os autores recorreram a diverso *software* de programação e a um banco de dados (*MySQL*). O destilador pode assim ser controlado a partir da *internet*, encontrando-se a interface gráfica criada pelos autores representada na Figura 2.18.

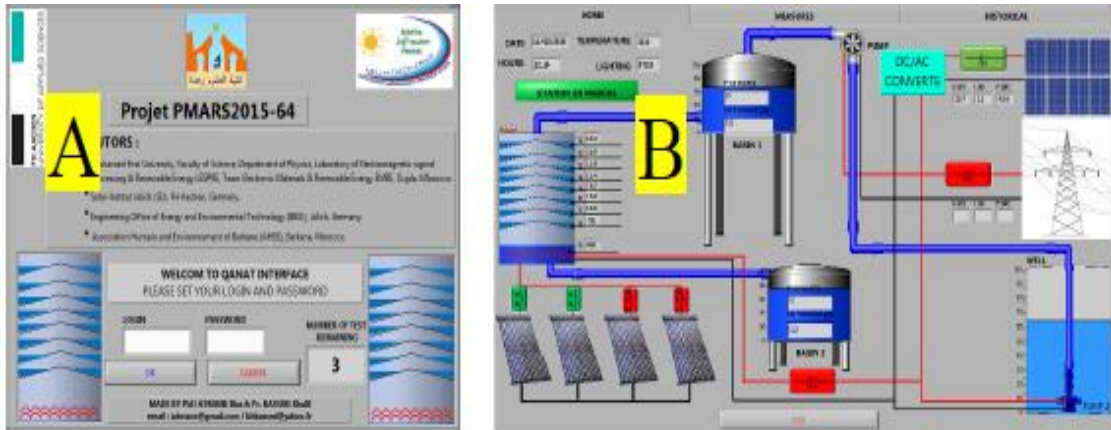


Figura 2.18 - Interface gráfica para a supervisão remota do destilador solar [54].

Sistema de monitorização de máquinas-ferramenta

Wei Liu, *et al.* em [46], desenvolveram um sistema de monitorização para máquinas-ferramenta, pertencendo a maioria à série *Siemens*[®]. Com este sistema os autores pretendem obter uma viabilidade considerável no contexto das fábricas inteligentes. O sistema apresentado é baseado numa estrutura composta por três camadas principais, conforme representado na Figura 2.19.

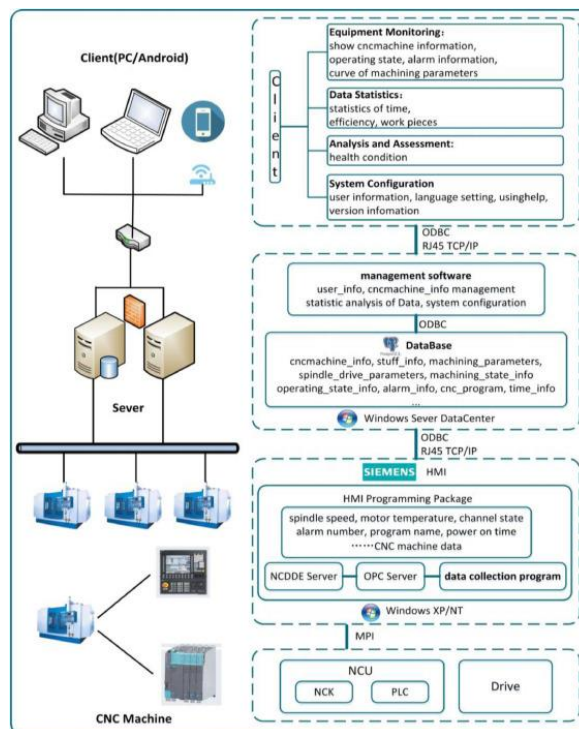


Figura 2.19 - Estrutura do sistema para monitorizar máquinas-ferramenta [46].

A camada inferior efetua a aquisição de dados para o sistema de controlo numérico, a camada intermédia possibilita o armazenamento de dados, gestão e análise das

máquinas-ferramenta no banco de dados do servidor e, a camada superior permite a visualização de dados e o controlo dos equipamentos, através dos módulos dos clientes. As três camadas são conectadas por *Ethernet* (interface RJ45). O sistema do cliente possibilita a gestão de todas as máquinas-ferramenta da fábrica, dividindo-se em três níveis: fábrica, oficina e máquinas-ferramenta. O nível da fábrica e da oficina mostra o *status* de execução em tempo real e os relatórios estatísticos de todas as máquinas-ferramentas na fábrica/oficina. O nível da máquina-ferramenta mostra a lista de dados, a curva de trabalho, as informações do programa, as informações de alarme e os dados estatísticos das máquinas-ferramenta, conforme mostrado na Figura 2.20 [46].



Figura 2.20 - Interfaces para a visualização e a gestão dos dados [46].

Para completar o sistema, os autores também desenvolveram um aplicativo baseado em *Android*, recorrendo ao *Eclipse*[®], que permite a visualização remota e o controlo das máquinas-ferramenta, como apresentado na Figura 2.21.



Figura 2.21 - Aplicação do sistema [46].

Os conceitos introduzidos pela Indústria 4.0 vieram afetar todos os sistemas que compõem as organizações, incluindo os sistemas SCADA. É assim exigido, que todos os sistemas incluam os conceitos da Indústria 4.0, facilitando a sua implementação. Os diversos sistemas SCADA apresentados, apesar de permitirem a supervisão através da *internet*, não permitem integrar todos os conceitos introduzidos pela Indústria 4.0. Estes foram desenvolvidos recorrendo à interligação de diversos programas, dificultando o processo de desenvolvimento. Assim é necessário criar sistemas SCADA interligados com os conceitos da Indústria 4.0, através de plataformas de *software* que permitam o seu fácil desenvolvimento.

(Página intencionalmente em branco)

3 Sistema a Estudar

Após a revisão da literatura descrita no Capítulo 2, neste capítulo é apresentado o processo a supervisionar pelo *software* SCADA. Com base nas exigências de supervisão requeridas para o sistema, é ainda analisada e selecionada a plataforma de *software* para o desenvolvimento do projeto.

3.1 Caso de Estudo

Para o desenvolvimento do projeto tomou-se como caso de estudo a necessidade de supervisão e comunicação dentro de um parque de combustíveis. Com o intuito de desenvolver um projeto com aplicação prática no mercado atual, o caso de estudo, embora simulado, é baseado num processo real. Deste modo, pretende desenvolver-se um *software* SCADA para a supervisão de um parque de combustíveis que cumpra os atuais requisitos da Indústria 4.0. Um exemplo da sua vista aérea está representado na Figura 3.1. (Por motivos de confidencialidade não é possível identificar o parque de combustível em questão). Este é composto pela receção de combustível via navio, pelo armazenamento do combustível em reservatórios e pela expedição do combustível através de camião-cisterna.

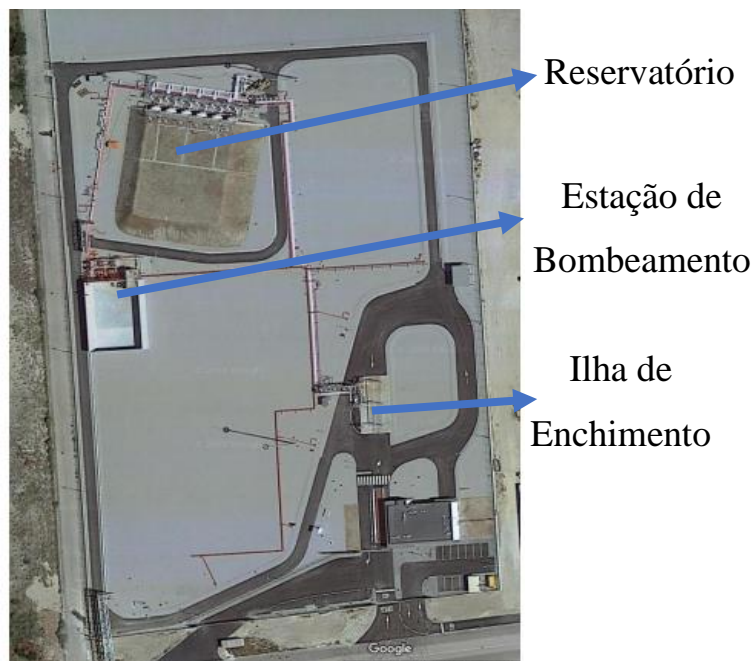


Figura 3.1 - Exemplo da vista aérea do Parque de Combustíveis.

O percurso do combustível desde a receção por navio até à expedição por camiões-cisterna passa por:

- Uma estação de abastecimento, composta por um cais marítimo, a partir do qual os navios abastecem o parque, designando-se por cais de descarga;
- Reservatórios que permitem armazenar os combustíveis rececionados, representados na Figura 3.2. Todos os reservatórios estão conectados entre si ao cais de descarga e à estação das bombas e do compressor de gás de petróleo liquefeito (GPL);
- Uma estação de bombeamento e compressão. Esta secção é responsável pelo transporte dos fluidos ao longo do parque de combustíveis, sendo composta por um compressor de GPL e por duas bombas (uma para Propano e outra para Butano);
- Uma ilha de enchimento, responsável pelo abastecimento dos camiões-cisterna, através de três braços de carga. Nesta secção também é realizada a odorização dos combustíveis.



Figura 3.2 - Exemplo dos Reservatórios do Parque de Combustíveis.

Todas as operações no terminal de combustíveis são controladas de forma automática com recurso a PLCs. Os PLCs controlam todo o parque de combustíveis, através de válvulas de operação equipadas com sistemas automáticos de controlo de abertura e fecho.

O parque de combustíveis é uma instalação crítica em segurança logo, tem de estar protegido com um sistema de combate a incêndio. É necessário que este circuito esteja sempre operacional de modo a garantir a segurança da instalação. Deste modo, existe também a necessidade de supervisionar este sistema, garantindo assim a sua segurança. O sistema de combate a incêndios é composto por uma bomba *Jokel* (bomba de

manutenção de pressão) e duas bombas a *Diesel*, de modo a garantir a operacionalidade deste.

Todas as válvulas de operação, presentes no terminal de combustíveis são atuadas através de energia pneumática. A utilização de energia pneumática para o controlo das válvulas deve-se a estas lidarem com fluidos explosivos e inflamáveis. Deste modo, só é possível controlar o parque de combustíveis quando a rede de ar comprimido estiver operacional. Posto isto, é necessário garantir o funcionamento da rede de ar comprimido monitorizando o seu estado.

Atualmente, o sistema descrito já é supervisionado através de um *sistema* SCADA, no entanto, este não cumpre os requisitos da Indústria 4.0, como permitir a interação com a IIoT, a comunicação M2M e a interligação com *software* BDA. Assim, o pretendido é projetar um *software* SCADA que possibilite implementar um novo sistema SCADA, que cumpra os requisitos enumerados. O *software* SCADA a projetar deve ainda permitir adicionar funcionalidades à medida que os operadores reconhecem as possibilidades deste sistema, inserido no conceito da Indústria 4.0.

3.2 Plataforma de *Software* SCADA

Os sistemas SCADA desempenham um papel crítico numa ampla variedade de setores que afetam a nossa vida quotidiana, como no fabrico, nos serviços públicos, nas redes de água, petróleo e gás, na saúde, nos transportes e muito mais [55]. No entanto, tal como no caso de estudo, a maioria dos sistemas SCADA existentes encontram-se 10 anos atrasados na curva tecnológica, já que estes não trabalham com as modernas tecnologias. As dificuldades de conexão entre os diversos sistemas dentro de uma organização, limitam a troca de informação, tornando este ponto uma das principais dificuldades na adoção da Indústria 4.0. Deste modo, é essencial que os modernos sistemas SCADA permitam a integração com os vários conceitos introduzidos pela quarta revolução industrial [55].

Considerando o acima referido, a plataforma de *software* SCADA na qual o *software* SCADA vai ser desenvolvido, tem de possibilitar a fácil integração com a Indústria 4.0, de modo a projetar um *software* que consiga integrar um CPS e, por sua vez uma fábrica inteligente. Deste modo, para a seleção da plataforma de *software* SCADA é essencial que esta cumpra as seguintes premissas:

- Que seja baseada na IIoT e em protocolos abertos;
- Que seja independente dos sistemas operativos e das marcas dos PLCs;
- Que permita comissionamento via *web* e na *cloud*;
- Que garanta mobilidade total: funcionamento em *desktop* e em *smartphones*;
- Que permita a monitorização, controlo remoto e tolerância a falhas;
- Que seja escalável e tenha licenciamento ilimitado de variáveis;
- Que utilize técnicas de cibersegurança modernas.

Além claro do suporte técnico fornecido, da capacidade de armazenamento dos dados e ligação a sistemas ERP.

Entre as várias plataformas de *software* dedicadas ao projeto de *software* SCADA, enumeradas na Tabela 2.4, tendo em consideração as premissas referidas para desenvolver o presente projeto, foi selecionado o *Ignition* 8 (Figura 3.3), fornecido pela *Inductive Automation*[®], com vista a resolver os problemas do *software* SCADA tradicionais.



Figura 3.3 - Logótipo do *Ignition* [56].

Esta plataforma de *software* combina um conjunto de ferramentas de controlo, supervisão e aquisição de dados, com os conceitos da Indústria 4.0, numa plataforma universal aberta e modular que permite interligar tudo e todos, correspondendo com os requisitos enumerados. Adicionalmente, o *Ignition* permite ser utilizado nas mais diversas indústrias devido à sua flexibilidade, como é o caso dos transportes, agricultura, produção, *etc.* (Figura 3.4).



Figura 3.4 - Interligação do *Ignition* nas diversas indústrias [57].

Esta plataforma de *software* é caracterizada por uma plataforma que fornece simultaneamente soluções HMI, SCADA e MES interligando-as numa abordagem 4.0 [58]. O fundador da *Inductive Automation*[®], Steve Hechtman, caracteriza o *Ignition* como “O novo SCADA”, uma vez que esta plataforma está a revolucionar o universo dos sistemas SCADA, apresentando uma nova experiência para o utilizador [59]. Devido a esse facto, o *Ignition* estabeleceu-se como uma das plataformas de *software* SCADA que mais cresceu no mundo ao longo da última década. Uma das chaves para esse sucesso, é o facto de os recursos do *Ignition* superarem a definição restrita de uma plataforma de *software* SCADA padrão [55]. O *Ignition* é uma ótima solução para desenvolver *software* SCADA, mas pode fazer muito mais, sendo considerado uma plataforma de integração [57]. Este foi planeado tendo em conta as principais dificuldades dos programadores de sistemas SCADA, de modo a facilitar o acesso e o desenvolvimento destes sistemas, integrando-os nas organizações, com o objetivo de aproveitar todas as vantagens da Indústria 4.0 [56].

As principais características que tornam o *Ignition* uma plataforma de *software* completa para o desenvolvimento de *software* SCADA, e que levaram à sua seleção são:

Multiplataforma

O *Ignition* é desenvolvido em *Java*, logo pode ser instalado e executado em qualquer sistema operativo moderno. Este pode ser executado no *Windows*, *Mac OS X* e *Linux* (Figura 3.5). Para além dos sistemas operativos referidos, o *Ignition* também pode ser executado em *iOS* e *Android*. Os *backups* dos projetos também são multiplataforma, sendo possível carregar um *backup* de qualquer sistema [58], [60].

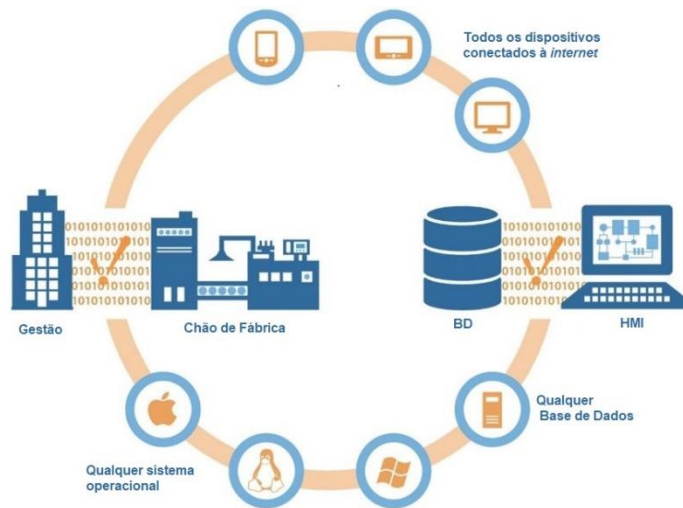


Figura 3.5 - Multiplataforma do *Ignition* (Inspirado em [40]).

Facilidade de Conexões

O *Ignition* pode ser caracterizado como um centro de comunicações. Este permite conectar-se a qualquer HMI, a todas as bases de dados, a todos os PLCs existentes no mercado e a dispositivos como *scanners* de código de barras, balanças, sensores e equipamentos especiais de laboratório usados pelas empresas, tal como representado na Figura 3.6. Para além de se conectar a diversos dispositivos, este possibilita ainda a conexão aos diversos sistemas organizacionais e serviços *de internet* [58].

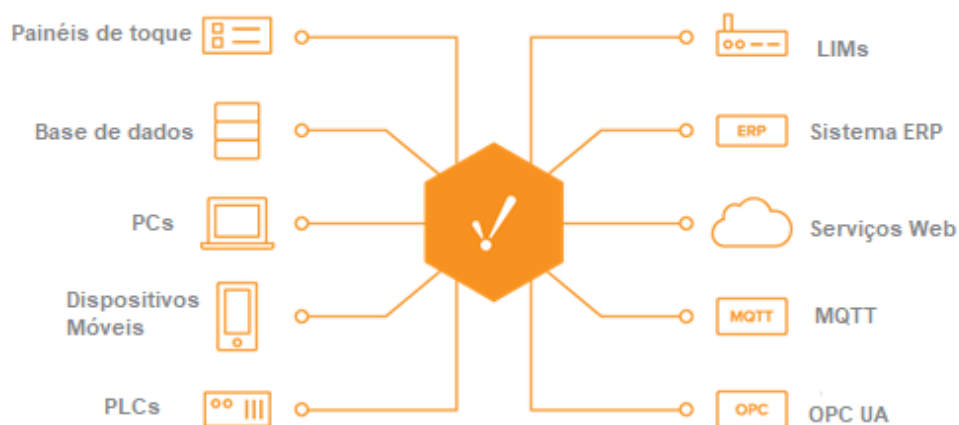


Figura 3.6 - Conexões possíveis com a plataforma de *software Ignition* (Inspirado em [56]).

Devido à sua flexibilidade, o *Ignition* pode ser utilizado desde o chão de fábrica até ao departamento de vendas e *marketing*, quebrando as barreiras entre o sistema SCADA e outros sistemas, resultando em eficiências que não seriam possíveis de outra maneira [55].

Baseado na *internet*

Esta plataforma de *software* é baseada na *internet*, uma vez que é implementada e gerida usando a rede de *internet*. Qualquer alteração no projeto, realizada num computador na rede de *internet*, é atualizada automaticamente em todo o projeto [60]. Tanto o *design* como a configuração dos utilizadores é realizada através da *internet*, permitindo que a informação esteja sempre disponível para todos. Como o *Ignition* é baseado na rede de *internet*, é possível abrir os projetos em qualquer lugar, usando um navegador, como *Firefox*, *Chrome*, *IE*, *Safari* entre outros [58]. Todos os clientes estão ligados ao servidor para obter novas informações dinamicamente, como representado na Figura 3.7. Portanto, não existem problemas de sincronização nem é necessário carregar alterações individualmente a cada um dos clientes [56].

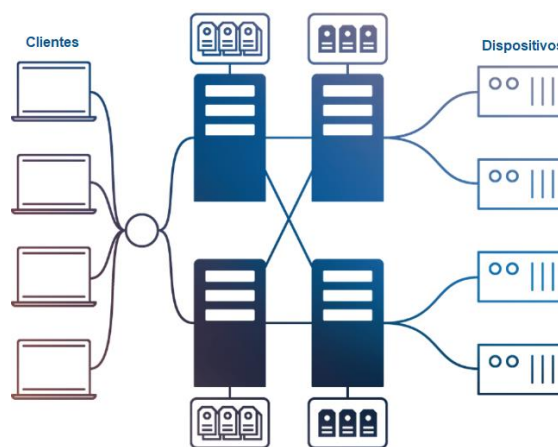


Figura 3.7 - Rede de comunicação no *Ignition* [57].

Baseado em servidor

Com apenas um computador é possível controlar tudo no *Ignition*. É apenas necessário instalar o *Ignition Gateway* num computador designado por servidor e em seguida conectar todos os restantes dispositivos a esse servidor, eliminando assim a necessidade de existir uma instalação adicional para desenvolver o projeto [58].

Arquitetura modular

O *Ignition* é uma plataforma construída com base em módulos. Os módulos são aplicativos que podem ser adicionados à plataforma de *software*, permitindo estender as suas funcionalidades. Estes são idênticos às aplicações para um *smartphone*. Com o *Ignition*, é possível selecionar quais os módulos necessários de adicionar à plataforma, dependendo das funcionalidades desejadas. Inicialmente, é possível projetar um *software* SCADA simples e adicionar módulos a este de acordo com a necessidade e o crescimento de cada organização. Os módulos integram-se perfeitamente uns com os outros e com a própria plataforma de *software*, eliminando os problemas de conexão característicos do *software* SCADA tradicional [61].

A arquitetura modular do *Ignition* permite instalar, remover e atualizar um módulo sem afetar o funcionamento do sistema. Este facto tem especial importância para projetos de grandes dimensões onde a disponibilidade é uma prioridade. Com o *software* dividido em módulos numa plataforma comum, existe menor probabilidade de ocorrerem erros, uma vez que existe um melhor isolamento das funcionalidades do *software*, proporcionando assim melhor estabilidade [61].

Armazenamento e Tratamento dos Dados

Para o armazenamento dos dados o *Ignition* conecta-se a qualquer banco de dados. Ao realizar este processo, os dados armazenados estão disponíveis em tempo real [58], [60]. Devido a esta característica é possível projetar um *software* SCADA com a capacidade de visualizar tendências, identificar dependências em qualquer conjunto de dados e, obter respostas sobre o estado atual da produção em alguns milissegundos. A plataforma de *software* *Ignition* promove o tratamento dos dados, através da sua capacidade de conexão com qualquer sistema organizacional e com sistemas de BDA, o que possibilita que os dados fluam sem problemas por toda a organização.

Construído a pensar na segurança

Todos os aspetos no *Ignition* foram planeados tendo em vista a segurança dos sistemas SCADA. Com esta plataforma de *software* é possível gerir utilizadores, editar permissões até ao nível individual de *Tags*, evitando a ocorrência de erros devido a acessos não autorizados [58]. O facto de o *Ignition* ser construído em *Java* permite que

este possua diversos protocolos de comunicação, garantindo a segurança na troca de dados, evitando a ocorrência de ciberataques.

Simplicidade

Apesar de o *Ignition* ser um sistema modelar, com capacidade de aumentar as suas funcionalidades à medida do crescimento de cada organização, este caracteriza-se pela sua simplicidade, devido ao facto de permitir o fácil e rápido desenvolvimento de projetos [60], [62]. No desenvolvimento de um projeto o *Ignition* possui funcionalidades integradas de arrastar e soltar para a maioria das tarefas. Possui ainda, um sistema de edição simultâneo aprimorado, que permite que várias pessoas trabalhem no mesmo projeto ao mesmo tempo, sem bloquear os recursos [56]. De modo a tornar o desenvolvimento de projetos ainda mais simples, a *Inductive Automation*[®] oferece diversos recursos para ajudar no projeto de *software* SCADA. Um exemplo desses recursos é o *Ignition Exchange*, que permite que os programadores partilhem recursos e modelos [58], [62].

Licenciamento Simples

Através de uma licença do servidor, o *Ignition* oferece clientes, conexões, *Tags* e projetos ilimitados, entre outras funcionalidades. Sem qualquer custo adicional é possível transmitir os dados e análises importantes para toda a equipa, em toda a empresa e realizar alterações ao projeto em qualquer momento, sem qualquer dificuldade, permitindo que as organizações expandam o sistema SCADA à medida do seu crescimento [60]. Com esta plataforma de *software* é possível desenvolver na totalidade um *software* SCADA e, só após reconhecidas as suas potencialidades, licenciá-lo, evitando a compra de plataformas de *software* SCADA que não satisfaçam as exigências pretendidas [58].

A seleção do *Ignition* para o desenvolvimento do projeto de supervisão do parque de combustíveis, teve por base a capacidade desta plataforma de *software* de satisfazer as necessidades atuais introduzidas pela Indústria 4.0. As diversas características expostas, permitem responder aos requisitos inicialmente apresentados. As características de multiplataforma e conectividade permitem o projeto de *software* SCADA independente dos sistemas operativos, permitindo a sua conexão com todos os PLCs e banco de dados existentes no mercado. Uma vez que o *Ignition* é baseado na *internet* permite construir arquiteturas baseadas na IIoT, transmitindo dados para toda a organização, em tempo real, em qualquer lugar do mundo. A sua arquitetura modular permite que, ao longo do tempo,

mais módulos possam ser introduzidos, adicionando novas funcionalidades à plataforma de *software*. Este facto garante a capacidade dos *softwares* SCADA desenvolvidos com esta plataforma, se adaptarem às futuras necessidades dos sistemas SCADA. Devido ao facto do *Ignition* ser baseado em *Java* e construído a pensar na segurança, proporciona protocolos e estratégias de segurança de modo a evitar os ciberataques. As características apresentadas que definem o *Ignition*, permitem interligar o *software* SCADA desenvolvido nesta plataforma de *software*, com os conceitos e a tecnologia introduzida pela Indústria 4.0.

4 Projeto do *Software* SCADA

O projeto de um *software* SCADA, para supervisionar um processo industrial, divide-se em três fases. A primeira fase corresponde ao planeamento. Esta consiste em definir o projeto, nomeadamente, especificar os problemas que este deve resolver. Para tal, planeou-se a arquitetura do projeto, enumerando as conexões necessárias para que este alcance os objetivos pretendidos [63]. A segunda fase corresponde ao *design* e à elaboração do projeto do *software* SCADA propriamente dito. Esta fase é dividida em quatro etapas. Na primeira etapa especificam-se as comunicações essenciais para o *software* SCADA. Na segunda etapa desenvolve-se a estratégia de navegação das HMIs, especificando o *layout* das janelas que irão possibilitar a comunicação com os operadores. Na terceira etapa são exploradas as ferramentas de *design* e desenhados os componentes, os elementos e os modelos necessários para constituir as janelas referidas. Na quarta e última etapa elaboram-se as janelas que vão constituir as HMIs e, desenvolvem-se todas as funções pretendidas no *software* SCADA, como a geração de alarmes, notificações, relatórios, *etc.* [64]. O desenvolvimento das diversas janelas a exibir nas HMIs, que vão compor o *software* SCADA, será baseado no ciclo de vida HMI fornecido pela norma ANSI/ISA-101.01-2015, representado na Figura 2.12. A terceira e última fase corresponde à finalização do *software* SCADA desenvolvido. Nesta fase são efetuados todos os testes de modo a garantir o correto funcionamento das funções do *software* SCADA e a sua segurança. Para garantir a segurança do *software* SCADA é ainda definida a estratégia de autenticação para aceder às interfaces desenvolvidas [65].

4.1 Fase 1 - Planeamento

Por forma a manter o foco nos principais problemas que o *software* SCADA tem de resolver, durante todo o processo de execução, é essencial existir um planeamento que liste todos os requisitos do projeto.

4.1.1 Definição do Projeto

Para se obter um *software* SCADA bem-sucedido, é necessário descobrir quais os requisitos que este deve satisfazer para atingir os objetivos propostos. Caso não se saiba exatamente as metas que o *software* SCADA tem de atingir, não existe forma de saber se

este as alcançará. Com a introdução dos novos conceitos da Indústria 4.0, geralmente os utilizadores não sabem exatamente o que esperar do *software* SCADA. Assim cabe ao programador determinar essa informação para permitir que os utilizadores tirem vantagens de todas as suas possibilidades [63].

O *software* SCADA a desenvolver tem como principal função a supervisão do parque de combustíveis descrito no Capítulo 3, adotando os conceitos da Indústria 4.0. Este vai ser desenvolvido recorrendo à plataforma de *software* Ignition, devido às suas características descritas na secção “3.2 Plataforma de *Software* SCADA”.

Funções do *software* SCADA

O *software* SCADA do parque de combustíveis para corresponder às necessidades da Indústria 4.0 deve permitir implementar um sistema SCADA com uma arquitetura baseada na IIoT, com interligação direta com a *internet*, que possibilite a computação em nuvem. A interligação com a *internet* deve também permitir que os equipamentos fisicamente afastados comuniquem entre si, proporcionando a comunicação M2M. O *software* a desenvolver deve possuir a capacidade para trabalhar com grandes quantidades de dados (BD), possibilitando a análise destes por um *software* especializado em BDA. Para além disso, deve conter uma política de segurança adequada, de modo a evitar os ciberataques, garantindo a segurança de todo o parque de combustíveis.

Em termos de supervisão, como o parque de combustíveis é uma instalação de risco, devido ao facto de serem armazenados fluidos inflamáveis torna-se evidente a necessidade de conhecer o estado do parque de combustíveis, não só no chão de fábrica, mas em qualquer lugar do mundo. Para dar resposta a este problema, pretende desenvolver-se interfaces focadas no acesso a partir do chão de fábrica e no acesso pela *internet* a partir de qualquer dispositivo. De igual modo também é essencial que o *software* SCADA tenha a capacidade de gerar alertas e alarmes, notificando os responsáveis sempre que algum alarme for ativado, de modo a garantir a segurança de toda a instalação. Tendo em conta a necessidade do armazenamento e da troca de informação, o *software* SCADA deve interligar-se com bases de dados e permitir a comunicação com os diversos sistemas organizacionais. Para melhorar a experiência dos utilizadores, este *software* deve ainda ter a capacidade de gerar relatórios de alarmes automaticamente, facilitando a consulta dos alarmes ativos, para determinar as suas causas e evitar que possam voltar a acontecer.

Filosofia das HMI

Por forma a permitir a supervisão de todo o parque de combustíveis, o *software* SCADA irá recorrer a HMIs. As janelas a exibir nas HMIs serão desenvolvidas de forma a satisfazer as necessidades de todos os seus utilizadores, de uma forma clara e interativa. No chão de fábrica, a interação entre os utilizadores deve ser realizada através de HMIs dedicadas ao sistema SCADA. Quando os utilizadores não se encontrarem no chão de fábrica, devem ter a capacidade de controlar e supervisionar o parque de combustíveis através de computadores, *tablets* e *smartphones* com acesso à *internet*.

As HMIs serão utilizadas pelos operadores, pelos supervisores e pelos administradores. Os operadores são responsáveis pelo chão de fábrica, logo necessitam de ter acesso ao estado das diversas válvulas e equipamentos, assim como as condições dos fluidos armazenados em qualquer instante. Os supervisores são responsáveis por todas as operações dentro do parque de combustíveis. Por fim, os administradores são os responsáveis pelas ordens de trabalho. Deste modo é essencial focar as HMIs em todos os seus utilizadores, permitindo um fácil desempenho das suas tarefas.

Através das diversas HMIs, pretende fornecer-se consciência situacional de todo o parque de combustíveis de uma forma clara e objetiva, para que os utilizadores possam perceber facilmente os processos em operação e os alarmes ativos. Além disso, pretende transmitir-se aos utilizadores de uma forma visual e qualitativa, os valores padrão para as diversas variáveis, assim como o desvio para os valores normais em caso de alarme.

Conexões

Um sistema SCADA é composto por diversos periféricos. No caso de estudo, o *software* SCADA necessita de abranger: os PLCs que controlam o parque de combustíveis, por forma a supervisionar e controlar as diversas operações; um banco de dados, para permitir o armazenamento dos dados; e HMIs como computadores, *tablets* e *smartphones*, para possibilitar o acesso dos utilizadores.

Apesar do parque de combustíveis não possuir equipamentos que possibilitem comunicar dados autonomamente com o *software* SCADA, para além dos PLCs, é essencial que o *software* a desenvolver contenha essa capacidade. Visto que só assim é garantida a funcionalidade do sistema SCADA caso estes equipamentos venham a ser

adicionados. Desta forma o *software* SCADA a desenvolver, tem de possuir a capacidade de se conectar com todos os elementos presentes nas organizações.

Uma vez que o *software* SCADA vai ser desenvolvido através do *Ignition*, que permite a conexão com os diversos dispositivos e sistemas operacionais, são eliminados os problemas de compatibilidade. Assim sendo, o projeto pode ser desenvolvido sem ter em linha de conta tanto o sistema operacional utilizado pela organização, como a marca dos dispositivos a que estará conectado.

Segurança

A segurança dos processos é um dos aspetos mais importantes do projeto. De modo a garantir a segurança no acesso às interfaces a desenvolver para o parque de combustíveis, cada utilizador deve ser autenticado a partir de um nome de utilizador e de uma palavra-passe. Dependendo da função dos utilizadores, estes devem ainda ter permissões diferentes. Para além disso é essencial que o *software* SCADA possibilite a segurança nas trocas de dados.

4.1.2 Visão geral do Projeto

Nesta fase do planeamento pretende-se obter uma visão geral para o *software* SCADA do parque de combustíveis. Para a produção de qualquer peça, existe um plano sólido e, para o desenvolvimento de um *software* SCADA não deve ser diferente. Antes de iniciar o projeto, é necessário planear todo o *software* e desenvolver uma visão de como tudo funcionará, após o projeto concluído. O planeamento de um *software* SCADA pode dividir-se em três etapas, que após concluídas serão a base para a fase do *design*. Estas etapas procuram definir e explicitar todos os aspetos do *software* SCADA, tendo por base as necessidades dos utilizadores, por forma a melhorar a sua experiência [63]. A primeira etapa do planeamento corresponde ao inventário de todas as funções que o *software* SCADA deve desempenhar. A segunda corresponde ao planeamento das HMIs, especificando todas as informações a visualizar em cada janela, desenvolvendo a estratégia de navegação e definindo o guia de estilo a seguir. Por último, a terceira etapa corresponde à definição de todas as tabelas que o banco de dados deve conter [63].

Etapa 1 - Inventário das Funções

Seguindo a metodologia descrita, iniciou-se o planeamento do *software* SCADA através do inventário de todas as funções que este deve cumprir. Assim o *software* SCADA a desenvolver deve possibilitar:

- Integrar uma arquitetura baseada na IIoT;
- Integração com BDA e Computação em Nuvem;
- Comunicação M2M;
- Segurança contra Ciberataques.

Já em termos de supervisão o *software* SCADA do parque de combustíveis, deve possibilitar:

- Monitorização e controlo em tempo real;
- Registo do histórico do nível dos diversos tanques;
- Armazenamento das condições dos fluidos no banco de dados;
- Funções de auditoria;
- Alertas/alarmes e notificação dos utilizadores;
- Consulta das ordens de trabalho;
- Criação de Relatórios.

Com as diversas funções atribuídas ao *software* SCADA, pretende-se que este tenha a capacidade de integrar uma fábrica inteligente, transmitindo informação e comunicando com os diversos sistemas organizacionais.

Etapa 2 - Planeamento das HMI

Após todas as funções definidas, procedeu-se ao desenvolvimento do inventário de todas as janelas que vão ser exibidas através das HMIs. Seguindo o ciclo de vida HMI, introduzido pela norma ANSI/ISA-101.01-2015, esta é uma das etapas fundamentais antes do desenvolvimento das diversas janelas. Deste modo, no inventário das janelas foi especificado a informação a apresentar em cada uma.

Tendo por base o *layout*, a arquitetura do parque de combustíveis e as diversas funções a desempenhar pelo *software* SCADA, organizaram-se as janelas que vão compor as HMIs em quatro secções distintas, designadas por “Monitorização”, “Operação”, “Segurança” e “Administração”. A divisão das janelas em quatro secções tem como

objetivo proporcionar uma experiência de navegação apelativa para o utilizador, para que a informação pretendida possa ser acedida rapidamente.

Nas Tabelas 4.1 a 4.4 é apresentado um resumo das diversas janelas que vão possibilitar supervisionar e controlar o parque de combustíveis, através das HMIs, acompanhadas de uma breve descrição das funcionalidades pretendidas em cada uma delas. Para auxiliar a navegação, deve ainda de ser desenvolvida uma janela inicial com o objetivo de permitir aceder às restantes.

Tabela 4.1 - Janelas da secção Monitorização.

Janela	Descrição
Receção Navio	Monitorização do estado de todas as válvulas existentes na receção de combustíveis.
Tanque 1 e 2	Monitorização das válvulas associadas ao tanque 1 e 2 e das condições do fluido armazenado nos tanques referidos.
Tanque 3 e 4	Monitorização das válvulas associadas ao tanque 3 e 4 e das condições do fluido armazenado nos tanques referidos.
Tanque 5 e 6	Monitorização das válvulas associadas ao tanque 5 e 6 e das condições do fluido armazenado nos tanques referidos.
Bombas e Compressor de GPL	Monitorização do estado de funcionamento das diversas bombas e compressores presentes no parque de combustíveis.
Ilha de Enchimento	Monitorização do estado de todas as válvulas existentes, dos diversos braços de carga e do sistema responsável pela odorização.

Tabela 4.2 - Janelas da secção Operação.

Janela	Descrição
Receção de GPL via Navio	Operações de receção de GPL.
Trasfega	Operações de trasfega entre tanques, permitindo a monitorização tanto do tanque de origem como do tanque de destino.
Bombas e Compressor de GPL	Monitorização dos parâmetros operacionais associados às bombas e ao compressor de GPL.
Expedição de GPL	Operações de expedição. Monitorização da origem do combustível de expedição e do estado dos braços de carga presentes na Ilha de Enchimento.
Acessos	Acessos ao parque de combustíveis e à báscula.

Tabela 4.3 - Janelas da secção Segurança.

Janela	Descrição
Energia	Monitorização do estado do funcionamento do gerador de emergência e do funcionamento das bombas anti-incêndio.
<i>Fire</i> e Gás	Visão geral do estado dos diversos alarmes de deteção de incêndio. Monitorização das diversas válvulas de alívio de pressão.
Ar Comprimido	Monitorização de todos os equipamentos associados à rede de ar comprimido.
Água de Incêndios	Monitorização do sistema de extinção de incêndios.

Tabela 4.4 - Janelas da secção Administração.

Janela	Descrição
Histórico	Visualização do histórico do nível dos seis tanques que compõem o parque de combustíveis.
Alarmes	Lista de todos os alarmes acionados.
Planeamento Receção	Lista das operações de receções de GPL agendadas.
Planeamento Expedição	Lista das operações de expedição de GPL agendadas.
Auditoria	Lista de todas as ações realizadas através das janelas de supervisão.
Utilizadores	Gestão dos utilizadores e gestão das notificações.

Além das janelas apresentadas, de modo a evitar a constante navegação entre as secções, para as bombas e tanques presentes nas janelas de monitorização devem ser criadas janelas *pop-up*, que permitam visualizar informações adicionais dos componentes.

Guia de estilo

Quando maior a complexidade das janelas exibidas nas HMIs, maior é a possibilidade de erro humano, resultante de distrações devido à densidade de informação exibida em cada janela. Para diminuir essa possibilidade no desenvolvimento das HMIs destinadas à “Monitorização”, ao “Controlo” e à “Segurança” do parque de combustíveis, foram definidas guias de estilo baseadas nas recomendações da norma ANSI/ISA-101.01-

2015. Uma guia de estilo tem como objetivo uniformizar todas as janelas que serão exibidas através das HMIs. As guias de estilo definidas para o desenvolvimento das janelas são:

- O fundo das janelas e os elementos inativos devem gerar um baixo contraste;
- As animações apenas serão utilizadas para representar situações anormais;
- Sempre que possível deve recorrer-se a gráficos para exibir as informações;
- Cada cor utilizada deve estar associada a um significado. Neste caso:
 - Verde - Equipamento Ligado/Variável dentro dos valores normais;
 - Vermelho – Erro ou Falha.
- A navegação entre as diversas janelas deve ser realizada através de uma árvore de navegação, complementada com botões na parte inferior das janelas.

Em geral, ao longo das diversas HMIs serão usados tons suaves ou cinzas para representar a generalidade dos equipamentos. As cores brilhantes serão assim reservadas para representar o estado atual dos processos e para indicar condições anormais.

Etapa 3 - Inventário das tabelas no banco de dados

Por forma a guardar o histórico dos dados e transmitir informações para outros programas organizacionais é fundamental a conexão do *software* SCADA com um banco de dados. A conexão do *software* SCADA com um banco de dados permite solucionar o problema do BD, possibilitando que outros sistemas recorram aos dados transferidos pelo sistema SCADA para efetuar análises (BDA), com o objetivo de melhorar todos os processos dentro da organização. Para interligar o *software* SCADA com um banco de dados é necessário desenvolver o planeamento da sua estrutura. O planeamento de um banco de dados traduz-se assim numa lista das diversas tabelas que o compõem. Tendo em conta as necessidades do *software* SCADA para o parque de combustíveis, o banco de dados deve ser composto pelas tabelas referidas na Tabela 4.5.

As tabelas referidas foram definidas tendo em conta o planeamento das funções a desenvolver pelo *software* SCADA, no entanto, na fase de *design* pode vir a existir a necessidade de adicionar mais tabelas ao banco de dados, consoante a exigência das funções e componentes utilizados.

Tabela 4.5 - Tabelas do Banco de dados.

Nome	Descrição
Histórico do Nível dos Tanques	Tabela dedicada a guardar o histórico do nível dos vários tanques.
Tanque 1	Condições do fluido no tanque 1.
Tanque 2	Condições do fluido no tanque 2.
Tanque 3	Condições do fluido no tanque 3.
Tanque 4	Condições do fluido no tanque 4.
Tanque 5	Condições do fluido no tanque 5.
Tanque 6	Condições do fluido no tanque 6.
Operação	Estado das operações no parque de combustíveis.
Auditoria	Tabela dedicada ao armazenamento das interações realizadas através das HMIs.
Alarme	Tabela dedicada ao armazenamento de todos os alarmes ativados.
Utilizadores	Lista de utilizadores com acesso às HMIs.
Planeamento Receção	Lista das operações de receção de combustível.
Planeamento Expedição	Lista das operações de expedição de combustível.

4.2 Fase 2 - *Design*

Após o planeamento geral do *software* SCADA ser traçado, onde se encontram especificadas todas as funções que o *software* deve executar, segue-se o desenvolvimento do *software* SCADA propriamente dito. A fase de *design* é o ponto no processo de desenvolvimento em que todas as peças do projeto são criadas e montadas, tornando deste modo o *software* SCADA realidade [64]. Como já enunciado esta fase está dividida em quatro etapas.

4.2.1 Etapa 1: Configuração

Antes de se iniciar o desenvolvimento do *software* SCADA propriamente dito, o ambiente de *design* tem de ser configurado. Esta etapa passa por explicitar as conexões necessárias para implementar um sistema SCADA a partir do *software* SCADA em desenvolvimento.

Arquitetura idealizada para o sistema SCADA

Os sistemas SCADA podem apresentar diversas arquiteturas, dependendo de cada aplicação. Por forma a especificar os dispositivos/equipamentos que irão comunicar com o *software* SCADA do parque de combustíveis, idealizou-se uma possível arquitetura para o sistema SCADA. Deste modo, a arquitetura prevista para o sistema SCADA do parque de combustíveis encontra-se representada na Figura 4.1.

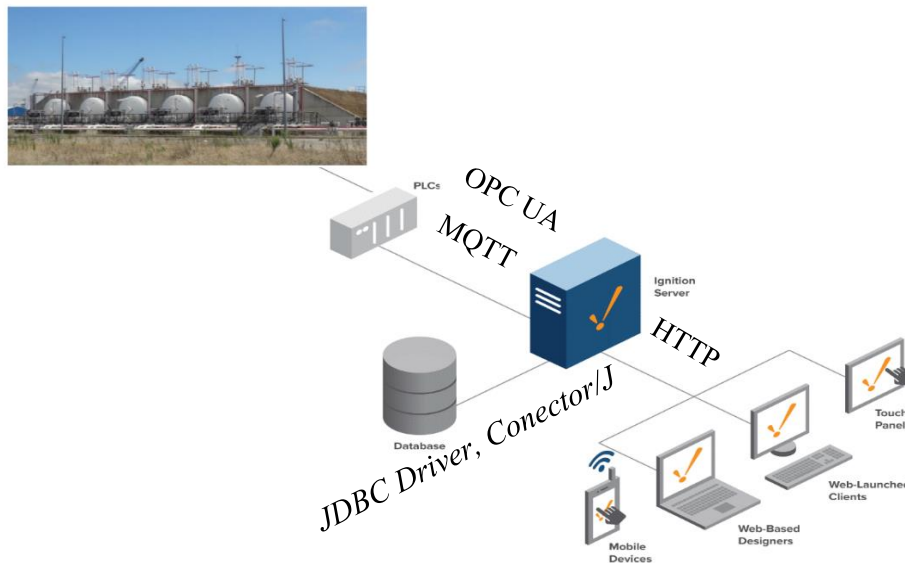


Figura 4.1 - Arquitetura prevista para o sistema SCADA (Inspirado em [66]).

Esta arquitetura é composta por um computador servidor onde o *Ignition Gateway* é instalado. No *Ignition Gateway* é alojado o *software* SCADA em desenvolvimento, possibilitando a conexão com PLCs, através de diversos protocolos de comunicação como *Ethernet/IP*, *Message Queuing Telemetry Transport* (MQTT) e *Open Platform Communications United Architecture* (OPC UA) entre outros. Além da comunicação com PLCs é ainda possível a comunicação com bases de dados e com os diversos HMIs. Todos os projetos no *Ignition* são configurados a partir do *Ignition Gateway*. Este é um aplicativo baseado em servidor da *internet*, permitindo a conexão com todos os dispositivos. O *Ignition Gateway* é acessado através de uma página da *internet* e permite que toda a informação seja acessada e transmitida. Esta arquitetura é considerada a mais simples, no entanto, serve como ponto de partida para arquiteturas mais complexas. O *Ignition* permite que a arquitetura dos sistemas projetados possa ser adaptada a qualquer momento, desta forma caso haja necessidade na fase de implementação é fácil alterar a arquitetura agora idealizada [66]. A arquitetura do *Ignition Gateway* pode ser dividida em partes,

onde cada uma permite executar uma tarefa específica. Na Figura 4.2 estão representadas as partes do *Ignition Gateway*, assim como o fluxo de informação entre elas [67].

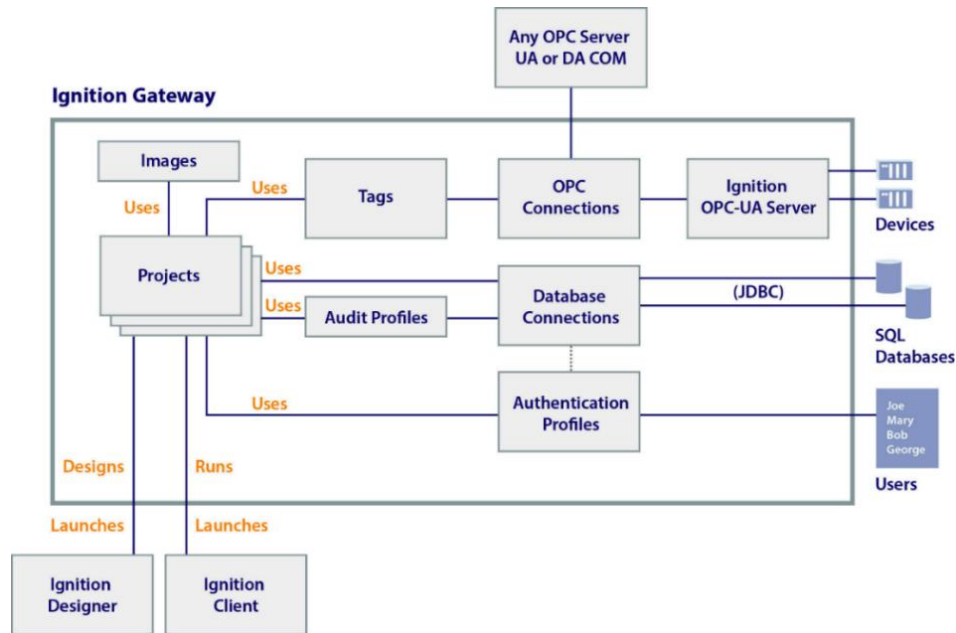


Figura 4.2 - Arquitetura do *Ignition Gateway* [67].

O *Ignition Gateway* irá assim gerir tudo no *software* SCADA. Nele são configurados o licenciamento e a ativação da plataforma de *software* *Ignition*, definidas as ligações com módulos, PLCs, banco de dados, dispositivos e projetos. No *Ignition Gateway* são ainda definidas as configurações de segurança, alarmes, relatórios entre outras [67].

Módulos da plataforma de *software* *Ignition*

Mediante as funções exigidas para o *software* SCADA do parque de combustíveis, existe a necessidade de selecionar os módulos a instalar na plataforma de *software* *Ignition*. O licenciamento do *Ignition* também é realizado com base nos diversos módulos instalados. Desta forma, numa fase inicial apenas devem ser utilizados os módulos indispensáveis. Para satisfazer as diversas funções exigidas ao *software* SCADA do parque de combustíveis, através do *Ignition Gateway*, foram instalados os seguintes módulos:

- Módulo *Vision*;
- Módulo *Perspective*;
- Módulo *SQL Bridge*;

- Módulo *Alarm Notification*;
- Módulo *Reports*;
- Módulo *Tag Historian*;
- Módulo OPC UA;

As funções desempenhadas por cada um dos módulos enumerados podem ser consultadas no Anexo 1.

Conexão aos PLCs

Para tornar um sistema SCADA funcional, é essencial conectar os PLCs que controlam os processos ao *software* SCADA que compõe o sistema SCADA. No entanto, muitas vezes na fase de projeto, a conexão do *software* SCADA com os PLCs não é possível, tal como acontece para o *software* a projetar neste trabalho, uma vez que o parque de combustíveis a supervisionar encontra-se operacional, sendo a sua disponibilidade um ponto fundamental. Além disso, pretende desenvolver-se um *software* SCADA global, ou seja, que possibilite a conexão com as diversas marcas de PLCs existentes. Portanto, o projeto será desenvolvido sem ser efetuada a conexão entre o *software* SCADA e os PLCs que controlam os processos. Deste modo, foram criadas todas as *Tags* necessárias à supervisão do parque de combustíveis, através do *software* SCADA, recorrendo a *Tags* de memória. Após o projeto concluído, para implementar um sistema SCADA a partir do *software* em desenvolvimento, basta conectar as *Tags* dos PLCs às *Tags* criadas no *software*. Esta estratégia permite assim desenvolver todo o projeto sem que a conexão entre o *software* SCADA e os PLCs seja necessária. Para além disso, esta estratégia tem ainda a vantagem de possibilitar a utilização do mesmo *software* SCADA em duas instalações idênticas em locais distintos.

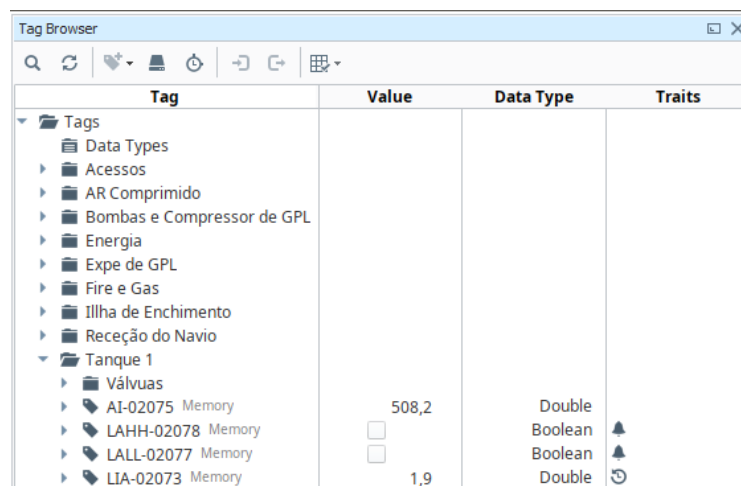
Após o projeto concluído, a ligação entre os PLCs que controlam o processo e o *software* SCADA, pode ser realizada através de diversos protocolos de comunicação como representado simplificadamente na Figura 4.1. Os protocolos de comunicação MQTT e OPC UA, permitem transmitir dados através da *internet*, possibilitando assim que o *software* SCADA a desenvolver tenha a capacidade de se conectar com todos os PLCs, mesmo quando estes se encontram fisicamente afastados.⁷

Organização das Tags

Após todas as *Tags* introduzidas na plataforma de *software Ignition*, estas foram organizadas através de pastas divididas por secções, como é possível observar na Figura 4.3, recorrendo ao navegador de *Tags* do *Ignition*. A organização das *Tags* tem uma grande importância no *software SCADA*, por forma a evitar erros e problemas na conexão ao longo da implementação do projeto. Além disso, uma boa organização das *Tags* permite que o *software SCADA* possa ser alterado a qualquer momento, por qualquer programador que não possua um conhecimento alargado do projeto, facilitando a sua ampliação, à medida das necessidades. Todas as *Tags* que controlam o parque de combustíveis encontram-se enumeradas no Anexo 2, divididas por pastas.

Conexão com equipamentos diversos

Além dos PLCs, em muitos casos o *software SCADA* necessita de se conectar com diversos equipamentos como por exemplo, equipamentos de laboratório. Para a supervisão do parque de combustíveis atualmente não é necessário recolher dados de outros equipamentos para além dos PLCs. No entanto, é fundamental que o *software SCADA* possibilite a conexão com os mais diversos equipamentos, caso futuramente estes possam vir a ser instalados.



Tag	Value	Data Type	Traits
Tags			
Data Types			
Acessos			
AR Comprimido			
Bombas e Compressor de GPL			
Energia			
Expe de GPL			
Fire e Gas			
Ilha de Enchimento			
Receção do Navio			
Tanque 1			
Válvulas			
AI-02075 Memory	508,2	Double	
LAHH-02078 Memory	<input type="checkbox"/>	Boolean	▲
LALL-02077 Memory	<input type="checkbox"/>	Boolean	▲
LIA-02073 Memory	1,9	Double	🔄

Figura 4.3 - Navegador de *Tags*.

A conexão entre o *software SCADA* e os diversos equipamentos, pode ser executada através do padrão de troca de dados OPC UA, devido às capacidades fornecidas pela plataforma de *software Ignition*. Este protocolo permite utilizar a *internet* para executar a comunicação dos dados, tendo grande influência na comunicação industrial,

nomeadamente na comunicação M2M. Desta forma, a qualquer altura é possível interligar qualquer equipamento que venha a ser instalado no parque de combustíveis com o *software* SCADA.

Conexão ao Banco de Dados SQL

O projeto do *software* SCADA exige a conexão a um banco de dados, por forma a armazenar as grandes quantidades de dados, gerados no chão de fábrica. O *Ignition* permite a conexão com diversos bancos de dados padrão, como *MySQL*, *Microsoft SQL Server* e *Oracle*. Estes podem estar localizados tanto em servidores como na nuvem. No caso em estudo, recorreu-se ao banco de dados *MySQL*, de modo a armazenar toda a informação necessária. O *MySQL* é um sistema gestor de banco de dados relacional de código aberto, usado na maioria das aplicações para gerir bancos de dados. Este utiliza a linguagem de consulta estruturada (SQL - *Structure Query Language*), que é a linguagem mais popular para inserir, aceder e gerir o conteúdo armazenado num banco de dados.

No caso em estudo, o banco de dados foi instalado num servidor pelo facto de ser grátis, visto que os bancos de dados localizados na nuvem possuem custos. No entanto, a qualquer momento o *software* SCADA a desenvolver pode ser conectado a um banco de dados presente na nuvem. Neste projeto o banco de dados foi alocado no mesmo servidor do *Ignition*, e a comunicação dos dados entre estes dois programas é realizada através do protocolo de comunicação “*JDBC Driver, Conector/J*”, como representado na Figura 4.1. A seleção do protocolo de comunicação para conectar o *software* SCADA ao banco de dados teve por base o recomendado pela *Inductive Automation*[®].

Definição do Banco de Dados

Definir um banco de dados significa especificar quais *Tags* são guardadas em que tabela. Para definir o banco de dados, recorreu-se à capacidade integrada do *Ignition* de definir tabelas e ao *software MySQL* através de código em SQL.

O *Ignition* possui duas abordagens para registar dados históricos, permitindo transferir dados para o banco de dados através do módulo *Tag Historian* e do módulo *SQL Bridge*. Com o módulo *Tag Historian* são armazenados os dados históricos de *Tags* em tabelas. Estes dados estão disponíveis para consulta através de *scripts*, ligações históricas e relatórios. Os dados apenas são registados no banco de dados de acordo com as suas configurações, evitando assim o armazenamento de informações duplicadas.

Recorrendo a esta funcionalidade, configurou-se o armazenamento do histórico do nível dos diversos tanques de combustível, numa tabela presente no banco de dados. Na Figura 4.4, encontra-se representado a configuração do histórico do nível do Tanque 1.

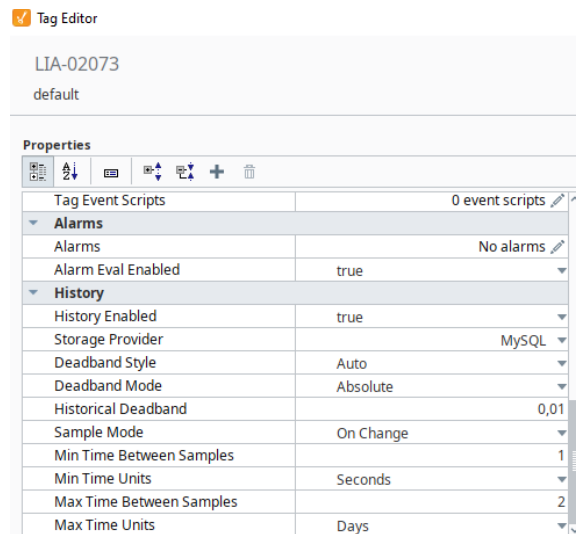


Figura 4.4 - Configuração do Histórico do nível do Tanque 1.

Já através do módulo *SQL Bridge* foram criados grupos de transações. Os grupos de transações são unidades de execução que efetuam ações como armazenar dados historicamente e sincronizar valores do PLC com o banco de dados e vice-versa. Assim, os valores correspondentes às condições do fluido em cada tanque, do estado das bombas, do compressor de GPL e das operações de controlo foram armazenados numa tabela presente no banco de dados, de modo a serem acedidos por outros programas. Na Figura 4.5, está representado o grupo de transação que permite armazenar a informação relativamente ao Tanque 1, assim como as diversas *Tags* que compõem essa mesma tabela.

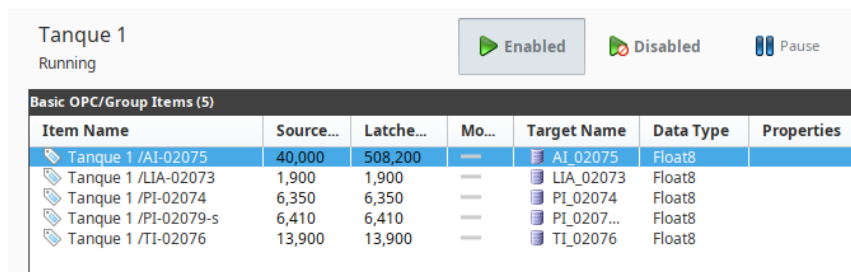
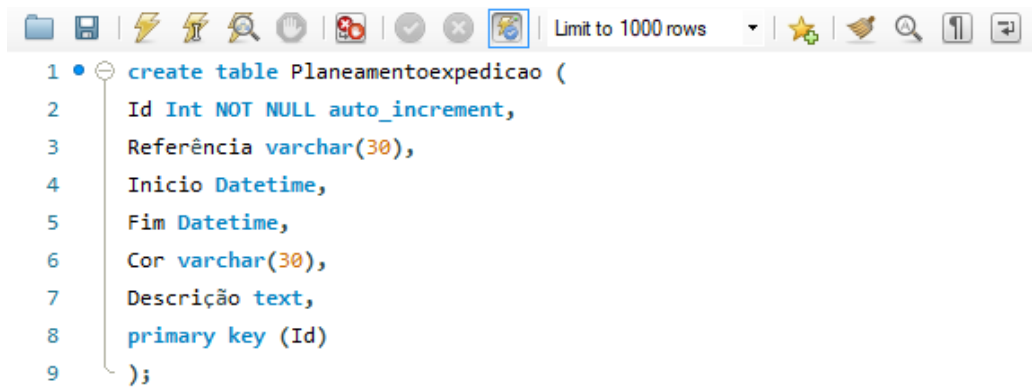


Figura 4.5 - Grupo de Transação do Tanque 1.

Para que o *software* SCADA do parque de combustíveis possa aceder a informações geridas por outros programas organizacionais, como o caso do planeamento da receção e

da expedição de combustível, é necessário que essas informações sejam armazenadas no banco de dados. Deste modo, através do *MySQL* é necessário definir as tabelas onde essa informação será armazenada. Na Figura 4.6 está representado o código SQL que permite criar a tabela onde serão armazenadas as operações de expedição.



```
1 • create table Planeamentoexpedicao (  
2     Id Int NOT NULL auto_increment,  
3     Referência varchar(30),  
4     Inicio Datetime,  
5     Fim Datetime,  
6     Cor varchar(30),  
7     Descrição text,  
8     primary key (Id)  
9 );
```

Figura 4.6 - Código em SQL para criar a tabela “Planeamento Expedição”.

As diversas tabelas definidas podem ser consultadas através do banco de dados *MySQL*, onde é possível consultar a representação demonstrada no Anexo 3. Para além das tabelas definidas, o *Ignition* tem ainda a capacidade de definir tabelas automaticamente, quando são ativadas funções que o exigem, como o caso das funções de alarmes, de auditoria e de segurança.

Acesso dos utilizadores

Após o projeto concluído, os utilizadores poderão aceder ao *software* SCADA do parque de combustível através de diversas HMIs, como computadores, *tablets* e *smartphones*, recorrendo à *internet* através do protocolo de comunicação *Hyper Text Transfer Protocol* (HTTP), como representado na Figura 4.1.

A cada utilizador com autorização para aceder ao *software* SCADA será atribuída uma função. Estas funções inserem-se na estratégia de segurança do projeto do *software* SCADA e as permissões de segurança são definidas para as funções, em vez de definidas para utilizadores específicos. Esta estratégia permite assim que os utilizadores sejam retribuídos, removidos e adicionados sem afetar a política de segurança. Dependendo da função atribuída também variam as permissões de cada utilizador [68].

Tendo em conta os utilizadores do *software* SCADA e a forma como cada utilizador o utiliza, foram definidas as seguintes funções:

- Função Administrador – Permite a gestão dos diversos utilizadores, bloqueando as tarefas de controlo;
- Função Supervisor – Permite a monitorização e o controlo (ativar/desativar operações) de todo o parque de combustíveis;
- Função Operador – Permite a monitorização de todo o parque de combustíveis, bloqueando as tarefas de controlo.

As permissões de cada função são baseadas nas necessidades de cada tipologia de utilizador, bloqueando as ações não autorizadas, por forma a evitar erros e assegurar a segurança do parque de combustíveis. Com as funções criadas, na fase final do projeto é necessário configurar as permissões para cada uma das funções, de modo que estas cumpram o pretendido. A utilização de funções limita assim os utilizadores com permissão para alterar os processos.

4.2.2 Etapa 2: *Layout* das HMIs

Seguindo as recomendações da norma ANSI/ISA-101.01-2015, nomeadamente o ciclo de vida HMI representado na Figura 2.12, antes de se iniciar o desenvolvimento das janelas de supervisão propriamente ditas o *layout* das HMIs tem que ser configurado. Nesta etapa é definida a disposição das janelas a exibir nas HMIs para a supervisão do parque de combustíveis. Por outras palavras, isso significa a construção da estrutura sobre a qual todas as janelas serão construídas, incluindo o esquema de navegação. A disposição tem uma grande influência na experiência do utilizador. Esta tem de ser pensada de forma a tornar a supervisão do parque de combustíveis consistente e de fácil utilização.

O esquema de navegação consiste no método de organização, posicionamento e exibição dos *links* que levam os utilizadores às várias janelas das HMIs. Por forma a permitir ao utilizador aceder à informação pretendida duma forma clara, no desenvolver do sistema de navegação, deve ter-se sempre em consideração as necessidades dos utilizadores. Para permitir a supervisão de todo o parque de combustíveis em qualquer lugar, vão ser desenvolvidas duas aplicações, que apesar de similares, apresentam objetivos diferentes. A integração das duas aplicações vai assim permitir ajustar a supervisão do parque de combustíveis às necessidades de cada utilizador em cada situação. Uma aplicação é dedicada à supervisão de todo o parque de combustíveis a partir do chão de fábrica ou de salas de controlo, desenvolvida recorrendo ao módulo *Vision* do *Ignition*. Já a outra é dedicada à supervisão do parque de combustíveis em qualquer lugar,

a partir de dispositivos moveis, desenvolvida recorrendo ao módulo *Perspective* do *Ignition*. A integração das duas aplicações vai assim criar um *software* SCADA, que permite se ajustar às necessidades de cada utilizador, como representado na Figura 4.7.

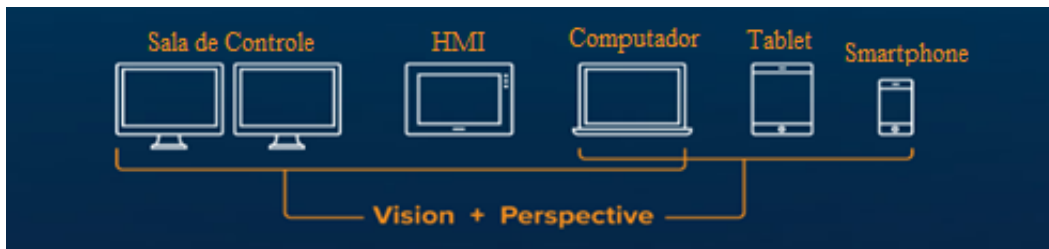


Figura 4.7 - Integração do módulo *Vision* com o módulo *Perspective* (Inspirado em [69]).

A *Inductive Automation*[®] disponibiliza diversos modelos que permitem acelerar o desenvolvimento do projeto, economizando assim o tempo de construção deste. Para ambas as aplicações recorreu-se a um projeto modelo, que serviu de base para o desenvolvimento de cada aplicação. Após o projeto modelo selecionado, este foi adaptado até atingir a arquitetura pretendida.

Aplicação em *Vision*

A estrutura da aplicação em *Vision* é composta por três áreas distintas, uma área de cabeçalho, uma área de navegação e uma área principal em que os componentes serão exibidos, como representado na Figura 4.8. Estas três áreas foram planeadas de modo a facilitar a utilização da aplicação por parte dos utilizadores.

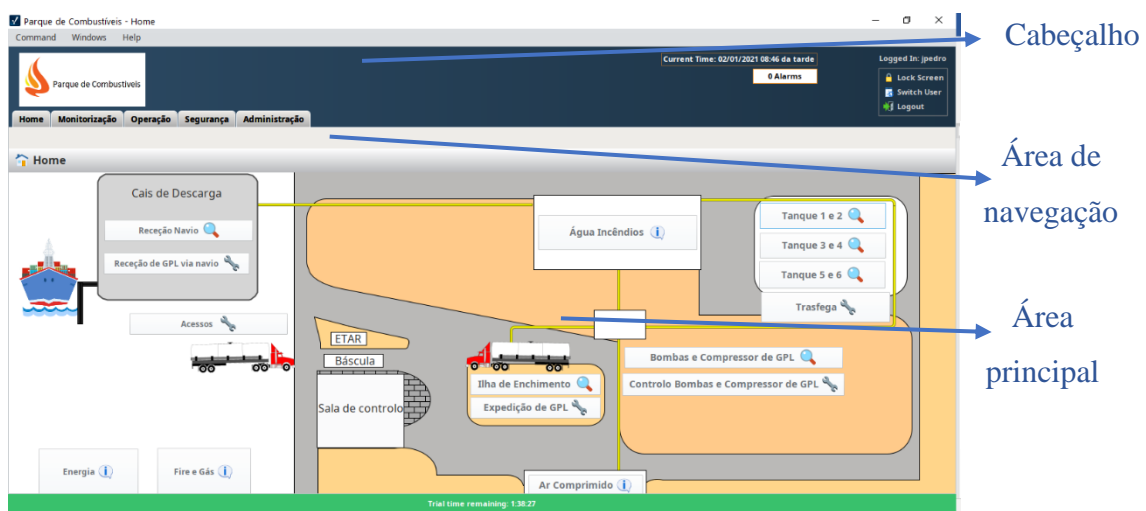


Figura 4.8 - Estrutura da aplicação em *Vision*

O menu de navegação foi organizado tendo em conta as necessidades dos utilizadores e o *layout* de todo o parque de combustíveis, por forma a tornar a navegação na aplicação de supervisão fácil e rápida. A estrutura do menu de navegação pode ser consultada na Figura 4.9.

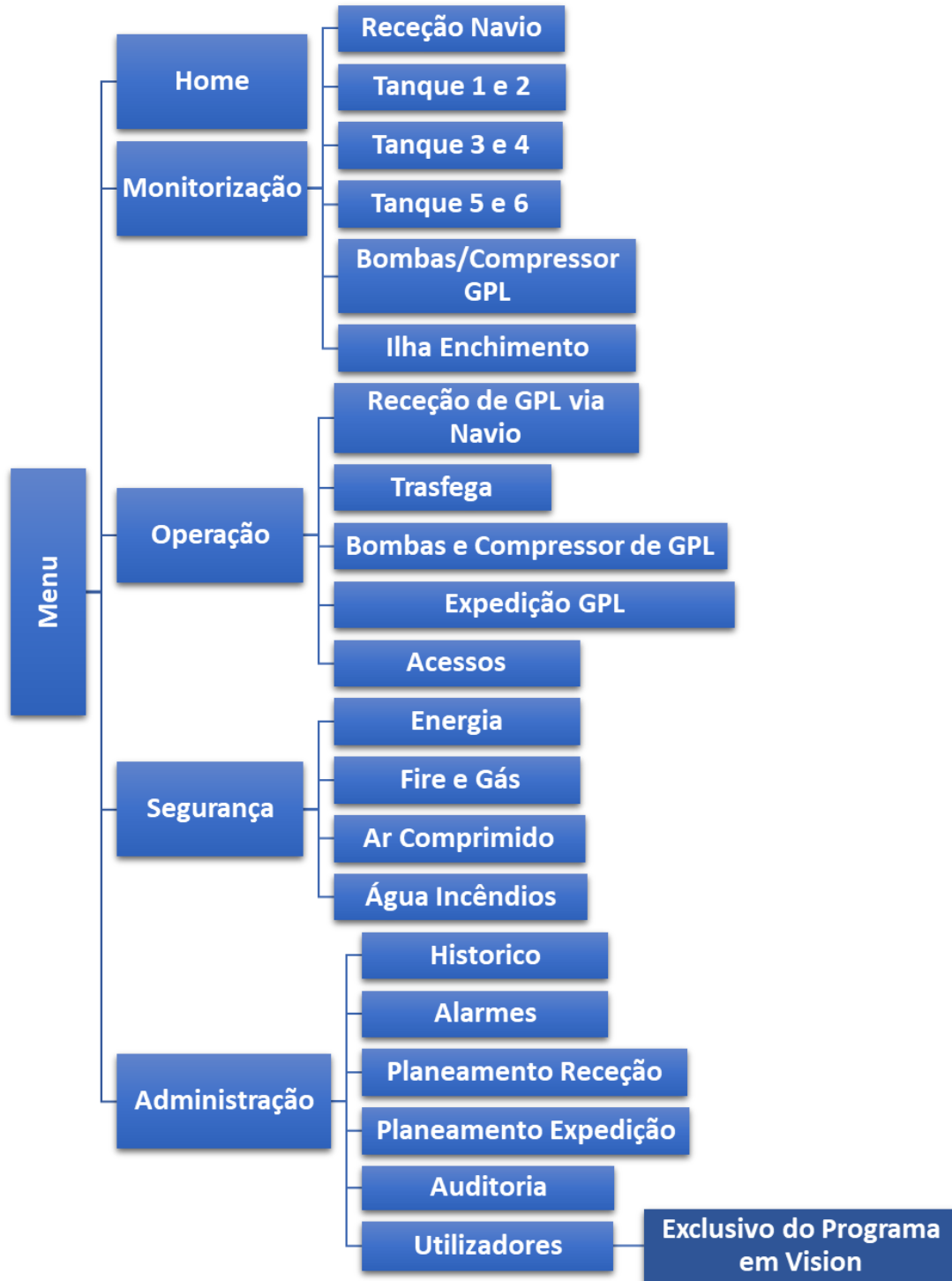


Figura 4.9 - Estrutura do menu de navegação.

Aplicação em *Perspective*

Há semelhança da aplicação em *Vision*, a aplicação em *Perspective* também é composta pelas mesmas três áreas, com os mesmos componentes que desempenham a mesma função. No entanto, optou-se por uma estrutura de projeto diferente, uma vez que esta aplicação é focada nos acessos através de dispositivos móveis.

A aplicação em *Perspective* pode ser acedida através de dispositivos com tamanhos de ecrã distintos. Por forma a proporcionar uma experiência de navegação em qualquer dispositivo, optou-se por fazer duas versões desta aplicação. Uma para ecrãs com uma largura superior a 540 *pixels*, designando-se por ecrãs grandes, e outra para os dispositivos com ecrãs inferiores a esse valor, designando-se por ecrãs pequenos. Ambas as versões são idênticas permitindo desempenhar as mesmas tarefas. Na Figura 4.10 encontra-se representado a estrutura da aplicação para dispositivos com ecrãs grandes, como é o caso da generalidade dos *tablets* e computadores.

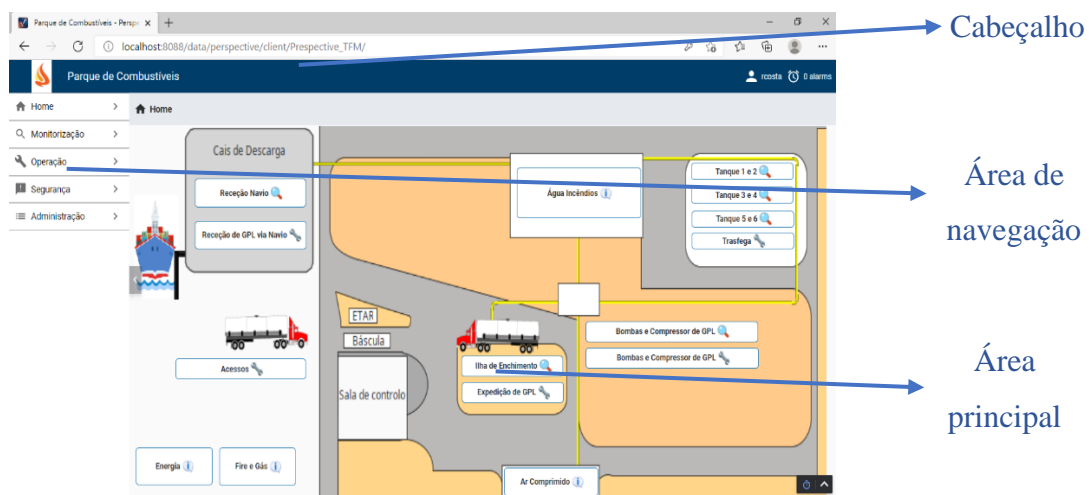


Figura 4.10 - Estrutura da aplicação em *Perspective* para um ecrã grande.

A estrutura apresentada diverge da estrutura da aplicação em *Vision* apenas na localização da área de navegação. Neste caso, optou-se por um menu lateral para ser visível em todos os tamanhos de ecrã. Nesta estrutura a área de navegação permite ser minimizada por forma a aumentar a área principal da aplicação.

A aplicação em *Perspective* para dispositivos com ecrãs pequenos como os *smartphones*, também possui uma estrutura idêntica às restantes, no entanto, a área de navegação neste caso foi substituída por um botão, que em caso de pressionado permite aceder ao menu de navegação (Figura 4.11). Esta estratégia foi tomada por forma a

aumentar a área principal, uma vez que em dispositivos com o ecrã pequeno o menu ocupa a totalidade do ecrã.

Na aplicação em *Perspective*, o menu de navegação é quase na totalidade, idêntico ao menu da aplicação em *Vision*. Esta diverge apenas no facto de não possibilitar o acesso à janela “Utilizadores” devido à estratégia de segurança adotada, que apenas permite que a informação presente na janela referida seja acedida através da aplicação em *Vision*. Devido à semelhança entre a estrutura de ambas as aplicações o menu de navegação da aplicação em *Perspective* também pode ser visualizado na Figura 4.9.

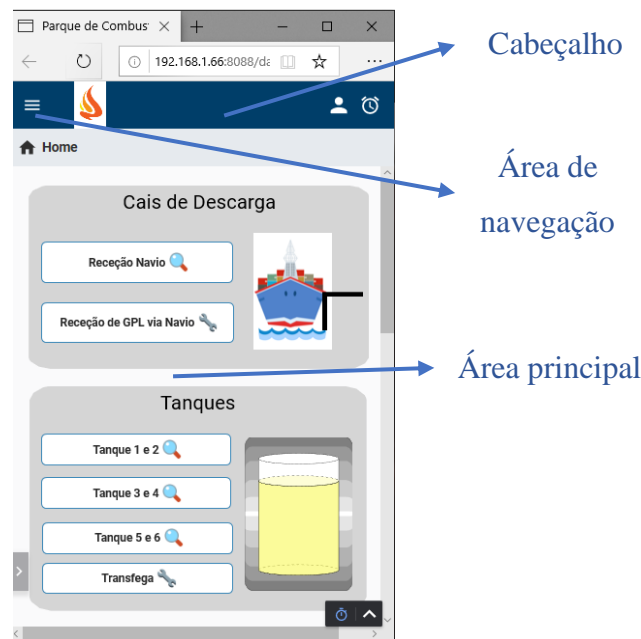


Figura 4.11 - Estrutura da aplicação em *Perspective* para um ecrã pequeno.

4.2.3 Etapa 3: Ferramentas e Componentes

Antes de se iniciar o desenvolvimento das janelas a exibir nas diversas HMIs, seguindo as recomendações da norma ANSI/ISA-101.01-2015, foram exploradas as ferramentas necessárias para facilitar a construção das interfaces de supervisão. Assim, pretende-se criar uma biblioteca constituída pelas principais imagens e componentes para acelerar o desenvolvimento das diversas janelas. O *Ignition* possui ferramentas que disponibilizam e permitem adicionar diversos elementos no projeto das interfaces de supervisão. Deste modo para desenvolver as janelas de supervisão, garantindo a sua funcionalidade e a simplicidade na supervisão do parque de combustíveis, recorreu-se às ferramentas em seguida explicitadas:

Image Management

As imagens são vulgarmente utilizadas nas janelas de supervisão. Com a ferramenta de *Image Management* é possível adicionar imagens nas janelas de supervisão, tanto na aplicação *Vision* como na aplicação em *Perspective*. O *Ignition* já oferece várias imagens predefinidas, no entanto, a grande vantagem desta ferramenta reside na sua capacidade de importar imagens e integrá-las. Assim, é possível incorporar novas imagens nas janelas de supervisão, como é o caso do símbolo da empresa. Na Figura 4.12 pode ser visualizada uma representação das diversas imagens possíveis de adicionar.

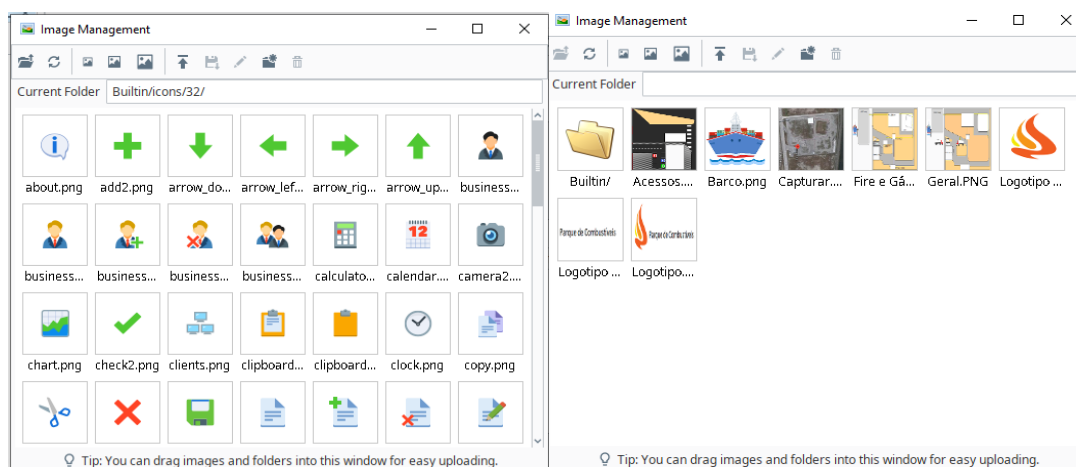


Figura 4.12 - Interface da Ferramenta *Image Management*.

Symbol Factory

Os símbolos também são amplamente utilizados nas janelas de supervisão. Com eles é possível desenvolver uma representação esquemática de todo o *layout* das organizações. A ferramenta *Symbol Factory* contém os mais diversos símbolos divididos por uma ampla gama de indústrias. Exemplos desses símbolos são as diversas tubagens e válvulas (Figura 4.13), fundamentais para desenvolver as aplicações de supervisão do parque de combustíveis. Os símbolos podem ser adicionados tanto na aplicação em *Vision* como na aplicação em *Perspective*.

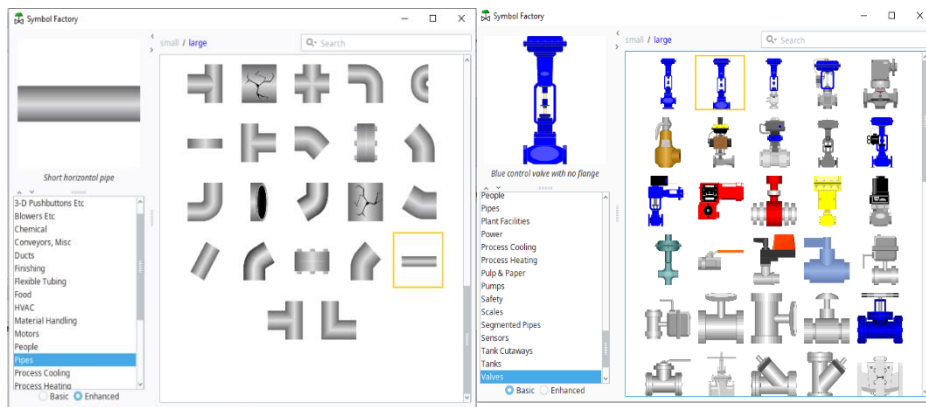


Figura 4.13 - Interface da Ferramenta *Symbol Factory*.

A variedade de símbolos disponibilizados para a construção das janelas, neste caso, não satisfaz as exigências do projeto. Assim, para criar janelas de supervisão simples e intuitivas é necessário editar os elementos fornecidos, e até mesmo criar novos elementos. Para tal, basta modificar as propriedades destes, alterando assim a sua aparência. É possível alterar a cor, eliminar partes de símbolos, combinar dois ou mais símbolos diferentes de modo a criar um novo símbolo. Em resumo, na Figura 4.14 é representada a modificação e combinação de diversos símbolos, criando assim um novo.

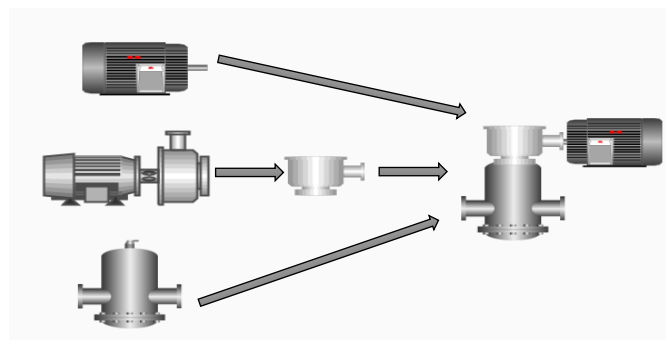


Figura 4.14 - Construção de um novo símbolo.

Componentes

Para exibir informações provenientes das *Tags* e para controlar todo o parque de combustíveis, adicionaram-se diversos componentes nas janelas. Os componentes são os elementos básicos que, quando combinados, criam a parte visual de uma exibição. Os componentes permitem ligar-se tanto às *Tags* do PLC, como às tabelas do banco de dados. Nos componentes também é possível editar as suas propriedades, alterando a sua aparência e o seu comportamento. Ambos os módulos oferecem uma série de componentes de fácil utilização como botões, áreas de texto, menus, gráficos entre outros,

sendo que muitos são especializados no uso de controlo industrial. No Anexo 4 estão representados os principais componentes utilizados para desenvolver as aplicações de supervisão do parque de combustíveis.

Modelos em *Vision*

Um modelo não é nada mais do que um ou mais componentes guardados num arquivo próprio. Recorre-se a esta função do módulo *Vision* quando existe a necessidade de utilizar um componente ou um conjunto de componentes personalizados diversas vezes ao longo do projeto. Após um modelo ser criado este pode ser utilizado repetidamente, reduzindo assim o tempo de desenvolvimento das aplicações de supervisão. O modelo guardado é designado como modelo mestre. As propriedades deste afetam todas as outras instâncias onde o modelo é usado. Ao realizar uma alteração no modelo mestre, essa alteração é refletida em todos os lugares em que o modelo for utilizado, facilitando deste modo as alterações futuras. Tendo em conta as diversas vantagens que os modelos trazem para a aplicação em *Vision* foram desenvolvidos diversos modelos que permitem reduzir o tempo de desenvolvimento desta aplicação. Na Figura 4.15 encontra-se representado um exemplo de um modelo utilizado na aplicação em *Vision* para a supervisão do parque de combustíveis.

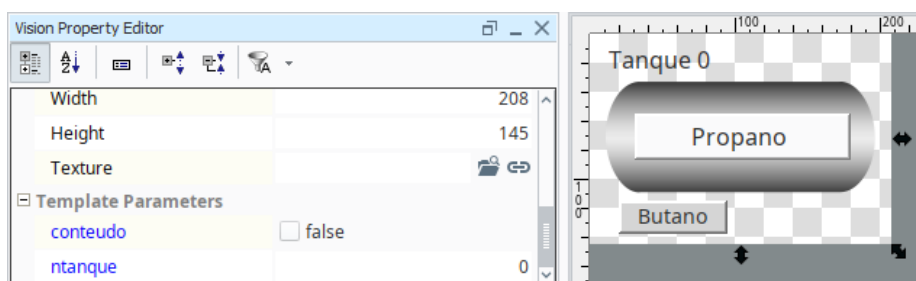


Figura 4.15 - Modelo em *Vision*.

Os modelos são adicionados ao projeto através da filosofia de arrastar e soltar. Para que este se torne funcional basta conectar as *Tags* pretendidas aos parâmetros do modelo.

Janelas Indexadas em *Perspective*

No módulo *Perspective*, uma janela indexada é basicamente uma janela modelo que pode ser introduzida nas janelas principais. Apresentam a mesma função dos modelos, mas são específicas do módulo *Perspective*.

Através das ferramentas de desenvolvimento referidas, foi criada uma biblioteca de componentes, elementos adaptados (imagens e símbolos), modelos e janelas indexadas, de forma a diminuir o tempo necessário para desenvolver as HMIs. Com esta biblioteca o processo de desenvolver cada janela torna-se mais fácil e rápido.

Database Query Browser

Para além das ferramentas referidas, para facilitar a ligação das HMIs, com as tabelas que constituem o banco de dados, recorreu-se à ferramenta *Database Query Browser*, fornecida pelo *Ignition*. A ligação ao banco de dados é uma das funções fundamentais do *software SCADA*. A ferramenta *Database Query Browser* permite auxiliar o programador na escrita do código, para a consulta do banco de dados. Permite ainda verificar os dados obtidos a partir do banco de dados, como representado na Figura 4.16.

Devido às suas potencialidades, esta ferramenta é fundamental para que a ligação entre o *software SCADA* e o banco de dados ao longo de todo o projeto do parque de combustíveis seja configurada facilmente.

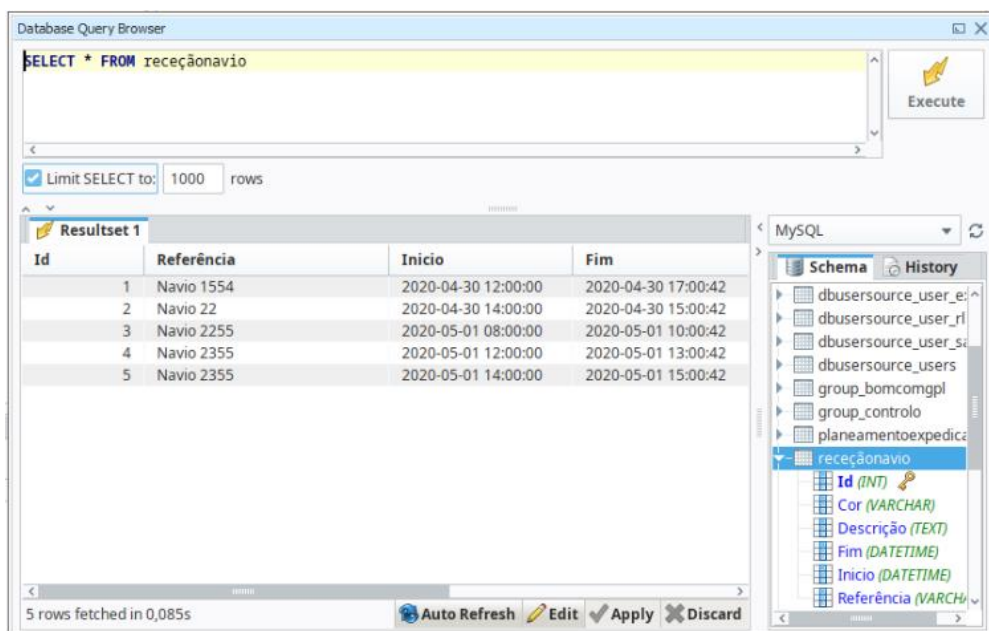


Figura 4.16 - Interface da ferramenta *Database Query Browser*.

4.2.4 Etapa 4: Desenvolvimento

Após o planeamento e especificação do *software SCADA*, esta etapa destina-se ao seu desenvolvimento. Deste modo, são montadas as diversas janelas que irão permitir a interação entre o *software SCADA* e os utilizadores, para desempenhar as funções de

supervisão e controlo através das HMIs. É ainda nesta etapa que as restantes funções a desempenhar pelo *software* SCADA devem ser desenvolvidas.

4.2.4.1 Aplicações de Supervisão

A supervisão do parque de combustível vai ser realizada através de duas aplicações com o mesmo objetivo, mas com utilizações distintas como referido na definição do projeto. Cada aplicação de supervisão será constituído por diversas janelas de acordo com as necessidades de supervisão.

Após definida a filosofia para as HMIs, o guia de estilo das HMIs, a biblioteca de símbolos e componentes, o *layout* das janelas de supervisão e os utilizadores que vão recorrer às HMIs, seguindo o ciclo de vida HMI (Figura 2.12), procedeu-se ao desenvolvimento das janelas de supervisão propriamente ditas.

Assim, em primeiro lugar vão ser desenvolvidas as janelas da aplicação em *Vision*, para apoiar as tarefas no chão de fábrica. E em segundo lugar vão ser desenvolvidas as janelas da aplicação em *Perspective*, que permitem aos utilizadores acederem à informação do parque de combustíveis através da *internet*.

Aplicação em *Vision*

O *layout* da aplicação em *Vision* já estruturado, contém um cabeçalho, um menu de navegação e uma área principal. As janelas destinadas à supervisão do parque de combustíveis são exibidas na área principal, designando-se estas por janelas principais. As janelas principais são compostas por um cabeçalho que indica o nome da janela e um ícone alusivo à sua função. Este cabeçalho foi uniformizado em todas as janelas, por forma a localizar o utilizador dentro da aplicação.

Todas as janelas são construídas segundo a filosofia de arrastar e soltar, sendo possível adicionar elementos (símbolos e imagens), componentes e modelos. Uma vez que já foi criada uma biblioteca com todos os principais componentes, elementos e modelos, esta etapa torna-se consideravelmente mais simples e rápida. Através do “*Vision Property Editor*” é possível editar todas as propriedades dos diversos constituintes de cada janela. Com esta ferramenta os diversos componentes e elementos podem ser associados a *Tags*, como representado na Figura 4.17.

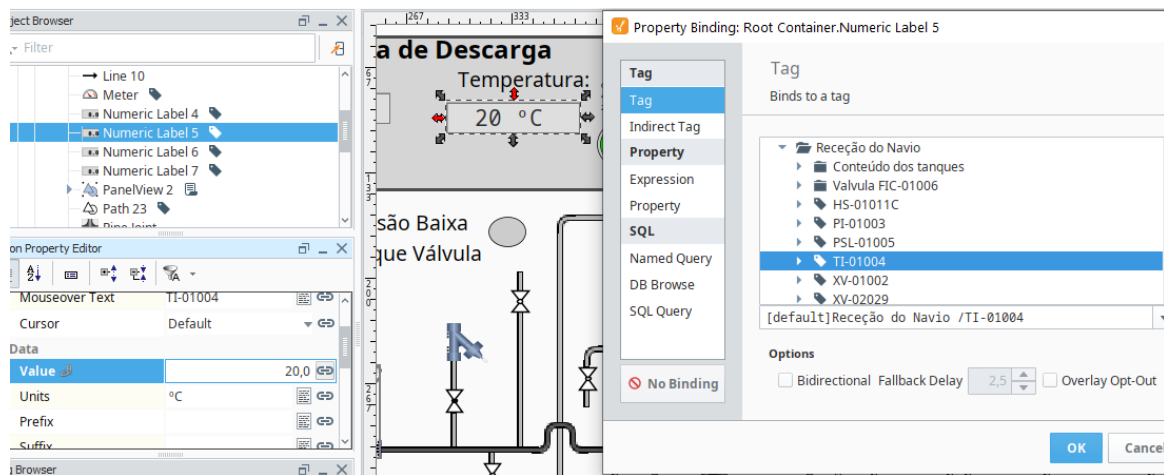


Figura 4.17 - Ligação de um componente a uma *Tag*.

Assim que a ligação entre um componente e uma *Tag* seja concluída, o componente passa a exibir o valor guardado na *Tag*. No entanto, no projeto do *software* SCADA para além dos componentes exibirem o valor guardado nas *Tags*, estes também podem alterar a sua aparência de acordo com esse mesmo valor. Esta propriedade não é apenas válida para os componentes, sendo também válida para todos os elementos que constituem uma janela. Na Figura 4.18 está representado o símbolo de uma válvula, cuja cor varia dependendo do valor guardado na *Tag*. Ao ligar a cor da válvula à *Tag* que indica o seu estado, é assim possível verificar se a válvula está aberta ou fechada.

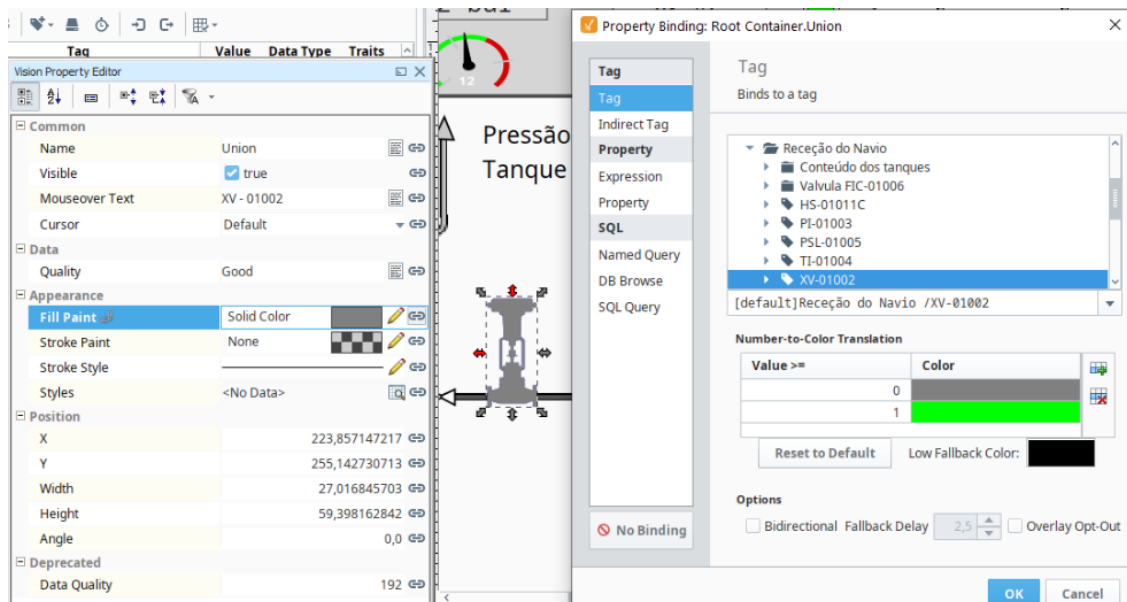


Figura 4.18 - Ligação da cor de um elemento a uma *Tag*.

De forma a conhecer o estado de todo o parque de combustíveis, em algumas circunstâncias, não é suficiente conhecer apenas o estado atual das variáveis, sendo

necessário conhecer também o seu histórico. Este é o caso do nível dos tanques presentes no parque de combustíveis, uma vez que o nível atual não transmite aos utilizadores se o tanque está a encher, a vazar ou em repouso. Por forma a dar a conhecer ao utilizador essa informação é necessário apresentar o seu histórico. Uma vez que o histórico destas variáveis já foi configurado para ser guardado no banco de dados, para transmitir essa informação ao utilizador basta exibi-la nas aplicações acessíveis através das HMIs.

Para exibir o histórico de uma variável pode recorrer-se a diversos componentes presentes no módulo *Vision*. Para tal, nas configurações de cada componente, basta seleccionar o histórico da *Tag* pretendida, como representado na Figura 4.19, para o componente “*Sparkline Chart*”.

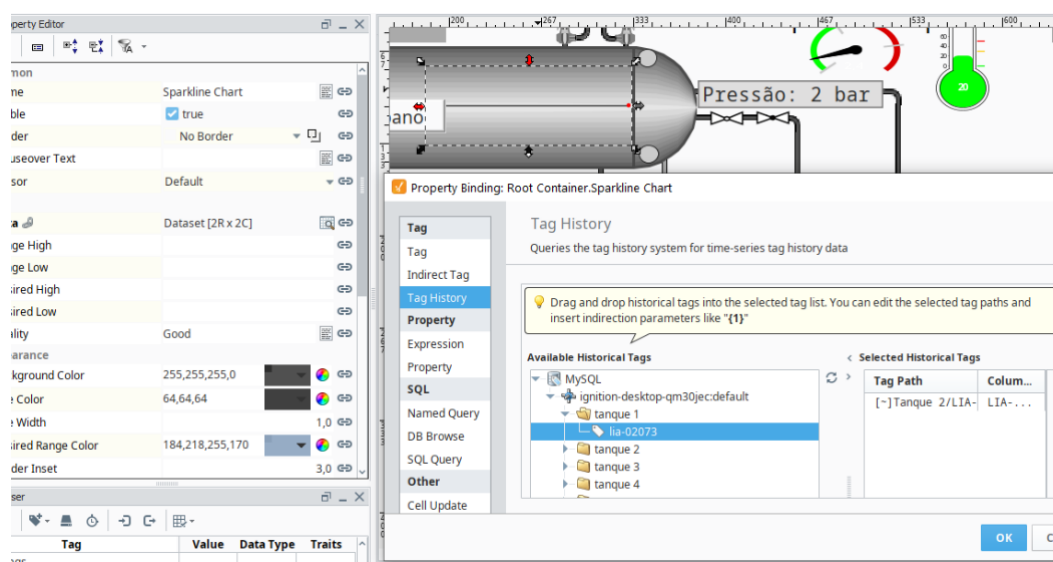


Figura 4.19 - Conexão do “*Sparkline Chart*” ao histórico de uma *Tag*.

Como o sistema de supervisão é acedido por diversos utilizadores que pretendem obter informações diferentes, a janela “*Home*” (Figura 4.20) foi desenvolvida para ser uma ajuda à navegação. Nela foram configurados diversos botões que permitem aceder à maior parte das janelas.

Nas restantes janelas da aplicação de supervisão do parque de combustíveis, foram representadas de uma forma esquemática todas as tubagens, equipamentos e válvulas que o compõem. Através dos diversos elementos e componentes conectados às *Tags* são exibidas todas as informações coletadas pelos sensores, ao longo de todo o parque de combustíveis, assim como o estado de funcionamento de todos os equipamentos. A disposição da informação ao longo das janelas foi pensada por forma a dar ao utilizador toda a informação necessária de forma clara e precisa.

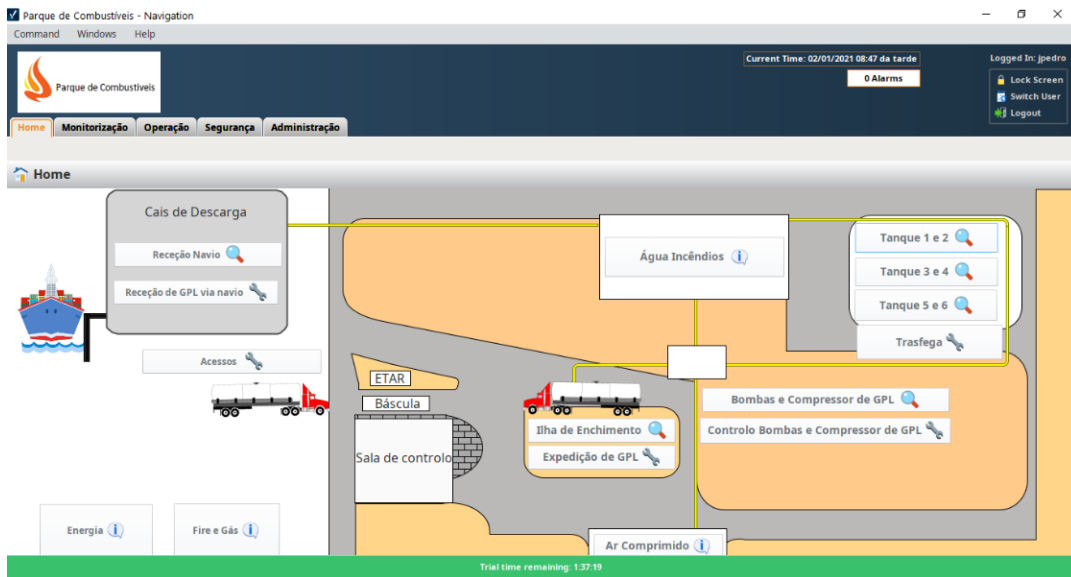


Figura 4.20 - Janela *Home* na aplicação em *Vision*.

As janelas dedicadas à “Monitorização”, “Operação” e “Segurança” foram desenvolvidas seguindo o guia de estilo especificado na secção 4.2.2 Etapa 2: *Layout* das HMIs, tendo em consideração as recomendações da norma ANSI/ISA-101.01-2015. Estas janelas foram assim construídas numa escala de cinza, recorrendo a animações e cores vivas (vermelho e verde) para demonstrar o estado dos processos e situações anormais como alertas ou alarmes. Na Figura 4.21, está representada a janela de “Monitorização da Receção de GPL”. Nela recorreu-se a todos os recursos referidos, de modo a exibir claramente todas as informações relativas a esta secção.

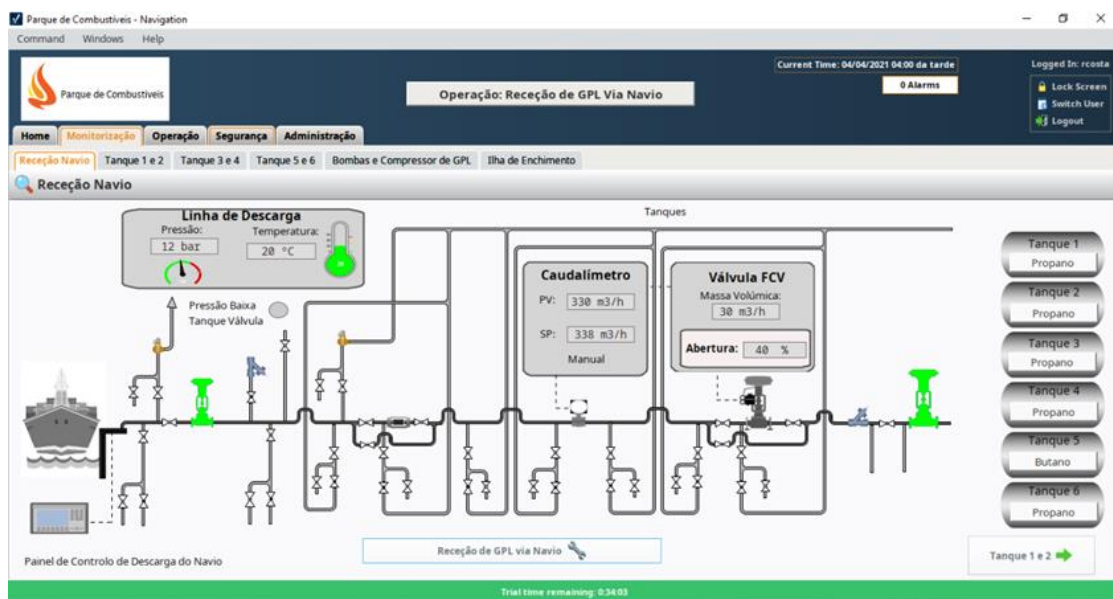


Figura 4.21 - Janela de Monitorização da Receção de GPL na aplicação em *Vision*.

No entanto, para evitar que os utilizadores se desloquem até outras secções quando apenas pretendem visualizar uma informação rapidamente, foram criadas uma série de janelas *pop-up*, que permitem aos utilizadores acederem a essa informação. As janelas *pop-up* são acedidas clicando no elemento/componente sobre o qual foram definidas, sobrepondo-se à janela principal. A sua posição é flutuante, possibilitando ao utilizador definir o seu tamanho e a sua localização. Na Figura 4.22 está representado um desses exemplos, onde os utilizadores podem aceder ao controlo da válvula sem ser necessário aceder à janela de operação.

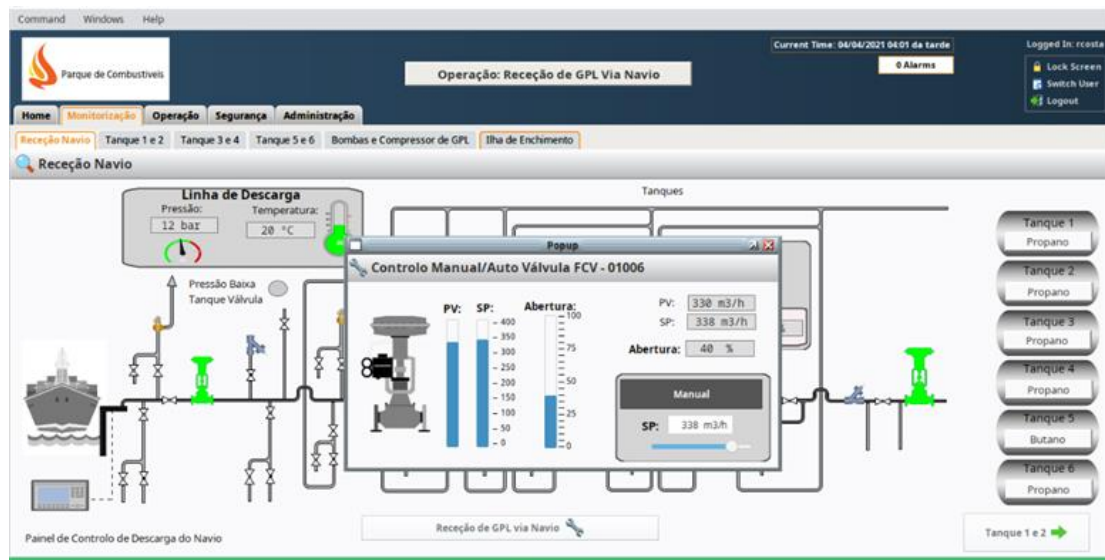


Figura 4.22 - Janela *pop-up* controlo Manual/Auto Válvula FCV – 01006 na aplicação em *Vision*.

Por forma a acelerar o tempo de desenvolvimento no projeto das diversas janelas recorreu-se a janelas parametrizadas. Uma janela parametrizada, é uma janela em que a informação exibida é preenchida por informações selecionadas pelo utilizador, como representado na Figura 4.23, onde está representada a janela dedicada ao controlo da trasfega entre tanques.

A operação de trasfega é realizada entre dois tanques, um tanque de origem e um tanque de destino, ambos selecionados pelo utilizador. Mediante o tanque de origem e o tanque de destino selecionado pelo utilizador, a informação exibida na janela representada na Figura 4.23 varia, permitindo que o utilizador supervise a cada instante ambos os tanques selecionados.

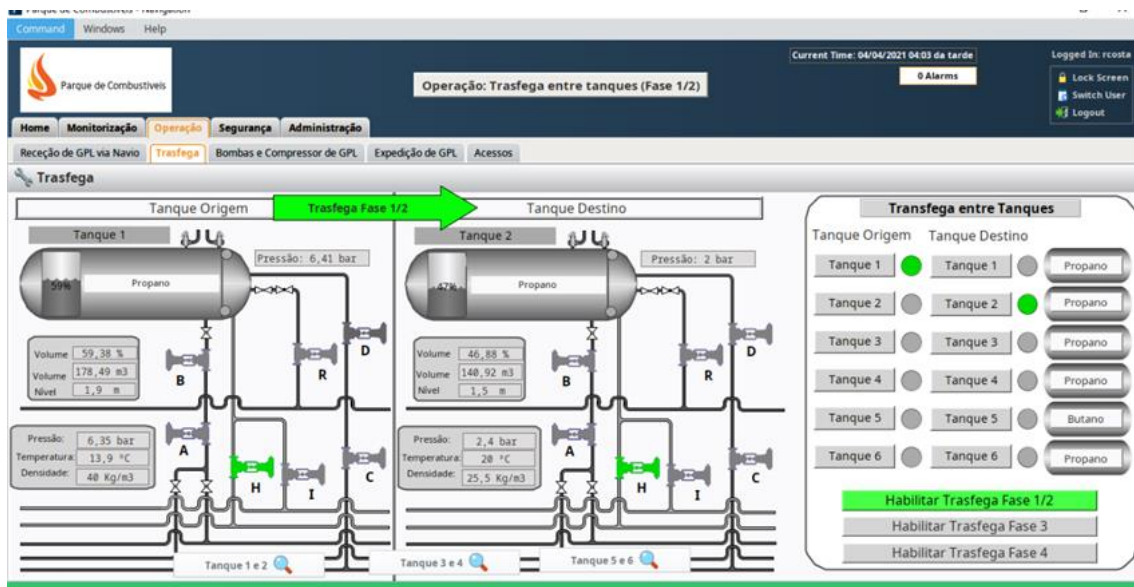


Figura 4.23 - Janela Operação Trasfega na aplicação em *Vision*.

As janelas parametrizadas podem assim diminuir drasticamente o tempo de desenvolvimento do projeto. Para criar uma janela parametrizada basta adicionar um parâmetro à janela e definir os dados a exibir de acordo com o valor desse mesmo parâmetro. Na Figura 4.24 é apresentado o código que permite exibir o nível do tanque de acordo com o valor guardado no parâmetro definido para a janela.

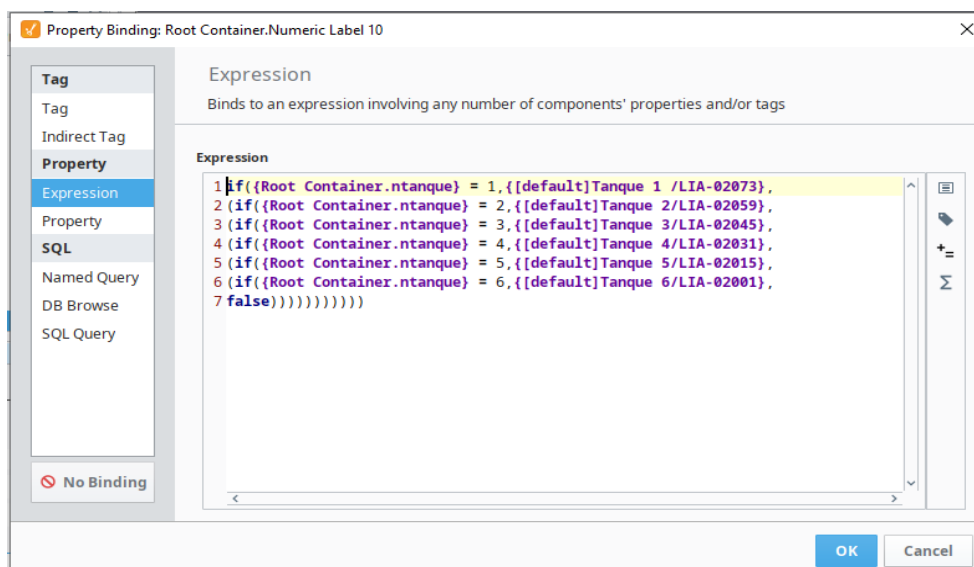


Figura 4.24 - Código da janela parametrizada.

Aplicação em *Perspective*

A aplicação em *Perspective* é em tudo idêntica à aplicação em *Vision*. Esta pretende desempenhar as mesmas funções, no entanto, é dedicada ao acesso através da *internet* em

qualquer lugar e a qualquer hora. Uma vez que esta aplicação é focada para utilizadores via *internet*, pode ser acedida através de diversos dispositivos com tamanhos de ecrãs distintos. Como já explicitado de acordo com o tamanho do ecrã do dispositivo a configuração do *layout* é alterada. Assim as janelas principais devem alterar também o seu *layout* de acordo com o tamanho da área principal.

As janelas são compostas por *containers*, que fornecem uma maneira de organizar os diversos constituintes. Estes podem atuar como uma janela principal, ocupando a totalidade da área principal, ou como uma janela incorporada, funcionando como um componente dentro de outra janela. Cada janela possui um tipo de *container* que decide como os componentes dentro dela se comportarão. Assim o *design* de uma janela, é simplesmente o *design* do *container* selecionado.

Os *containers* definem a estratégia usada para controlar o tamanho e a forma de qualquer componente alojado dentro dele. Um *container* pode vir a ter outro no seu interior, personalizando assim a configuração do *layout* de cada janela. No desenvolvimento das janelas na aplicação em *Perspective*, foram combinados diversos *containers* de forma a estruturar um *layout* flexível para os diversos tamanhos de ecrãs. Recorrendo ao *container ponto de interrupção*, configurou-se duas vistas: uma para ecrãs grandes com uma largura superior a 540 *pixels* e outra para ecrãs pequenos, com uma largura inferior a esse valor.

Na Figura 4.25 está representada o *layout* da janela responsável pelo controlo da “Trasfega”. Esta é composta por duas vistas, uma vista para ecrãs grandes e uma vista para ecrãs pequenos, configuradas através do *container ponto de interrupção*. Para a vista em ecrãs grandes recorreu-se ao *container flex* e ao *container coordenada*, de modo a ajustar os componentes ao tamanho da janela e definir a sua posição. Na vista para ecrãs pequenos, foram introduzidos os mesmos *containers* referidos e adicionado o *container aba*, configurando-se três abas para melhorar a experiência de navegação.

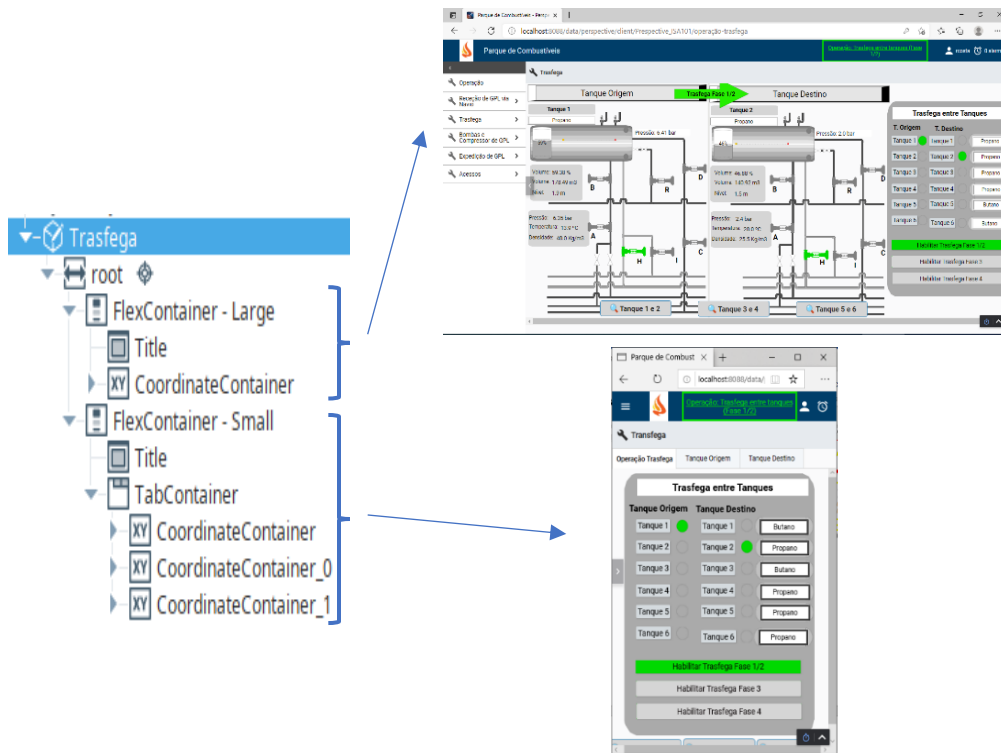


Figura 4.25 - Representação do *layout* da janela *Trasfega* na aplicação em *Perspective*.

Tal como a aplicação em *Vision*, também a aplicação em *Perspective* é construída segundo a filosofia de arrastar e soltar, adicionando todos os constituintes necessários a cada janela. Todas as configurações das propriedades na aplicação em *Perspective* são realizadas a partir do “*Perspective Property Editor*”, representado na Figura 4.26, onde é possível configurar todos os constituintes de uma janela de modo a associá-los a *Tags*, ao banco de dados e até modificar a sua aparência.

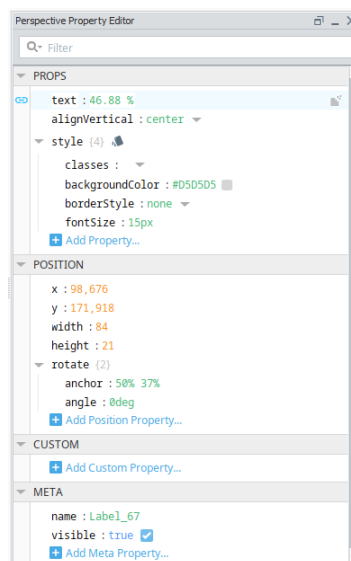


Figura 4.26 - *Perspective Property Editor*.

À semelhança da aplicação em *Vision*, na aplicação em *Perspective*, também se recorreu a janelas *pop-up* e a janelas parametrizadas. Ambas as tipologias de janelas referidas na aplicação em *Perspective* são configuradas de igual forma à aplicação em *Vision*. A aplicação em *Perspective* é em tudo idêntico à aplicação em *Vision*, sendo constituída pelas mesmas janelas e divergindo apenas a forma de acesso a cada uma das aplicações, como já especificado.

Para cada janela desenvolvida na aplicação em *Perspective* é necessário configurar o *Uniform Resource Locator* (URL), de forma a que estas possam ser exibidas na área principal através da *internet*, como representado na Figura 4.27 para a página de receção do Navio. O URL é o texto exibido na barra de endereços do navegador para aceder à página desenvolvida após o projeto concluído. Após o URL configurado, a página de supervisão desenvolvida fica logo disponível através da *internet*, devido à interligação da plataforma de *software Ignition* com a *internet*.

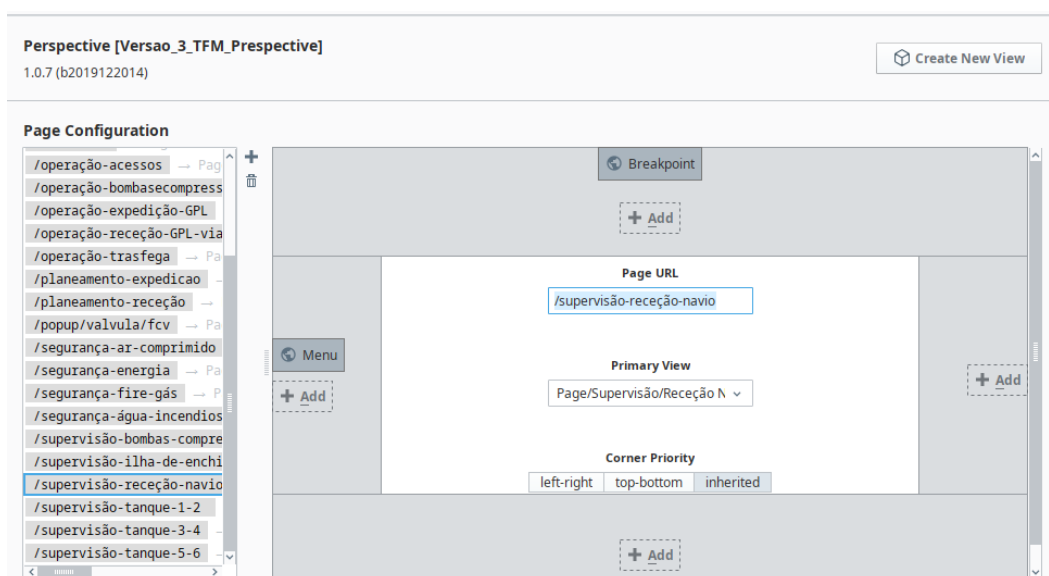


Figura 4.27 - Configuração do URL das páginas.

4.2.4.2 Consulta das Ordens de Trabalho

No caso de estudo assumiu-se que as listas de operações onde são especificadas o planeamento da receção dos navios e da expedição de GPL são armazenadas no banco de dados por um *software* organizacional da empresa. Assim, é necessário aceder ao banco de dados para exibir nas aplicações de supervisão o planeamento das ordens de trabalho. Para aceder ao banco de dados foi configurada uma consulta SQL através do módulo *SQL Bridge*. Uma consulta SQL permite aceder ao banco de dados, selecionando tabelas e

colunas, para que esses dados possam ser utilizados ao longo das janelas. Na Figura 4.28 está representada a consulta SQL para aceder à tabela localizada no banco de dados onde as operações de receção de navios são enumeradas.



Figura 4.28 - Consulta SQL.

Através dos resultados da consulta SQL é exibido nas aplicações de supervisão o planeamento da receção e da expedição de GPL. Na Figura 4.29 está representada a janela que permite aceder ao planeamento da receção de GPL na aplicação em *Vision*.

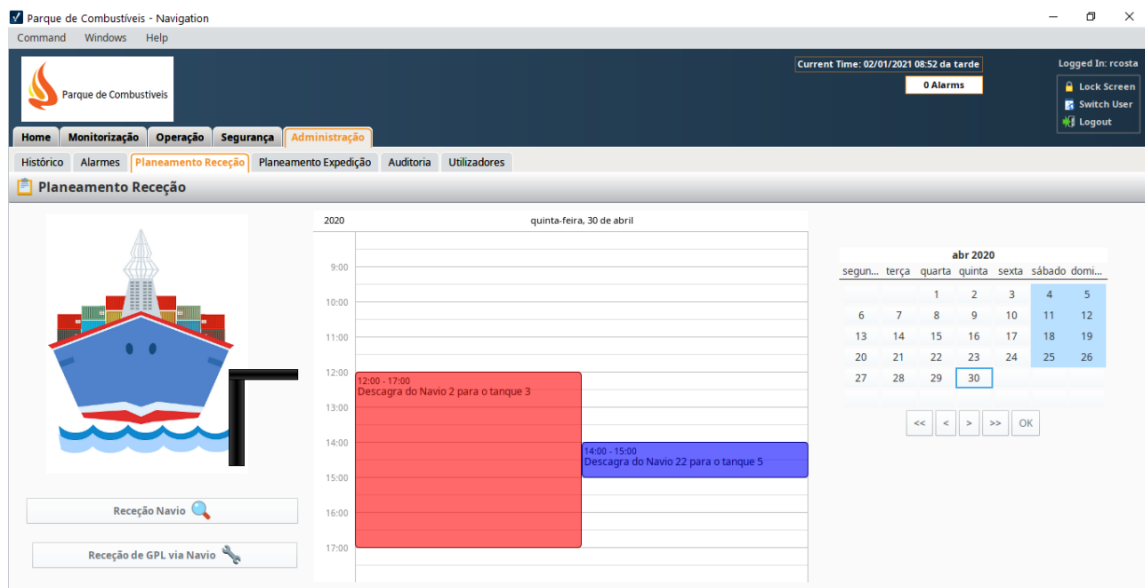


Figura 4.29 - Janela Planeamento da Receção de GPL na aplicação em *Vision*.

4.2.4.3 Alarmes

A geração e gestão de alarmes é uma das funções fundamentais do *software* SCADA garantindo a segurança do parque de combustíveis. Em caso de falha é fundamental que o alarme correspondente seja ativado, notificando os responsáveis por essa secção, permitindo solucionar o problema no menor intervalo de tempo possível.

Configuração dos alarmes

Os alarmes podem ser configurados nas *Tags* através do módulo *SQL Bridge*, onde é possível configurar alarmes para os mais diversos tipos de *Tags*. A configuração é flexível e personalizável, de acordo com o tipo de cada *Tag*. A cada *Tag* pode ser configurado um ou mais alarmes, o que permite alertar assim os utilizadores se o valor da *Tag* não se encontra no intervalo esperado. Os alarmes podem ser configurados para serem acionados quando existe uma igualdade com um valor de referência, o valor da *Tag* está acima ou abaixo desse valor, entre outras possibilidades. Os valores de referência não têm que necessariamente ser estáticos podendo também apresentar propriedades dinâmicas. Sempre que o valor de uma *Tag* é alterado, as condições de alarme são avaliadas. Quando estas são verificadas, o alarme torna-se ativo. Após um alarme ativo ser desativado, este passa para o estado inativo permanecendo guardado no histórico de alarmes. A Figura 4.30 mostra a configuração de um alarme numa das *Tags* do parque de combustíveis. Nela pode observar-se as diversas propriedades possíveis de configurar.

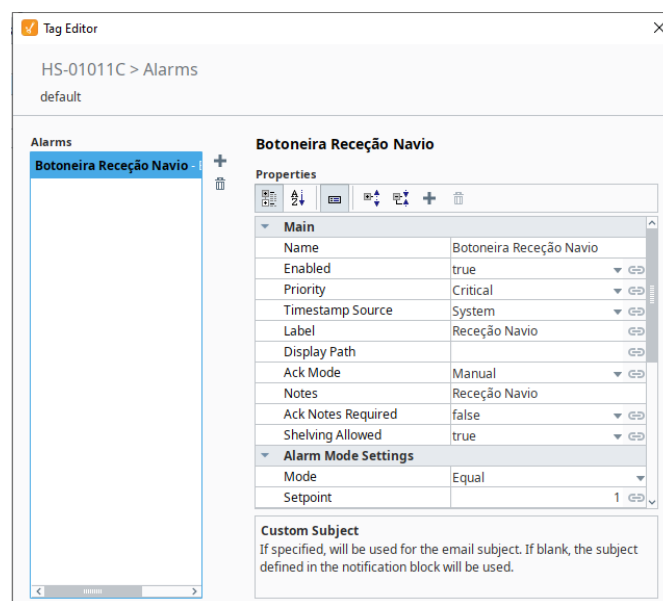


Figura 4.30 - Configuração de um alarme numa *Tag*.

Na configuração de alarmes existem vários parâmetros que podem ser criados e alterados para modificar o seu comportamento. Para definir um alarme, é essencial especificar o seu nome, para que quando este for ativado seja fácil identificá-lo. A prioridade também é um dos parâmetros essenciais. Esta indica a criticidade de cada alarme. No *software* SCADA do parque de combustíveis foram usados os níveis de prioridade padrão do *Ignition*, descritos na Tabela 4.6.

Tabela 4.6 - Níveis de prioridade dos alarmes.

Prioridade	Nível
<i>Diagnostic</i>	1
<i>Low</i>	2
<i>Medium</i>	3
<i>High</i>	4
<i>Critical</i>	5

Dependendo da prioridade do alarme, este pode ser apenas um aviso não influenciando as operações no parque de combustíveis, como no caso da prioridade “*Diagnostic*” ou, pelo contrário, pode levar à paragem total das atividades se a sua prioridade for alta como no caso da prioridade “*Critical*”.

Outro parâmetro fundamental a ser configurado são as condições de alarme. As condições de alarme representam como já referido, o estado que a *Tag* tem de verificar para o alarme ser ativado. No exemplo da Figura 4.30, uma vez que estamos na presença de uma *Tag booleana*, definiu-se que o alarme é ativado sempre que esta *Tag* for ativada, ou seja, sempre que o seu valor for igual a um.

Estado dos alarmes

Após todos os alarmes definidos nas diversas *Tags* que controlam e monitorizam o parque de combustíveis, é essencial saber o estado de cada alarme. Deste modo tanto na aplicação em *Vision* como na aplicação em *Perspective*, recorreu-se ao componente “*Tabela de status de alarme*”, de modo a exibir o estado de cada alarme. A configuração desta tabela é rápida e fácil uma vez que todos os módulos no *Ignition* se interligam. Basta arrastar e soltar a tabela na janela pretendida que esta torna-se logo funcional. As propriedades deste componente também são personalizáveis. Este foi configurado para apresentar os alarmes ativos, assim como o histórico de alarmes desativados. Dependendo da prioridade do alarme ativado, a sua representação gráfica altera, permitindo chamar a atenção dos utilizadores para os alarmes com prioridades mais elevadas. Na Figura 4.31 está representado o estado dos alarmes acessível a partir da aplicação em *Vision*.

Active Time	Name	Display Path	Active Pipeline	Notes	Current State	Priority	Event Value	Label	Event Id
25/06/20, 17:47	Botoneira Receção Navio	Receção do Navio /HS-01011C/Bot...	ProjectFM3/No...	Receção Navio	Active, Unackn...	Critical	True	Receção...	bca49e8...
25/06/20, 17:47	Pressão Baixa Tanque Válvula	Receção do Navio /PSL-01005/Press...	ProjectFM3/No...	Receção Navio	Active, Unackn...	Low	True	Receção...	69d4b8d...
08/06/20, 10:52	Botoneira Receção Navio	Receção do Navio /HS-01011C/Boto...	ProjectFM3/No...	Receção Navio	Cleared, Unackn...	Critical	False	Receção...	e321630...
27/05/20, 09:50	Alarme de Nivel Baixo	Tanque 2/LALL-02063/Alarme de Niv...	ProjectFM3/No...		Cleared, Unackn...	High	False	Tanque 2	0de680a...
26/05/20, 16:52	Pressão Baixa Tanque Válvula	Receção do Navio /PSL-01005/Press...	ProjectFM3/No...		Cleared, Unackn...	Low	False	Receção...	5dc5830...

Figura 4.31 - Janela Alarmes na aplicação em *Vision*.

Para além de conhecer o estado dos alarmes em cada instante, também é fundamental guardar o seu histórico, por forma analisar as causas que estiveram na sua origem e evitar que estes possam voltar a acontecer. De modo a armazenar o histórico dos alarmes foi criado um perfil diário de alarmes, que permite armazenar o histórico dos alarmes no banco de dados. Ao configurar o perfil diário de alarmes, o *Ignition* cria automaticamente as tabelas para guardar esses dados no banco de dados (Anexo 3). Após o histórico de alarmes estar guardado no banco de dados pode ser consultado tanto no *software* SCADA como por outros sistemas organizacionais. Assim é possível fazer pesquisas personalizadas na lista de alarmes, como por exemplo verificar os alarmes ocorridos dentro de um período especificado.

4.2.4.4 Notificação dos Utilizadores

Para além dos alarmes ativos ficarem visíveis através das aplicações de supervisão a exibir nas HMIs, o *software* SCADA foi configurado para notificar os utilizadores sempre que um alarme é ativado, através do módulo *Alarm Notification*. Deste modo é possível comunicar imediatamente eventos e problemas aos utilizadores, para que estes possam ser solucionados no menor tempo possível.

O *Ignition* permite notificar os utilizadores através de diversas formas, no entanto, para o *software* SCADA do parque de combustíveis selecionou-se a notificação dos utilizadores via *e-mail*. Para que as notificações sejam enviadas o *software* SCADA tem de ser configurado para aceder a um *Simple Mail Transfer Protocol* (SMTP). O SMTP é

uma convenção padrão dedicada ao envio de *e-mail* por meio da *internet*. Assim, para exemplificar a notificação dos utilizadores, no caso de estudo foi utilizado o SMTP grátis da *Google*. Para utilizar este serviço apenas é necessário ter uma conta de *e-mail* no *Google*. No entanto, pelo facto de ser grátis, o *Google* limita a saída de 100 *e-mails* por dia. Deste modo, foi criada uma conta de *e-mail* na *Google* para este efeito (parquecombustivel@gmail.com) e, em seguida, foi configurado o servidor SMTP na página *Gateway* do *Ignition*. Após o perfil de notificação por *e-mail* configurado, recorrendo a um fluxograma de notificação de alarmes, é possível controlar como e quando as notificações são enviadas e quem é notificado. O módulo *Alarm Notification* possui uma interface simples de arrastar e soltar, permitindo criar lógicas de notificação. Desta forma foi desenvolvido o fluxograma de notificação visível na Figura 4.32. Este foi planeado para ser utilizado em todos os alarmes definidos, com a particularidade que dependendo da prioridade dos alarmes são notificados grupos diferentes de utilizadores.

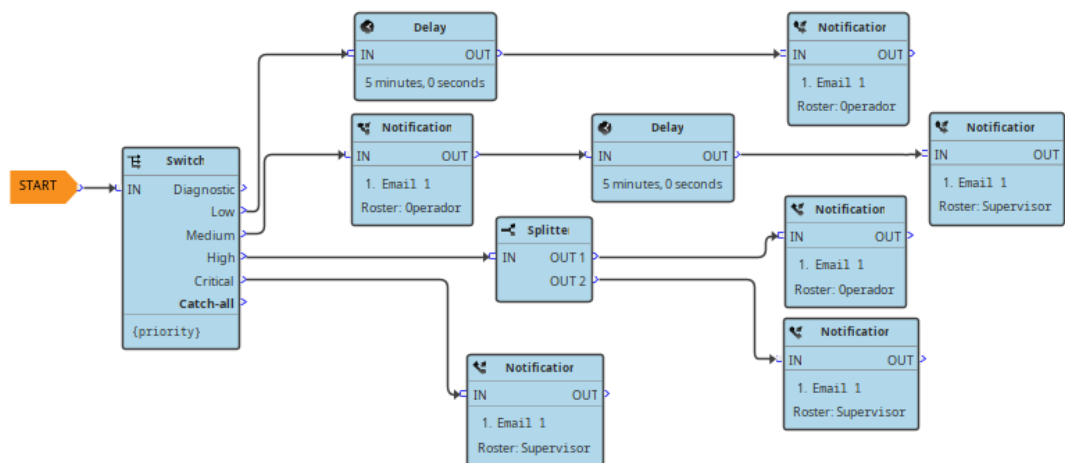


Figura 4.32 - Fluxograma de notificação dos utilizadores.

Os diversos alarmes especificados ao longo de todas as *Tags*, que permitem a supervisão de todo o parque de combustíveis, estão divididos em cinco categorias de acordo com a sua prioridade. Assim dependendo da prioridade do alarme serão notificados utilizadores diferentes.

Ao desenvolver o fluxograma de notificação é essencial estruturar a mensagem enviada em cada *e-mail*. Na Figura 4.33 está representada a mensagem que cada utilizador recebe quando um alarme é ativado. Como se pode observar, para configurar a mensagem recorreu-se a diversos parâmetros que são preenchidos de acordo com o alarme ativado.

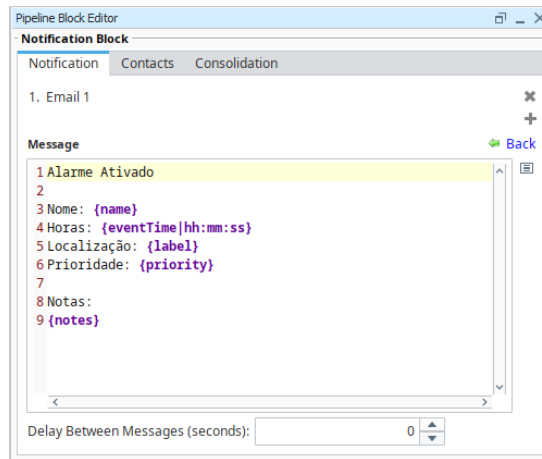


Figura 4.33 - Mensagem de notificação em caso de alarme.

Após o fluxograma desenvolvido para notificar os utilizadores quando os alarmes são ativados, é necessário conectá-los às *Tags*. Para notificar os utilizadores, é ainda necessário que estes, ao criarem uma conta, adicionem um *e-mail* para o qual o *software* SCADA envia as notificações em caso de alarme. Dependendo da prioridade dos alarmes, são notificadas categorias de utilizadores diferentes. No entanto, nem todos os utilizadores estão sempre de serviço. Deste modo é necessário configurar os horários nos quais cada utilizador pode vir a ser notificado. Para gerir estas funcionalidades foi desenvolvida uma janela na aplicação em *Vision*. Nesta janela, representada na Figura 4.34, foram utilizados diversos recursos do *Ignition* especializados nas tarefas referidas. Além do controlo das notificações dos utilizadores, nesta página é ainda possível gerir as diversas contas de utilizador presentes no *software* SCADA.

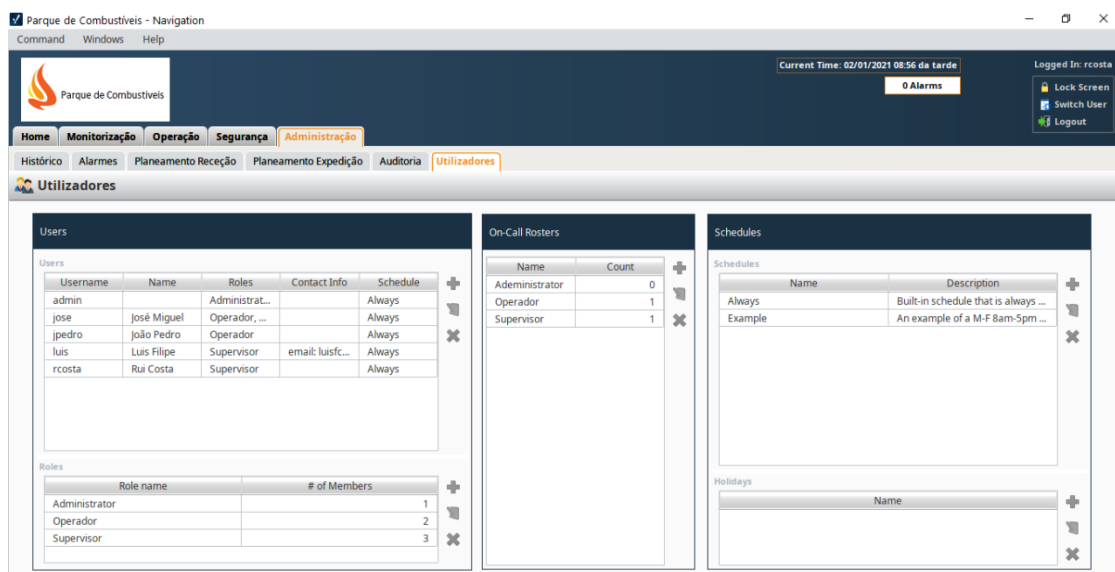


Figura 4.34 - Gestão dos utilizadores na aplicação em *Vision*.

4.2.4.5 Relatórios

Os relatórios são um dos recursos mais importantes para transmitir informações dos operadores aos administradores. Estes permitem tomar decisões que se traduzem em aumentos da produtividade, aumentos da qualidade, redução dos custos, fornecendo uma visão geral da organização. No entanto, a geração de relatórios manualmente é uma tarefa difícil e demorada. Automatizar os relatórios torna-se assim uma necessidade, para que as organizações possam usufruir de todas as suas vantagens.

O *Ignition* através do módulo de *Reports*, facilita o processo de criação de relatórios automatizados, fornecendo uma biblioteca de ferramentas que inclui imagens, gráficos e tabelas. Os relatórios são fáceis de gerir, uma vez que os dados são introduzidos dinamicamente a partir do banco de dados. Para automatizar todo o processo de administrar relatórios, o *Ignition* permite agendá-los, definindo a data, hora e frequência para a execução dos mesmos. A distribuição dos relatórios também pode ser automatizada, utilizando estratégias como a impressão ou o envio por *e-mail*. Estes podem ser exportados em diversos formatos, incluído PDF.

No caso de estudo por forma analisar as ocorrências de alarme e descobrir a sua origem, foi automatizado um relatório semanal com todos os alarmes ocorridos nesse período. No Anexo 5, pode ser observado um exemplo desse mesmo relatório. Para distribuir os relatórios semanalmente recorreu-se à distribuição via *e-mail*, onde o *software* SCADA envia o relatório de alarmes para todos os administradores e supervisores semanalmente. Na Figura 4.35 está representada a configuração que permite aos diversos utilizadores receberem o relatório de alarmes através do seu *e-mail*.

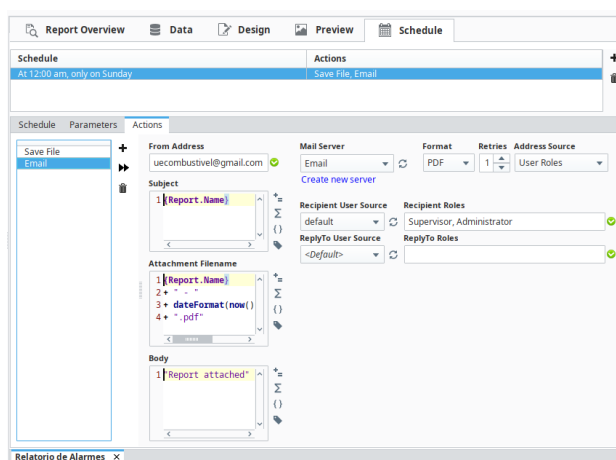


Figura 4.35 - Configuração da distribuição do relatório de alarmes via *e-mail*.

4.2.4.6 Auditoria

A segurança, como já referido, é um dos aspetos com maior relevância no desenvolvimento de todo o projeto. Deste modo, foi desenvolvido um sistema de auditoria para o parque de combustíveis, que permite registar todas as ações realizadas através das aplicações de supervisão.

O sistema de auditoria é uma das funcionalidades do *Ignition*, que permite registar automaticamente as ações que ocorrem nas aplicações de supervisão, como por exemplo, abrir e fechar uma válvula ou introduzir um novo utilizador. Com esta função todas estas ações são registadas numa tabela do banco de dados automaticamente.

Para atribuir esta funcionalidade ao *software* SCADA do parque de combustíveis, inicialmente, criou-se um perfil de auditoria através da página *Gateway* do *Ignition*. Ao criar o perfil de auditoria é selecionado o banco de dados e o nome da tabela onde as ações serão armazenadas. Com o perfil de auditoria configurado, para ativar esta funcionalidade no *software* SCADA, basta ativar a função auditoria em ambas as aplicações *Vision* e *Perspective*. A tabela para rastrear as ações dos utilizadores é imediatamente criada no banco de dados (Anexo 3), após os passos descritos serem concluídos.

Para consultar as diversas ações dos utilizadores, tanto na aplicação em *Perspective* como na aplicação em *Vision*, foi desenvolvida uma janela dedicada para este efeito. Assim recorrendo ao componente “*Table*” conectado ao banco de dados, é possível exibir as diversas ações executadas nas aplicações de supervisão. De modo a tornar a consulta das ações realizadas fácil e rápida, o componente “*Table*” foi configurado para exibir as ações realizadas num intervalo de tempo especificado pelos componentes “*Calendar*”, que podem ser editados pelos utilizadores. A janela de auditoria criada na aplicação em *Vision* pode ser observada na Figura 4.36.

Através desta funcionalidade os utilizadores podem consultar as ações plausíveis de estarem na origem de um alarme e as ações tomadas para o solucionar. Deste modo, é possível analisar os processos para evitar a ocorrência de alarmes e, em caso de ocorrência de um alarme, analisar os processos por forma a tornar a sua resolução mais rápida.

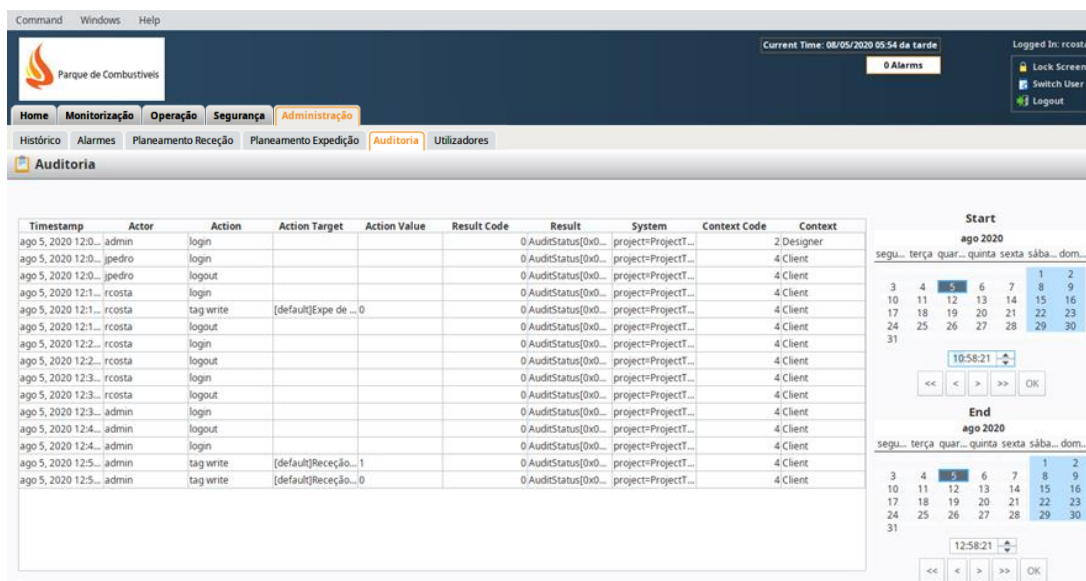


Figura 4.36 - Janela Auditoria na aplicação em *Vision*.

4.2.4.7 Configuração do Menu

Após todas as janelas desenvolvidas para tornar as aplicações de supervisão funcionais é necessário configurar o menu de navegação em ambas as aplicações. Na configuração do menu da aplicação em *Vision*, associaram-se as janelas ao menu já desenvolvido. No caso da aplicação em *Perspective* associou-se o URL de cada página ao menu também já desenvolvido. Deste modo, é assim permitida a navegação entre as diversas janelas, tanto na aplicação em *Vision* como na aplicação em *Perspective*.

No Anexo 6 e 7 podem ser consultadas todas as janelas que constituem tanto a aplicação em *Vision* como a aplicação em *Perspective*, respetivamente.

4.3 Fase 3 - Finalização do Projeto

No decorrer desta fase o projeto é otimizado, testado e protegido antes de estar pronto para utilização, de modo a garantir que o *software* SCADA funciona de acordo com a necessidade dos seus utilizadores. Esta fase, consiste em duas etapas cruciais para concluir o projeto. A primeira etapa é dedicada à segurança. Apesar deste assunto acompanhar o desenvolvimento do projeto desde a fase inicial, nesta etapa são configurados os diversos pontos de acesso de acordo com as necessidades dos utilizadores e testadas todas as configurações de segurança. Na segunda etapa são executados os diversos testes de modo a garantir o funcionamento de todo o projeto.

4.3.1 Etapa 1: Segurança

Garantir a segurança do projeto é uma etapa fundamental antes da sua conclusão. Caso a segurança não seja cuidadosamente configurada, existe o risco de alguém sem permissão acessar ao *software* SCADA, colocando em risco todo o parque de combustíveis [65].

A estratégia adotada para manter o *software* SCADA do parque de combustíveis seguro é manter o seu acesso restrito. Para tal, cada utilizador tem de possuir uma conta, onde para acessar às aplicações de supervisão necessita do seu nome de utilizador e palavra-passe. Recorrendo às funções do *Ignition*, no banco de dados foi criada uma tabela (visível no Anexo 3) onde são guardadas as informações de *login* dos utilizadores que têm permissão para acessar às aplicações de supervisão. Através da página *Gateway do Ignition* e da aplicação em *Vision* (Figura 4.34) é possível modificar essa tabela, atualizando, adicionando e eliminando utilizadores. Ao introduzir um utilizador este tem de ser associado a pelo menos uma das três funções de utilizadores já configuradas no *software* SCADA.

Nas aplicações de supervisão que compõem o *software* SCADA podem ser executadas diversas ações. No entanto, como já especificado, para a segurança do parque de combustíveis nem todos os utilizadores têm permissão para executar todas elas. Assim, limitaram-se as funções que os utilizadores podem desempenhar com base na sua função. Este método reduz as possibilidades de alguém inadvertidamente colocar em perigo as operações dentro do parque de combustíveis.

A configuração utilizada no decorrer do projeto do *software* SCADA é constituída por dois tipos de permissões: a permissão de leitura/gravação e a permissão somente de leitura. A permissão de leitura/gravação permite que o utilizador controle o parque de combustíveis, enquanto a permissão somente de leitura apenas permite que o utilizador, conheça o estado dos processos. Posto isto, para cada componente foram especificadas as permissões enumeradas de acordo com a função a que pertence o utilizador, como representado na Figura 4.37.

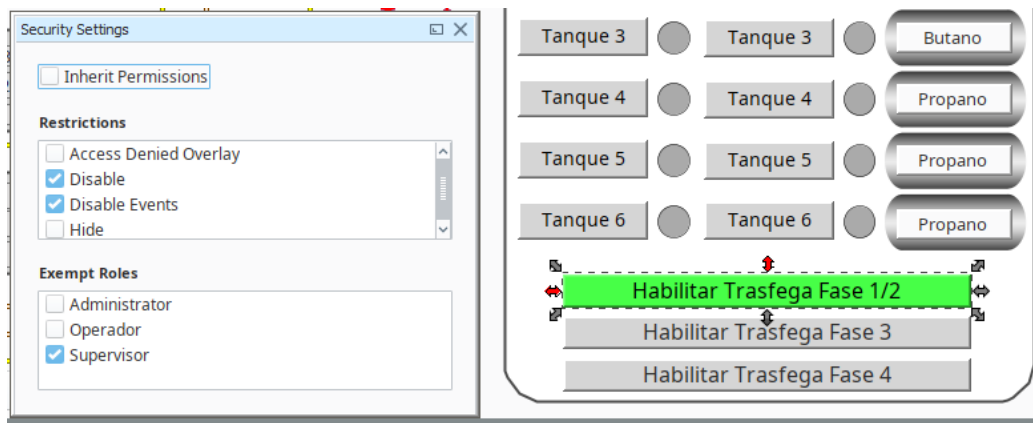


Figura 4.37 - Configuração de segurança.

Para cada função de utilizador foram limitadas as ações dentro das aplicações de supervisão do parque de combustíveis, de acordo com as regras pretendidas. Após os utilizadores configurados e divididos pelas funções de utilizadores é possível rastrear as ações realizadas por cada utilizador através do sistema de auditoria anteriormente configurado. O sistema de auditoria permite assim identificar a origem e a hora dos problemas de segurança que possam surgir.

Além de garantir a segurança no acesso às aplicações de supervisão que constituem o *software* SCADA projetado é essencial garantir a segurança entre todas as trocas de dados. Para tal, recorrendo às potencialidades do *Ignition* é possível após o projeto implementado ativar o protocolo de segurança *Secure Sockets Layer (SSL)/Transport Layer Security (TLS)*. Este protocolo fornece privacidade e integridade de dados entre duas ou mais partes que se comunicam por uma rede insegura como a *internet*. A tecnologia SSL/TLS ajuda a manter uma conexão de *internet* segura, protegendo todos os dados confidenciais compartilhados entre dois sistemas (por exemplo, entre um servidor e um cliente ou entre dois servidores). Desta forma são evitados os ciberataques que tentem ler ou modificar qualquer informação, transferindo dados usando algoritmos criptográficos. O uso do protocolo SSL/TLS permite que a comunicação entre o *Ignition Gateway* e o *software* SCADA via *internet* seja criptografada.

4.3.2 Etapa 2: Testes

O teste do projeto é uma forma para garantir o correto funcionamento deste. Nem todos os projetos são iguais. Dependendo do projeto, devem ser executados diversas verificações que permitam testar todas as suas funções [65]. Esta prática é recomendada pela norma ANSI/ISA-101.01-2015, fazendo parte do ciclo de vida HMI, onde é

explicitado que todas as HMIs devem ser testadas antes de entrarem em operação. No *software* SCADA desenvolvido para o parque de combustíveis foram aplicados os seguintes testes:

- Verificação de E/S

Uma verificação de E/S (entrada / saída) consiste em verificar todas as conexões entre os diversos componentes/elementos e as diversas *Tags* presentes no projeto. Com este teste pretende garantir-se que o apresentado nas aplicações de supervisão, exibidas através das HMIs, corresponde às informações localizadas nas diversas *Tags*, associadas ao parque de combustíveis. Neste teste foram percorridas todas as *Tags* e todos os constituintes das diversas janelas, de modo a garantir que todos estão bem configurados e apresentam a informação correta.

- Clique Teste

O clique teste consiste em verificar todos os *links* de navegação de todas as páginas, de todas as janelas *pop-up* e testar todos os botões presentes nas aplicações de supervisão. Com este teste foi possível verificar todas as ações possíveis de executar nas aplicações de supervisão, para garantir que estas não executam nenhuma ação não intencional.

- Teste de Alarmes e Notificações

O teste de alarme e notificações consiste em ativar os diversos alarmes, modificando o estado das *Tags* que lhe estão associados, e verificar se o alarme é reconhecido, se é exibido na tabela de *status* e se os utilizadores configurados são notificados.

- Teste do relatório

Este teste consiste em testar a criação e distribuição automática do relatório de alarmes por forma a garantir o correto funcionamento desta função.

- Teste de Auditoria

Este teste consiste em realizar diversas ações nas aplicações de supervisão e verificar se todas as ações realizadas são guardadas na tabela Auditoria.

- Verificação do *software* SCADA através de Simulação

Esta verificação consiste em criar um sistema SCADA virtual, para simular a funcionalidade do *software* SCADA desenvolvido. Este é considerado um dos testes mais relevantes que devem ser realizados ao *software* SCADA. Com este teste é possível aferir a funcionalidade das aplicações de supervisão a exibir nas HMIs, tal como recomendado na norma ANSI/ISA-101.01-2015. Para realizar este teste foi criado um sistema SCADA virtual, através da conexão de um PLC virtual ao servidor *Ignition*, onde está inserido o *software* SCADA desenvolvido, como representado na Figura 4.38. Nesta conformidade o *software* SCADA desenvolvido foi conectado com o programa *SIMATIC S7-PLCSIM* (PLCSIM) que simula o funcionamento do PLC SIMATIC S7-1200, CPU 1215C Dc/Dc/Rly.

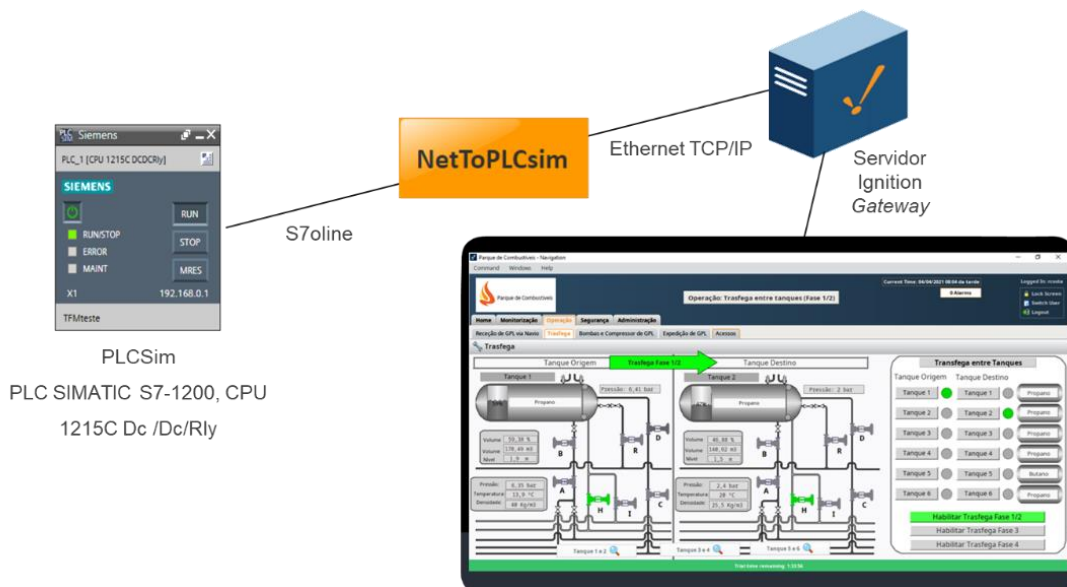


Figura 4.38 – Sistema SCADA virtual.

Recorrendo ao programa de automação Tia Portal da *Siemens*[®] foram criadas as *Tags* relativas às operações de “Trasfega” e “Receção de Combustível”. Em seguida estas funções foram programadas através da linguagem *Ladder Logic*, como representado na Figura 4.39, e posteriormente carregadas para o *software* PLCSIM.

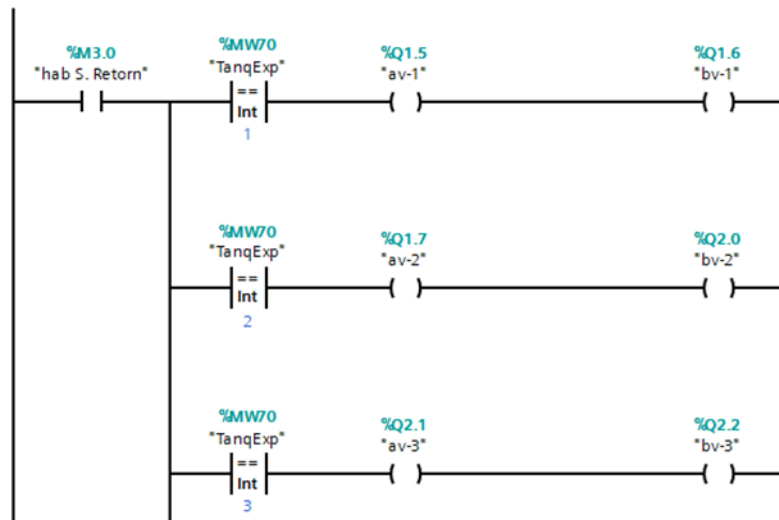


Figura 4.39 - Exemplo da programação da função “Expedição sem retorno” em *Ladder Logic*

A ligação entre o *software* PLCSIM e a plataforma de *software* Ignition foi realizada através do protocolo de comunicação *Ethernet TCP/IP*, recorrendo ao programa *NetToPLCSIM*. As informações entre os PLCSIM e o *Ignition* são transmitidas através do padrão tecnológico OPC UA. Após executada a ligação do PLCSIM ao *Ignition*, para tornar o *software* SCADA funcional basta associar as *Tags* do PLCSIM com as *Tags* presentes no *software* SCADA, como representado na Figura 4.40.

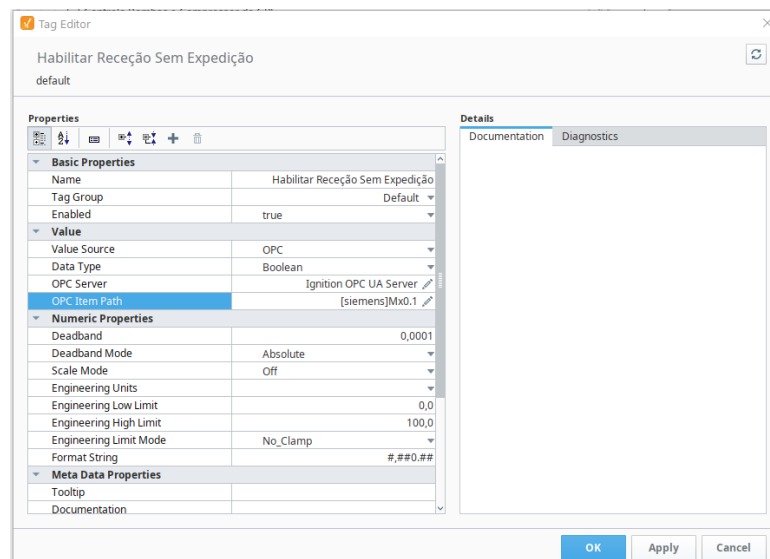


Figura 4.40 - Conexão das *Tags* do PLC às *Tags* do *software* Ignition

Na conexão das *Tags* do PLCSIM com as *Tags* do *software* SCADA é necessário especificar o servidor OPC UA e o OPC item *path*, que no caso dos PLCs da *Siemens*[®] é

composto pelo nome do PLC e pelo endereço da *Tag* associada ([siemens]Mx0.1). Neste caso, foi utilizado o servidor OPC UA padrão do *Ignition (Ignition OPC UA Server)*. Após executada a conexão das *Tags* do PLC com as *Tags* do *software SCADA*, a realização deste teste consiste em ativar as operações programadas (“Trasfega” e “Receção de Combustível”) através das aplicações de supervisão exibidas nas HMIs, verificando a resposta através do programa PLCSIM. Assim é possível garantir que quando a ligação entre o PLC real e o *software SCADA* for executada, as aplicações de supervisão executam todas as funções pretendidas.

4.4 Análise final do *software SCADA* desenvolvido

Através do *software SCADA* desenvolvido é possível supervisionar todas as operações existentes no parque de combustíveis. Este está inserido num servidor ligado constantemente à página *Gateway* do *Ignition* localizada na *internet*, proporcionando uma arquitetura em rede, onde toda a informação pode ser transmitida e acedida.

O *software SCADA* desenvolvido permite interligar todos os PLCs que controlam todos os processos, com todos os trabalhadores e com todos os equipamentos. Este tem a capacidade de se conectar com PLCs de diversas marcas, através dos protocolos MQTT e OPC UA, entre outros, possibilitando a comunicação mesmo quando os PLCs se encontrarem fisicamente afastados. Este *software*, suporta ainda a comunicação com todos os equipamentos que venham a ser instalados através do protocolo OPC UA. Para se conectar com os trabalhadores, o *software SCADA* pode ser acedido através das diversas tipologias de HMIs, como é o caso de monitores, computadores, *smartphones* e *tablets*, recorrendo à *internet* através do protocolo HTTP. O *software SCADA* desenvolvido também se conecta a bancos de dados localizados tanto em servidores como na nuvem. Neste caso, o *software* desenvolvido foi conectado ao banco de dados *MySQL*, localizado no mesmo servidor da plataforma de *software Ignition*.

A plataforma onde o *software SCADA* foi desenvolvido é baseada em módulos, sendo possível adicionar funcionalidades ao *software SCADA* à medida das necessidades da organização. Adicionalmente a modularidade da plataforma de *software Ignition*, permite que em caso de falha de uma funcionalidade, as restantes continuem ativas.

Em termos de supervisão, o *software SCADA* projetado dá a capacidade aos utilizadores de supervisionarem os processos, tanto no chão de fábrica a partir da

aplicação em *Vision*, como em qualquer lugar do mundo a partir da aplicação em *Perspective*, através de qualquer dispositivo com acesso à *internet*. As duas aplicações resultam na interligação dos processos com os trabalhadores em tempo real, promovendo uma constante troca de informação. As diversas janelas que compõem ambas as aplicações foram desenvolvidas com base no ciclo de vida HMI especificado na norma ANSI/ISA-101.01-2015. Este *software* permite ainda recolher e transmitir informações sobre o estado da produção, aceder a informações provenientes de outros sistemas organizacionais, gerar alertas e alarmes notificando os utilizadores, gerar relatórios automaticamente e registar todas as ações realizadas através das aplicações de supervisão.

A arquitetura atribuída a ambas as aplicações de supervisão que compõem o *software* SCADA permite que os operadores desempenhem essas tarefas de forma intuitiva. Estas contêm janelas dedicadas para cada processo, informando em todos os instantes as operações em curso assim como o número de alarmes ativos. As janelas destinadas à “Monitorização”, “Controlo” e “Segurança” do parque de combustíveis seguem o guia de estilo com base na norma ANSI/ISA-101.01-2015, facilitando a operação de todo o parque de combustíveis e a deteção de alarmes criando HMIs de alto desempenho. (Página intencionalmente em branco)

A estratégia de segurança adotada baseia-se em tornar o acesso ao *software* SCADA restrito. Deste modo, para aceder ao sistema referido é necessário uma conta de utilizador. Além disso, as permissões dentro do *software* SCADA são limitadas consoante a função dos utilizadores. Esta estratégia reduz as possibilidades de alguém inadvertidamente colocar em perigo as operações dentro do parque de combustíveis. Todas as ações realizadas pelos utilizadores no *software* SCADA são ainda armazenadas através de processos de auditoria, reforçando assim a segurança deste sistema. Para garantir a segurança nas diversas trocas de dados através da *internet* com o *software* desenvolvido é ainda possível habilitar o protocolo de segurança SSL/TLS, que criptografa todos os dados. Através dos diversos testes realizados ao *software* SCADA verificou-se que todas as funções enumeradas funcionam corretamente.

5 Conclusões

5.1 Trabalho Final

O presente Trabalho Final de Mestrado foi dirigido para o desenvolvimento de um *software* SCADA, com o objetivo de identificar as principais características deste tipo de *software*, o seu modo de operação e a interação com os diversos conceitos da Indústria 4.0. Para alcançar este objetivo foi desenvolvido um *software* SCADA, baseado num processo real, recorrendo à plataforma de *software* Ignition fornecida pela *Inductive Automation*[®]. O *software* SCADA desenvolvido destina-se à supervisão das operações de uma instalação de receção, armazenamento e expedição de combustível, fundamentada numa instalação real. Este *software* está inserido no *Ignition Gateway*, que por sua vez é integrado num servidor que se encontra permanentemente ligado à *internet*, proporcionando desta forma, integrar uma arquitetura em rede baseada na IIoT.

O *software* SCADA desenvolvido permite a conexão com as diversas marcas de PLCs existentes. Este facto torna o *software* desenvolvido universal, uma vez que a sua utilização não está limitada a uma marca de dispositivos. Além disso, o *software* SCADA através dos protocolos OPC UA e MQTT permite a conexão com PLCs, através da *internet*, mesmo quando estes se encontram fisicamente afastados do servidor. Devido às características apresentadas são assim solucionados os possíveis problemas de conexão com os PLCs. Adicionalmente, o *software* desenvolvido também permite a comunicação com os diversos equipamentos existentes nas organizações, para além dos PLCs, através do protocolo OPC UA. Devido à ampla gama de dispositivos a que o *software* SCADA se permite conectar e aos diversos protocolos de comunicação suportados, é proporcionada a comunicação M2M. Isto possibilita que os equipamentos comuniquem entre si através do *software* SCADA, oferecendo maiores níveis de automação nas organizações.

O *software* desenvolvido permite interligar-se com os diversos bancos de dados, localizados tanto na nuvem como em servidores. A ligação do *software* SCADA com o banco de dados possibilita-lhe trabalhar e armazenar grandes quantidades de dados, disponibilizando-os, para que *software* de BDA possam utilizá-los para efetuarem análises, extraindo informações que permitam a melhoria dos processos. Deste modo, este

software permite solucionar os problemas associados ao BD, tornando os dados numa vantagem competitiva para as organizações, correspondendo com a computação em nuvem.

Através da interligação com a IIoT e da interligação com o banco de dados, conclui-se que o *software* SCADA permite integrar a cadeia de informação de toda a organização, possibilitando a comunicação com os diversos sistemas organizacionais.

Em termos de supervisão, o *software* SCADA desenvolvido satisfaz os diversos requisitos impostos. Este *software* interliga os operadores com os processos do parque de combustíveis, tanto no chão de fábrica, como em qualquer lugar do mundo, possibilitando que as aplicações de supervisão desenvolvidas possam ser acedidas em qualquer dispositivo HMI com acesso à *internet*. Deste modo, o *software* SCADA projetado, soluciona os problemas associados à mobilidade dos operadores. Uma vez que as aplicações a exibir nas HMIs foram construídas seguindo as recomendações da norma ANSI/ISA-101.01-2015, estas garantem a eficiência dos trabalhadores, através das diversas janelas projetadas que transmitem toda a informação essencial de uma forma clara e precisa, garantindo a comunicação de situações anormais.

A estratégia de segurança adotada evita o controlo das operações por utilizadores não autorizados e, adicionalmente, proporciona uma barreira contra possíveis ciberataques, garantindo a segurança na comunicação dos dados pela *internet* através do protocolo de segurança SSL/TLS.

Devido às funções integradas o *software* SCADA permite conectar os processos com os trabalhadores, tendo a capacidade de integrar um CPS baseado na IIoT, onde a informação é a base de todos os processos, recorrendo ao IVL para criar valor através dos dados recolhidos.

Este trabalho, demonstra assim, as novas funções do *software* SCADA, nomeadamente as novas capacidades ajustadas à revolução industrial em curso. Assim é possível concluir que os objetivos inicialmente traçados foram alcançados. A importância do *software* SCADA na Indústria 4.0 foi demonstrada, sobretudo no que toca às novas capacidades que estes sistemas têm vindo a adquirir com esta nova revolução industrial. Conclui-se assim, que a adoção de um *software* SCADA interligado com as possibilidades introduzidas pela Indústria 4.0 é um dos passos estratégicos para

materializar a fábrica inteligente do futuro, promovendo a comunicação e a interligação entre toda a organização.

Conclui-se ainda que a plataforma de *software* SCADA *Ignition* é indicada para implementar um sistema SCADA para o novo paradigma da Indústria 4.0, uma vez que esta possibilita o fácil desenvolvimento de *software* SCADA, oferecendo serviços de *internet* de raiz.

Deste Trabalho Final de Mestrado resultou uma publicação no 12º Congresso Nacional de Mecânica Experimental de título “Projeto de Supervisão para o Novo Paradigma da Indústria 4.0” [70].

5.2 Trabalho Futuro

Para todo o *software* SCADA e janelas de supervisão que os constituem devem ser adotados processos de melhoria contínua, logo para o projeto desenvolvido não deve ser diferente. Deste modo, o próximo passo no desenvolvimento deste trabalho deve passar por ativar/implementar todas as funções do *software* SCADA num sistema SCADA virtual, construindo um gémeo digital (*digital twin*) do parque de combustíveis, por forma a fazer o comissionamento virtual do projeto e encontrar/resolver problemas de funcionamento que ainda possam vir a ocorrer, apesar de todo o projeto já ter sido testado parcialmente.

Uma vez que um *software* SCADA é dedicado para os seus utilizadores, o gémeo digital deverá ser testado também pelos operadores do parque de combustíveis, por forma a recolher o seu *feedback* e introduzir as mudanças necessárias. Através do gémeo digital, será assim possível realizar o treino dos utilizadores, introduzindo processos de melhoria contínua, indo de encontro à norma ANSI/ISA-101.01-2015. A criação de um gémeo digital permitirá testar todas as funcionalidades do *software* SCADA desenvolvido, demonstrando todas as vantagens proporcionadas pela Indústria 4.0 e transmitindo a sua importância aos seus utilizadores.

Como a segurança é um aspeto crítico num *software* SCADA, é fundamental ser realizada uma análise de vulnerabilidades por forma a garantir mais uma vez a adequação das medidas de segurança utilizadas.

Por último, devido ao facto do *software* SCADA apresentado ter sido desenvolvido com base numa instalação real, este pode vir a ser instalado nas instalações do parque de combustíveis, introduzindo um novo sistema SCADA, para ajudar a atingir o conceito de fábrica inteligente.

Referências

- [1] Bernard Marr, “What is Industry 4.0? Here’s A Super Easy Explanation For Anyone,” *Forbes*, pp. 4–7, 2018.
- [2] R. Rao, “Evolution of Industrial Revolution 4.0 - techutzpah,” 2019. [Online]. Available: <https://techutzpah.com/evolution-of-industrial-revolution-4-0/>. [Accessed: 23-Sep-2019].
- [3] A. C. Pereira and F. Romero, “A review of the meanings and the implications of the Industry 4.0 concept,” *Procedia Manufacturing*, vol. 13, pp. 1206–1214, 2017.
- [4] J. Sheth, “The Industrial Revolution – From Industry 1.0 to Industry 5.0!,” *Supply Chain Game Changer*, 2019. [Online]. Available: <https://www.seekmomentum.com/blog/manufacturing/the-evolution-of-industry-from-1-to-4>. [Accessed: 14-Oct-2019].
- [5] A. Uriarte, A. H. C. Ng, and M. Moris, “Supporting the lean journey with simulation and optimization in the context of Industry 4.0,” *Procedia Manufacturing*, vol. 25, pp. 586–593, 2018.
- [6] S. Vaidya, P. Ambad, and S. Bhosle, “Industry 4.0 - A Glimpse,” *Procedia Manufacturing*, vol. 20, pp. 233–238, 2018.
- [7] M. Cotteleer and B. Sniderman, “Industry 4.0 overview | Deloitte Insights,” 2017. [Online]. Available: <https://www2.deloitte.com/us/en/insights/focus/industry-4-0/overview.html>. [Accessed: 15-Sep-2019].
- [8] P. K. Muhuri, A. K. Shukla, and A. Abraham, “Industry 4.0: A bibliometric analysis and detailed overview,” *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, vol. 78, no. December 2018, pp. 218–235, 2019.
- [9] “What is Industry 4.0? The Nine Pillars of Industry 4.0 | Circuit Digest,” *4 October*, 2019. [Online]. Available: <https://circuitdigest.com/article/what-is-industry-4-and-its-nine-technology-pillars>. [Accessed: 06-Nov-2019].
- [10] V. D. Si. Mata *et al.*, “Indústria 4.0: a Revolução 4.0 e o Impacto na Mão de Obra,” *Revista de Ciências Exatas e Tecnologia*, vol. 13, no. 13, p. 17, 2018.
- [11] “A Internet das Coisas (IoT – Internet of Things)» Centro Nacional de

- Cibersegurança,” *Centro Nacional de Cibersegurança - Portugal*, 2010. [Online]. Available: <https://www.cncs.gov.pt/a-internet-das-coisas-iiot-internet-of-things/>. [Accessed: 19-Nov-2019].
- [12] F. Zezulka, P. Marcon, Z. Bradac, J. Arm, T. Benesl, and I. Vesely, “Communication Systems for Industry 4.0 and the IIoT,” *IFAC-PapersOnLine*, vol. 51, no. 6, pp. 150–155, 2018.
- [13] Inductive Automation, “What is IIoT? | Inductive Automation,” 2018. [Online]. Available: <https://inductiveautomation.com/resources/article/what-is-iiot>. [Accessed: 06-Jan-2020].
- [14] B. Sniderman, M. Monika, and M. J. Cotteleer, “Industry 4.0 and manufacturing ecosystems,” *Deloitte University Press*, pp. 1–23, 2016.
- [15] “Cyber-Physical Systems (CPS) & Internet of Things (IoT) - INESC TEC.” [Online]. Available: <https://www.inesctec.pt/en/technologies/cyber-physical-systems-cps-internet-of-things-iiot#intro>. [Accessed: 11-Nov-2019].
- [16] A. Parrott and L. Warshaw, “Industry 4.0 and the digital twin,” *Deloitte University Press*, pp. 1–17, 2017.
- [17] L. Monostori *et al.*, “Cyber-physical systems in manufacturing,” *CIRP Annals*, vol. 65, no. 2, pp. 621–641, 2016.
- [18] X. Fei *et al.*, “CPS data streams analytics based on machine learning for Cloud and Fog Computing: A survey,” *Future Generation Computer Systems*, vol. 90, pp. 435–450, 2019.
- [19] “Sistemas Ciber-Físicos: O Fio que Une Toda a IIoT | HBM.” [Online]. Available: <https://www.hbm.com/pt/6267/sistemas-ciber-fisicos-o-fio-que-une-toda-a-iiot/>. [Accessed: 10-Nov-2019].
- [20] A. Zanni, “Sistemas cyber-físicos e cidades inteligentes,” 2015. [Online]. Available: <https://www.ibm.com/developerworks/br/library/ba-cyber-physical-systems-and-smart-cities-iiot/index.html>. [Accessed: 06-Jan-2020].
- [21] M. H. ur Rehman, I. Yaqoob, K. Salah, M. Imran, P. P. Jayaraman, and C. Perera, “The role of big data analytics in industrial Internet of Things,” *Future Generation Computer Systems*, vol. 99, pp. 247–259, 2019.

- [22] A. Belhadi, K. Zkik, A. Cherrafi, S. M. Yusof, and S. El fezazi, "Understanding Big Data Analytics for Manufacturing Processes: Insights from Literature Review and Multiple Case Studies," *Computers and Industrial Engineering*, vol. 137, no. July, p. 106099, 2019.
- [23] "Big Data Analytics: O que é e qual sua importância?," *SAS Institute Inc.*, 2019. [Online]. Available: https://www.sas.com/pt_br/insights/analytics/big-data-analytics.html. [Accessed: 15-Nov-2019].
- [24] R. Alguliyev, Y. Imamverdiyev, and L. Sukhostat, "Cyber-physical systems and their security issues," *Computers in Industry*, vol. 100, no. April, pp. 212–223, 2018.
- [25] M. Lezzi, M. Lazoi, and A. Corallo, "Cybersecurity for Industry 4.0 in the current literature: A reference framework," *Computers in Industry*, vol. 103, pp. 97–110, 2018.
- [26] "What Is Cybersecurity? - Cisco," *Cisco*, 2020. [Online]. Available: <https://www.cisco.com/c/en/us/products/security/what-is-cybersecurity.html>. [Accessed: 27-Nov-2019].
- [27] G. Settanni, F. Skopik, M. Wurzenberger, and R. Fiedler, "Countering targeted cyber-physical attacks using anomaly detection in self-adaptive Industry 4.0 Systems," *Elektrotechnik und Informationstechnik*, vol. 135, no. 3, pp. 278–285, 2018.
- [28] O. A. Amodu and M. Othman, "Machine-to-Machine Communication: An Overview of Opportunities," *Computer Networks*, vol. 145, pp. 255–276, 2018.
- [29] B. Burke, R., Mussomeli, A., Laaper, S., Hartigan, M., & Sniderman, "The smart factory," *The smart factory Responsive, adaptive, connected manufacturing*, 2017.
- [30] E. Rauch, C. Linder, and P. Dallasega, "Anthropocentric perspective of production before and within Industry 4.0," *Computers and Industrial Engineering*, no. xxxx, p. 105644, 2019.
- [31] R. Pars, "What is the Automation Pyramid?," 2020. [Online]. Available: <https://www.blueandpgroup.com/automation-blog/automation-pyramid/>. [Accessed: 29-Nov-2019].

- [32] S. Y. Nof, "Automation: What It Means to Us Around the World," in *Springer Handbook of Automation*, S. Y. Nof, Ed. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2009, pp. 13–52.
- [33] V. Muthukrishnan, "SCADA: What is it? (Supervisory Control and Data Acquisition) | Electrical4U," 2019. [Online]. Available: <https://www.electrical4u.com/scada-system/>. [Accessed: 12-Aug-2020].
- [34] D. Upadhyay and S. Sampalli, "SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) Systems: Vulnerability Assessment and Security Recommendations," *Computers & Security*, vol. 89, p. 101666, 2019.
- [35] Q. Qassim *et al.*, "A Survey of SCADA Testbed Implementation Approaches," *Indian Journal of Science and Technology*, vol. 10, no. 26, pp. 1–8, 2017.
- [36] A. Ujvarosi, "Evolution of SCADA Systems," *Bulletin of the Transilvania University of Braşov*, vol. 9, no. 58, pp. 63--68, 2016.
- [37] G. Yadav and K. Paul, "Architecture and Security of SCADA Systems: A Review," *International Journal of Critical Infrastructure Protection*, vol. 34, Jan. 2020.
- [38] A. R. Panda, D. Mishra, and H. K. Ratha, "Implementation of SCADA/HMI system for real-time controlling and performance monitoring of SDR based flight termination system," *Journal of Industrial Information Integration*, vol. 3, pp. 20–30, 2016.
- [39] "What is SCADA? Supervisory Control and Data Acquisition," 2018. [Online]. Available: <https://inductiveautomation.com/resources/article/what-is-scada>. [Accessed: 14-Dec-2019].
- [40] R. Craig, "Ignition Technology Offers Potential to Disrupt HMI/SCADA Market | Inductive Automation," 2014. [Online]. Available: <https://www.inductiveautomation.com/resources/article/technology-offers-potential-to-disrupt-hmi-scada-market>. [Accessed: 20-Sep-2020].
- [41] F. Longo, L. Nicoletti, and A. Padovano, "Smart operators in industry 4.0: A human-centered approach to enhance operators' capabilities and competencies within the new smart factory context," *Computers and Industrial Engineering*, vol.

- 113, pp. 144–159, 2017.
- [42] D. Bhamare, M. Zolanvari, A. Erbad, R. Jain, K. Khan, and N. Meskin, “Cybersecurity for industrial control systems: A survey,” *Computers & Security*, vol. 89, p. 101677, 2020.
- [43] “HMI/SCADA software in the age of Industrial IoT and Industry 4.0.” [Online]. Available: <https://www.i-scoop.eu/industry-4-0/hmi-scada-software/>. [Accessed: 15-Dec-2019].
- [44] “What is HMI? | Inductive Automation,” 2018. [Online]. Available: <https://www.inductiveautomation.com/resources/article/what-is-hmi#>. [Accessed: 15-Dec-2019].
- [45] J. Cruz-Benito, F. J. García-Peñalvo, and R. Therón, “Analyzing the software architectures supporting HCI/HMI processes through a systematic review of the literature,” *Telematics and Informatics*, vol. 38, no. September 2018, pp. 118–132, 2019.
- [46] W. Liu, C. Kong, Q. Niu, J. Jiang, and X. Zhou, “A method of NC machine tools intelligent monitoring system in smart factories,” *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, vol. 61, no. April 2018, p. 101842, 2020.
- [47] ISA, “Introdução à Norma ISA-101: Interfaces Homem-Máquina,” 2016. [Online]. Available: <http://isasp.org.br/wp-content/uploads/2020/01/ISA-101-III-Simpósio-ISA-São-Paulo-Sabesp-Nov2016.pdf>. [Accessed: 23-Mar-2021].
- [48] L. O’BRIEN, “ISA-101 Standard addresses the HMI Lifecycle,” 2015. [Online]. Available: <https://www.arcweb.com/blog/isa-101-standard-addresses-hmi-lifecycle>. [Accessed: 25-May-2020].
- [49] R. Matias, “Monitorização via internet de processos industriais controlados com autómatos programáveis,” MSc. Dissertation, ADEM, ISEL, Lisboa, PT, 2014.
- [50] Í. Neto, “Diagnóstico de falhas via internet de processos industriais controlados com autómatos programáveis,” MSc. Dissertation, ADEM, ISEL, Lisboa, PT, 2016.
- [51] M. Francisco, “Projeto de Sistema Electropneumático para o Ensino de Conceitos da Indústria 4.0,” MSc. Dissertation, ADEM, ISEL, Lisboa, PT, 2018.

- [52] A. Pacheco, “A small-scale educational workbench for Industry 4.0,” MSc. Dissertation, DEM, IFT, Lisboa, PT, 2019.
- [53] I. Morsi and L. M. El-Din, “SCADA system for oil refinery control,” *Measurement: Journal of the International Measurement Confederation*, vol. 47, no. 1, pp. 5–13, 2014.
- [54] I. Atmane *et al.*, “System of control and supervision of the solar distiller to install in Douar Al Hamri of the rural district of Boughriba (Province of Berkane),” *Materials Today: Proceedings*, vol. 13, pp. 587–596, 2019.
- [55] “5 Reasons Ignition is More Than Just SCADA Software | Inductive Automation.” [Online]. Available: <https://inductiveautomation.com/resources/article/more-than-just-scada-software>. [Accessed: 15-Jul-2020].
- [56] “Introducing Ignition - Ignition User Manual 8.0 - Ignition Documentation.” [Online]. Available: <https://inductiveautomation.com/resources/article/the-new-scada-movement>. [Accessed: 15-Jul-2020].
- [57] Inductive Automation, “The New SCADA Movement That Is Changing Manufacturing | Inductive Automation.” [Online]. Available: <https://inductiveautomation.com/resources/article/the-new-scada-movement>. [Accessed: 15-Jul-2020].
- [58] “What is Ignition - Introducing Ignition.” [Online]. Available: <https://www.inductiveuniversity.com/videos/what-is-ignition/8.0>. [Accessed: 15-Jul-2020].
- [59] “Founder’s Message | Inductive Automation.” [Online]. Available: <https://inductiveautomation.com/about/founders-message>. [Accessed: 15-Jul-2020].
- [60] “6 Ways to Sell Ignition Instantly | Inductive Automation.” [Online]. Available: <https://inductiveautomation.com/resources/article/6-ways-to-sell-ignition-instantly>. [Accessed: 15-Jul-2020].
- [61] “Ignition Modules - Ignition User Manual 8.0 - Ignition Documentation.” [Online]. Available: <https://docs.inductiveautomation.com/display/DOC80/Ignition+Modules>.

- [Accessed: 16-Jul-2020].
- [62] “Four Ways Ignition SCADA Speeds Development | Inductive Automation.” [Online]. Available: <https://inductiveautomation.com/resources/article/four-ways-ignition-scada-speeds-development>. [Accessed: 15-Jul-2020].
- [63] I. Automation, “Design Like a Pro Boost Your Skills in HMI / SCADA Project Development Part 3: Designing HMI / SCADA Projects That Deliver Results,” 2011.
- [64] I. Automation, “Design Like a Pro Boost Your Skills in HMI / SCADA Project Development Part 2: Developing Dynamic HMI / SCADA Projects with Speed and Precision,” 2011.
- [65] I. Automation, “Design Like a Pro Boost Your Skills in HMI / SCADA Project Development Part 3: Designing HMI / SCADA Projects That Deliver Results,” 2011.
- [66] “Standard Architecture - Ignition User Manual 8.0 - Ignition Documentation,” 2019. [Online]. Available: <https://docs.inductiveautomation.com/display/DOC81/Standard+Architecture>. [Accessed: 10-Mar-2020].
- [67] “Perspective - Ignition User Manual 8.0 - Ignition Documentation.” [Online]. Available: <https://docs.inductiveautomation.com/display/DOC80/Perspective>. [Accessed: 15-Jul-2020].
- [68] “Security - Ignition User Manual 8.0 - Ignition Documentation.” [Online]. Available: <https://docs.inductiveautomation.com/display/DOC81/Security>. [Accessed: 13-Jun-2021].
- [69] Inductive automation, “Ignition Vision Module | Real-Time & Historical Data on HMIs,” 2019. [Online]. Available: <https://inductiveautomation.com/ignition/modules/vision>. [Accessed: 05-May-2021].
- [70] L. Vicente and M. J. G. C. Mendes, “PROJETO DE SISTEMA SCADA PARA O NOVO PARADIGMA DA INDÚSTRIA 4.0,” in *12º Congresso de Mecânica Experimental*, 2021.

- [71] “Vision - Ignition User Manual 8.0 - Ignition Documentation.” [Online]. Available: <https://docs.inductiveautomation.com/display/DOC80/Vision>. [Accessed: 10-Sep-2020].
- [72] “Perspective - Ignition User Manual 8.0 - Ignition Documentation.” [Online]. Available: <https://docs.inductiveautomation.com/display/DOC80/Perspective>. [Accessed: 10-Sep-2020].
- [73] “Ignition SQL Bridge Module | Powerful Transaction Management Software.” [Online]. Available: <https://inductiveautomation.com/ignition/modules/sql-bridge>. [Accessed: 10-Sep-2020].
- [74] “Ignition Alarm Notification Module | Send and Manage Industrial Alarms.” [Online]. Available: <https://inductiveautomation.com/ignition/modules/alarm-notification>. [Accessed: 10-Sep-2020].
- [75] “Ignition Reporting Module | Share Dynamic Reports in PDF, CSV & More.” [Online]. Available: <https://inductiveautomation.com/ignition/modules/reporting>. [Accessed: 10-Sep-2020].
- [76] “Ignition Tag Historian Module | Turn Any SQL DB into a Data Historian.” [Online]. Available: <https://inductiveautomation.com/ignition/modules/tag-historian>. [Accessed: 10-Sep-2020].
- [77] “Ignition OPC UA Module | Add OPC UA Server and Client Functionality.” [Online]. Available: <https://inductiveautomation.com/ignition/modules/ignition-opc-ua>. [Accessed: 10-Sep-2020].

Anexos

(Página intencionalmente em branco)

Anexo 1 – Módulos Instalados no *Ignition Gateway*

- Módulo *Vision*

O módulo *Vision* é dedicado ao controlo do processo a partir do chão de fábrica ou de salas de controlo. Este módulo permite criar e manter interfaces interativas e precisas para a supervisão de qualquer processo [71].

- Módulo *Perspective*

O módulo *Perspective* é um sistema de visualização e controlo de aplicações industriais, otimizado especificamente para dispositivos móveis. Este módulo permite ter o poder do chão de fábrica na palma da mão, criando aplicações industriais disponíveis em qualquer navegador de *internet*, desenvolvido para o projeto de aplicações em HTML [72].

- Módulo *SQL Bridge*

O módulo *SQL Bridge* permite criar grupos de transações que sincronizam os dados entre os PLCs e os bancos de dados. Este módulo pode ser usado para mover dados do PLC para o banco de dados e vice-versa, ou até mesmo mantê-los sincronizados [73].

- Módulo *Alarm Notification*

O módulo *Alarm Notification* permite enviar uma mensagem a um grupo de usuários quando um alarme é ativado. Com este módulo é possível notificar grupos de usuários através de *e-mail*, de SMS e de chamadas de voz [74].

- Módulo *Reports*

O módulo *Reports* permite a criação de relatórios profissionais através de uma rica biblioteca de ferramentas, incluindo imagens, gráficos, tabelas e ferramentas básicas de forma. Este módulo permite criar relatórios personalizados ou gerá-los com base em programação, tendo assim a capacidade de criar relatórios dinâmicos. Com este módulo é assim possível agendar relatórios, criando-os automaticamente. Os relatórios desenvolvidos podem ser facilmente impressos ou exportados para uma variedade de formatos [75].

- Módulo *Tag Historian*

O módulo *Tag Historian* permite transformar um banco de dados SQL num histórico de *Tags* de séries temporais. Após o histórico das *Tags* configurado através deste módulo os dados ficam disponíveis para consulta através de scripts, ligações históricas e relatórios [76].

- Módulo OPC UA

O módulo OPC UA foi desenvolvido com o objetivo de conectar dados de qualquer dispositivo PLC com o *Ignition*. Este módulo permite que o *Ignition* atue como servidor, fornecendo os dados coletados no PLC, para os seus módulos internos ou para clientes OPC UA de terceiros [77].

Anexo 2 – Lista de *Tags*

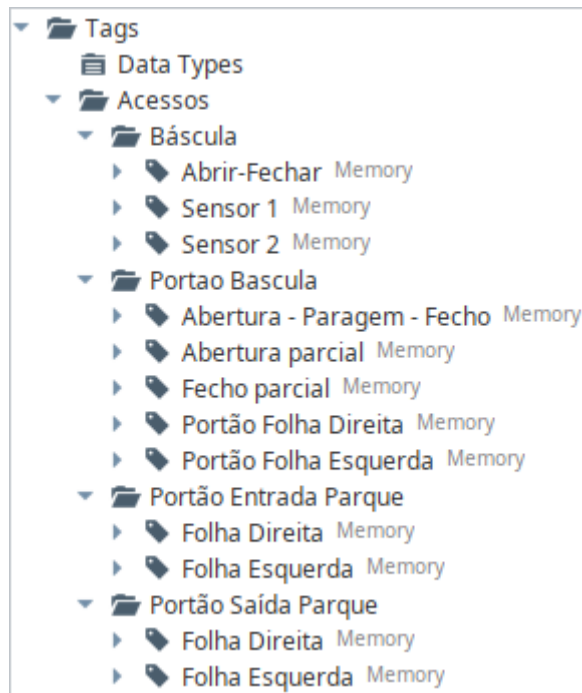


Figura A2.1 - *Tags* Acessos

- AR Comprimido
 - Compressor 1
 - Alarme Geral Memory
 - Alarme Paragem Geral Memory
 - Automático Memory
 - Em carga Memory
 - Em funcionamento Memory
 - Em serviço Memory
 - Em serviço geral Memory
 - Falha arranque geral Memory
 - Fora de Serviço Memory
 - Local Memory
 - Manual Memory
 - Parado Memory
 - Paragem Emergência Memory
 - Paragem geral Memory
 - Pressão Memory
 - Remoto Memory
 - Temperatura Memory
 - AI-07313 Memory
 - AI-07314 Memory
 - HS-07003A Memory
 - HV-07011 Memory
 - PI-07309 Memory
 - PI-07310 Memory
 - PIA - 07010 Memory
 - TI-07311 Memory
 - TI-07312 Memory
- Compressor 2
 - Alarme Geral Memory
 - Alarme Paragem Geral Memory
 - Automático Memory
 - Em carga Memory
 - Em funcionamento Memory
 - Em serviço Memory
 - Em serviço geral Memory
 - Falha arranque geral Memory
 - Fora de Serviço Memory
 - Local Memory
 - Manual Memory
 - Parado Memory
 - Paragem Emergência Memory
 - Paragem geral Memory
 - Pressão Memory
 - Remoto Memory
 - Temperatura Memory

Figura A2.2 - Tags Ar Comprimido

- ▼ **Bombas e Compressor de GPL**
 - ▼ **Bomba de Butano - P-30**
 - ▼ **Parâmetros**
 - ▶ FSL-03013 Memory
 - ▶ LAHH-03031 Memory
 - ▶ LALL-03021 Memory
 - ▶ M-03003-Encravamento Memory
 - ▶ M-03003-Falha Memory
 - ▶ M-03003-Ready Memory
 - ▶ M-03003-Reset Memory
 - ▶ M-03003-Start Memory
 - ▶ M-03003-Stop Memory
 - ▼ **Bomba de Propano - P-31**
 - ▼ **Parâmetros**
 - ▶ FSL-03012 Memory
 - ▶ LALL-03021 Memory
 - ▶ M-3002-Reset Memory
 - ▶ M-03002-Encravamento Memory
 - ▶ M-03002-Falha Memory
 - ▶ M-03002-Ready Memory
 - ▶ M-03002-Reset Memory
 - ▶ M-03002-Start Memory
 - ▶ M-03002-Stop Memory
 - ▼ **Compressor de GPL k01**
 - ▼ **Parametros**
 - ▶ PI-03005 Memory
 - ▶ Pi-03007 Memory
 - ▶ PI-03012 Memory
 - ▶ TI-03011 Memory
 - ▶ M-3001-Encravamento Memory
 - ▶ M-3001-Ready Memory
 - ▶ M-3001-Start Memory
 - ▶ M-03001-Falha Memory
 - ▶ M-03001-Reset Memory
 - ▶ M-03001-Stop Memory
 - ▶ LIA-03002 Memory
 - ▶ LIA-03018 Memory

Figura A2.3 - Tags Bombas e Compressor de GPL

- ▼ Energia
 - ▼ Bomba SI 1
 - ▶ Bomba SI 1 Aberto Memory
 - ▶ Bomba SI 1 Fechado Memory
 - ▼ Bomba SI 2
 - ▶ Bomba SI 2 Aberto Memory
 - ▶ Bomba SI 2 Fechado Memory
 - ▼ Bomba SI 3 (Reserva)
 - ▶ Bomba SI 3 Aberto Memory
 - ▶ Bomba SI 3 Fechado Memory
 - ▼ Disjuntor Geral
 - ▶ Disjuntor Geral Aberto Memory
 - ▶ Disjuntor Geral Fechado Memory
 - ▼ Gerador
 - ▼ Grupo 1
 - ▶ Automático: Memory
 - ▶ Bloqueado: Memory
 - ▶ Ligado Memory
 - ▶ Manual: Memory
 - ▶ Mudança de parâmetros: Memory
 - ▶ Teste: Memory
 - ▼ Grupo 2
 - ▶ Nivel de combustível: Memory
 - ▶ Número de arranques: Memory
 - ▶ Temperatura da água: Memory
 - ▶ Tentativas de arranques: Memory
 - ▼ Grupo 3
 - ▶ 1 - Tensão fase-neuto R: Memory
 - ▶ 2 - Tensão fase-neuto S: Memory
 - ▶ 3 - Tensão fase-neuto T: Memory
 - ▶ 4 - Tensão fase-fase entre R e S: Memory
 - ▶ 5 - Tensão fase-fase entre S e T: Memory
 - ▶ 6 - Tensão fase-fase entre R e T: Memory
 - ▶ 7 - Corrente fase-neuto R: Memory
 - ▶ 8 - Corrente fase-neuto S: Memory
 - ▶ 9 - Corrente fase-neuto T: Memory
 - ▶ 10 - Potência aparente R: Memory
 - ▶ 11 - Potência aparente S: Memory
 - ▶ 12 - Potência aparente T: Memory
 - ▼ Grupo 4
 - ▶ 1 - Potência activa R: Memory
 - ▶ 2 - Potência activa S: Memory
 - ▶ 3 - Potência activa T: Memory
 - ▶ 4 - Potência Reactiva R: Memory
 - ▶ 5 - Potência Reactiva S: Memory
 - ▶ 6 - Potência Reactiva T: Memory
 - ▶ 7 - Frequência: Memory
 - ▶ 8 - Factor de potência R: Memory
 - ▶ 9 - Factor de potência S: Memory
 - ▶ 10 - Factor de potência T: Memory
 - ▶ 11 - Tensão máxima: Memory
 - ▶ 12 - Corrente máxima: Memory
 - ▼ Grupo 5
 - ▶ 1 - Tensão Principal fase-fase entre R e S: Memory
 - ▶ 2 - Tensão Principal fase-fase entre S e T: Memory
 - ▶ 3 - Tensão Principal fase-fase entre R e T: Memory
 - ▶ 4 - Frequência Principal Memory

Figura A2.4 - Tags Energia

- ▼ Expe de GPL
 - ▶ Expedição com Recepção Navio Memory
 - ▶ Habilitar com Retorno Memory
 - ▶ Habilitar sem Retorno Memory
 - ▶ Tanque expe Memory
 - ▶ Tanque-Braço Butano Memory
 - ▶ Tanque-Braço Propano Memory

Figura A2.5 - Tags Expedição de GPL

- ▼ Fire e Gas
 - ▶ DV - 10021 Memory
 - ▶ DV - 10022 Memory
 - ▶ DV - 10023 Memory
 - ▶ DV - 10024 Memory
 - ▶ DV - 10025 Memory
 - ▶ DV - 10026 Memory
 - ▶ DV - 10027 Memory
 - ▶ HS-01012 Memory
 - ▶ HS-02088 Memory
 - ▶ HS-04016 Memory
 - ▶ HS-07003B Memory
 - ▶ LAH-05001 Memory
 - ▶ MCP - 10050 Memory
 - ▶ MCP - 10051 Memory
 - ▶ MCP - 10052 Memory
 - ▶ MCP - 10053 Memory
 - ▶ MCP - 10054 Memory
 - ▶ MCP - 10055 Memory
 - ▶ MCP - 10056 Memory
 - ▶ MCP - 10057 Memory
 - ▶ PSH - DV - 10021 Memory
 - ▶ PSH - DV - 10022 Memory
 - ▶ PSH - DV - 10023 Memory
 - ▶ PSH - DV - 10024 Memory
 - ▶ PSH - DV - 10025 Memory
 - ▶ PSH - DV - 10026 Memory
 - ▶ PSH - DV - 10027 Memory
 - ▶ XA-06003 Memory
 - ▶ XA-06004 Memory
 - ▶ XA-10072 Memory
 - ▶ XA-10073 Memory
 - ▶ XA-10074 Memory
 - ▶ XA-10075 Memory

Figura A2.6 - Tags Fire e Gás

- ▼ Illha de Enchimento
 - ▼ Bomba Odorizadora M-04022
 - ▶ M-04022-Encravamento Memory
 - ▶ M-04022-Falha Memory
 - ▶ M-04022-Ready Memory
 - ▶ M-04022-Reset Memory
 - ▶ M-04022-Start Memory
 - ▶ M-04022-Stop Memory
 - ▼ Braço de Carga
 - ▶ Fase Líquida Butano
 - ▶ Fase Líquida Propano
 - ▶ Fase Vapor
 - ▼ Válvula
 - ▶ VB-4008 Memory
 - ▶ VFV-04006 Memory
 - ▶ VP-04007 Memory
 - ▶ HS-04015 Memory
 - ▶ LIA-04019 Memory
 - ▶ PI-04021 Memory

Figura A2.7 - Tags Ilha de Enchimento

- ▼ **Receção do Navio**
 - ▼ **Conteúdo dos tanques**
 - ▶ **Conteúdo Tanque 1** Memory
 - ▶ **Conteúdo Tanque 2** Memory
 - ▶ **Conteúdo Tanque 3** Memory
 - ▶ **Conteúdo Tanque 4** Memory
 - ▶ **Conteúdo Tanque 5** Memory
 - ▶ **Conteúdo Tanque 6** Memory
 - ▶ **Habilitar Receção Sem Expedição** Memory
 - ▼ **Valvula FIC-01006**
 - ▶ **AI-01007** Memory
 - ▶ **FCV-01006** Memory
 - ▶ **ManualAuto - FCV-01006** Memory
 - ▶ **PV-01006** Memory
 - ▶ **SP-01006** Memory
 - ▶ **HS-01011C** Memory
 - ▶ **PI-01003** Memory
 - ▶ **PSL-01005** Memory
 - ▶ **TI-01004** Memory
 - ▶ **XV-01002** Memory
 - ▶ **XV-02029** Memory

Figura A2.8 - *Tags* Receção do Navio

- ▼ **Tanque 1**
 - ▼ **Válvulas**
 - ▶ **A-HV-02086** Memory
 - ▶ **B-XV-02082** Memory
 - ▶ **C-HV-02083** Memory
 - ▶ **D-XV-02081** Memory
 - ▶ **H-HV-02085** Memory
 - ▶ **I-HV-02084** Memory
 - ▶ **R-HV-03001** Memory
 - ▶ **AI-02075** Memory
 - ▶ **LAHH-02078** Memory
 - ▶ **LALL-02077** Memory
 - ▶ **LIA-02073** Memory
 - ▶ **PI-02074** Memory
 - ▶ **PI-02079-s** Memory
 - ▶ **TI-02076** Memory

Figura A2.9 - *Tags* Tanque 1
















- ▼  Tanque 2
 - ▼  Válvuas
 - ▶  A-HV-02072 Memory
 - ▶  B-XV-02068 Memory
 - ▶  C-HV-02069 Memory
 - ▶  D-XV-02067 Memory
 - ▶  H-HV-02071 Memory
 - ▶  I-HV-02070 Memory
 - ▶  R-HV-03002 Memory
 - ▶  AI-02061 Memory
 - ▶  LAHH-02064 Memory
 - ▶  LALL-02063 Memory
 - ▶  LIA-02059 Memory
 - ▶  PI-02060 Memory
 - ▶  PI-02065-s Memory
 - ▶  TI - 02062 Memory

Figura A2.10 - *Tags* Tanque 2

















- ▼  Tanque 3
 - ▼  Válvuas
 - ▶  A-HV-02058 Memory
 - ▶  B-XV-02054 Memory
 - ▶  C-HV-02055 Memory
 - ▶  D-XV-02053 Memory
 - ▶  H-HV-02057 Memory
 - ▶  I-HV-02056 Memory
 - ▶  R-HV-03003 Memory
 - ▶  AI-02047 Memory
 - ▶  LAHH-02050 Memory
 - ▶  LALL-02049 Memory
 - ▶  LIA-02045 Memory
 - ▶  PI-02046 Memory
 - ▶  PI-02051-s Memory
 - ▶  TI-02048 Memory

Figura A2.11 - *Tags* Tanque 3

















- ▼  Tanque 4
 - ▼  Válvulas
 - ▶  A-HV-02044 Memory
 - ▶  B-XV-02040 Memory
 - ▶  C-HV-02041 Memory
 - ▶  D-XV-02039 Memory
 - ▶  H-HV-02043 Memory
 - ▶  I-HV-02042 Memory
 - ▶  R-HV-03004 Memory
 - ▶  AI-02033 Memory
 - ▶  LAHH-02036 Memory
 - ▶  LALL-02035 Memory
 - ▶  LIA-02031 Memory
 - ▶  PI-02032 Memory
 - ▶  PI-02037-s Memory
 - ▶  TI-02034 Memory

Figura A2.12 - *Tags* Tanque 4

















- ▼  Tanque 5
 - ▼  Válvulas
 - ▶  A-HV-02028 Memory
 - ▶  B-XV-02024 Memory
 - ▶  C-HV-02025 Memory
 - ▶  D-XV-02023 Memory
 - ▶  H-HV-02027 Memory
 - ▶  I-HV-02026 Memory
 - ▶  R-HV-03005 Memory
 - ▶  AI-02017 Memory
 - ▶  LAHH-02018 Memory
 - ▶  LALL-02020 Memory
 - ▶  LIA-02015 Memory
 - ▶  PI-02016 Memory
 - ▶  PI-02016-s Memory
 - ▶  TI-02019 Memory

Figura A2.13 - *Tags* Tanque 5


- ▼  Tanque 6
 - ▼  Válvuas
 - ▶  A-HV-02014 Memory
 - ▶  B-XV-02010 Memory
 - ▶  C-HV-02011 Memory
 - ▶  D-XV-02009 Memory
 - ▶  H-HV-02013 Memory
 - ▶  I-HV-02012 Memory
 - ▶  R-HV-03006 Memory
 - ▶  AI-02003 Memory
 - ▶  LAHH-02006 Memory
 - ▶  LALL-02005 Memory
 - ▶  LIA-02001 Memory
 - ▶  PI-02002 Memory
 - ▶  PI-02007-s Memory
 - ▶  TI-02004 Memory

Figura A2.14 - *Tags* Tanque 6







- ▼  Trásfega entre Tanques
 - ▶  Habilitar trásfega Fase 1-2 Memory
 - ▶  Habilitar trásfega Fase 3 Memory
 - ▶  Habilitar trásfega Fase 4 Memory
 - ▶  Tanque Destino Memory
 - ▶  Tanque Origem Memory

Figura A2.15 - *Tags* Trásfega entre Tanques

- ▼  Água de Incêndios
 - ▶  FSH-10003 Memory
 - ▶  LIA-10002 Memory
 - ▶  MD-102 Memory
 - ▶  MD-103 Memory
 - ▶  PE-101 Memory
 - ▶  PIA-10006 Memory
 - ▶  Pichina - T-101 Memory
 - ▶  XV-10001 Memory
 - ▶  XV-10002 Memory

Figura A2.16 - *Tags* Água de Incêndios

(Página intencionalmente em branco)

Anexo 3 – Tabelas do Banco de Dados

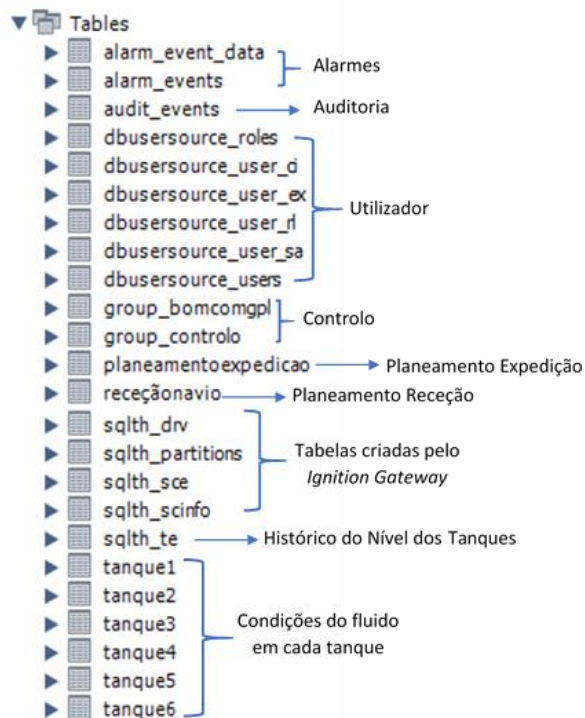


Figura A3.1 - Lista das Tabelas no Banco de Dados

Como a maioria das tabelas presentes no banco de dados são geradas através da plataforma de *software Ignition*, o seu nome é definido automaticamente.

(Página intencionalmente em branco)

Anexo 4 - Componentes que constituem as janelas a exibir nas HMIs

Os diversos componentes em seguida apresentados são a base para desenvolver todas as janelas que compõem as aplicações de supervisão que constituem o *software* SCADA.

“*Label*”

O “*Label*” é um dos componentes mais versáteis no *Ignition*. Está presente tanto no módulo *Vision* como no módulo *Perspective*. Pode exibir texto, imagens ou ambos. O texto pode ser formatado em HTML. Permite adicionar eventos para a interação com o utilizador como é o caso de propriedades dinâmicas. Este componente é a base para criar diversos componentes personalizados. Um exemplo da sua utilização encontra-se na Figura A4.1. Neste exemplo foi configurada uma propriedade dinâmica, que altera o texto do componente, de acordo com o valor guardado na *Tag* que lhe está associado.



Figura A4.1 - Componente “*Label*”

Além do texto este componente também permite alterar o seu estado de visível, o seu aspeto, entre outras propriedades.

“*Numeric label*”

Este componente é especializado para exibir um número, permitindo incluir prefixos, sufixos e unidades. No entanto, só está disponível no módulo *Vision*. Através deste componente é possível apresentar o valor medido em cada sensor, presente no parque de combustíveis como representado na Figura A4.2.

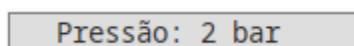


Figura A4.2– Componente “*Numeric label*”

“*Cylindrical Tank*”

Este componente tem a configuração de um tanque cilíndrico 3D com um líquido no seu interior (Figura A4.3). Está presente tanto no módulo *Vision* como no módulo

Perspective. Consoante a variável associada o líquido tem a capacidade de subir e descer, transmitindo assim o nível de líquido no tanque. É totalmente personalizável na sua aparência, desde cores, linhas, estilos de texto e muito mais.

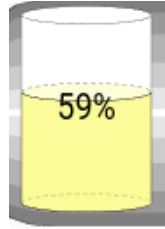


Figura A4.3– Componente “*Cylindrical Tank*”

“*Progress Bar*” e “*Linear Scale*”

O “*Progress Bar*” indica visualmente o progresso de uma variável, que possui um limite superior e inferior, como é o caso do valor de abertura de uma válvula. O “*Linear Scale*” é uma escala personalizável que permite exibir indicadores que representam os valores limites, permitindo transmitir ao utilizador a proximidade de valores críticos. Nas aplicações de supervisão do parque de combustíveis os componentes referidos foram combinados como representado na Figura A4.4, permitindo melhorar a precessão do utilizador. Tanto o módulo *Vision* como o módulo *Perspective* oferecem estes dois componentes.

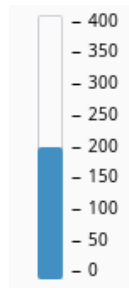


Figura A4.4 - Combinação dos componentes “*Progress Bar*” e “*Linear Scale*”

“*Meter*”

O “*Meter*” transmite um valor através de um medidor de agulha. Com a utilização deste componente torna-se fácil transmitir aos utilizadores do *software* SCADA se o valor das variáveis se encontra perto do valor limite. No entanto, este componente apenas está disponível no módulo *Vision*. Na Figura A4.5 é apresentado o seu aspeto gráfico.



Figura A4.5 - Componente “*Meter*”

“*Gauge*”

O “*Gauge*” é um componente em tudo idêntico ao “*Meter*”, desempenhando as mesmas funções, no entanto, apresenta uma aparência diferente como exibido na Figura A4.6. Ao contrário do “*Meter*” este componente apenas está disponível no módulo *Perspective*.

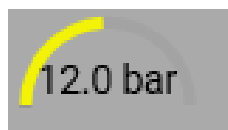


Figura A4.6 - Componente “*Gauge*”

“*Thermometer*”

Este componente exibe um valor de temperatura representado como um nível em um termómetro. Podem ser configurados três níveis. Consoante a temperatura, o líquido do termómetro muda de cor. Esta funcionalidade permite mostrar aos utilizadores se a temperatura representada está dentro dos valores normais, como representado na Figura A4.7. Este componente está presente tanto no módulo *Vision* como no módulo *Perspective*.

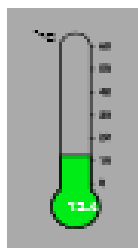


Figura A4.7 - Componente “*Thermometer*”

Os diversos componentes apresentados até então, só permitem desenvolver a monitorização do projeto. Por forma a desenvolver o controlo do parque de combustíveis é necessário utilizar componentes dedicados ao controlo. Ao contrário dos componentes de exibição que só permitem ler as informações contidas nas *Tags* e nos bancos de dados, os componentes de controlo também permitem editá-los. Alguns dos componentes

utilizados no desenvolvimento do projeto do *software* SCADA para a operação de todo o parque de combustíveis são:

“*Numeric text field*” e “*Numeric Entry Field*”

O componente “*Numeric text field*” (Figura A4.8) e o componente “*Numeric Entry Field*”, desempenham ambos a mesma função, no entanto, o primeiro é exclusivo do módulo *Vision* enquanto o segundo é exclusivo do módulo *Perspective*. Apesar da diferença no seu nome a aparência dos dois componentes é igual. Estes são utilizados para introduzir números através das aplicações de supervisão. Quando ligados a uma *Tag*, permitem que o utilizador defina o seu valor.

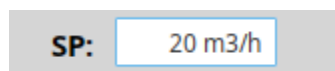


Figura A4.8 - Componente “*Numeric text field*”

“*Slide*”

O componente “*Slide*” permite que o utilizador arraste o indicador ao longo de uma escala para selecionar um valor. Este componente pode ser configurado tanto na horizontal (Figura A4.9) como na vertical. Só é possível utilizar este componente no caso da variável a controlar possuir um limite mínimo e um limite máximo. Este componente está disponível tanto no módulo *Vision* como no módulo *Perspective*.



Figura A4.9 - Componente “*Slide*”

“*Button*”

O componente “*Button*” (Figura A4.10) é um componente versátil, geralmente usado para abrir/fechar janelas, gravar em *Tags* e acionar qualquer tipo de lógica de *script*. No projeto do parque de combustíveis este componente será usado essencialmente para navegar entre as várias janelas em ambos os módulos.

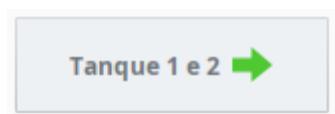


Figura A4.10 - Componente “*Button*”

“Buton 2- State Tooggle”

O “Buton 2- State Tooggle” é semelhante ao botão básico, mas ajustado para controlar variáveis que possuem dois estados. Este componente apenas está presente no módulo *Vision*. No projeto será utilizado sempre que for necessário alterar um valor entre dois estados, Ativado/Desativado, como representado na Figura A4.11.



Figura A4.11 - Componente “Buton 2- State Tooggle”

“Calendar” e “DateTime Picker”

Os componentes “Calendar” e “DateTime Picker” permitem selecionar a data e a hora através de um calendário. Apesar de possuírem a mesma função o “Calendar” é dedicado ao módulo *Vision* enquanto o “DateTime Picker” é dedicado ao módulo *Perspective*. Em ambos a data pode ser configurada de acordo com o formato pretendido. A representação gráfica de ambos os componentes, está representada na Figura A4.12.

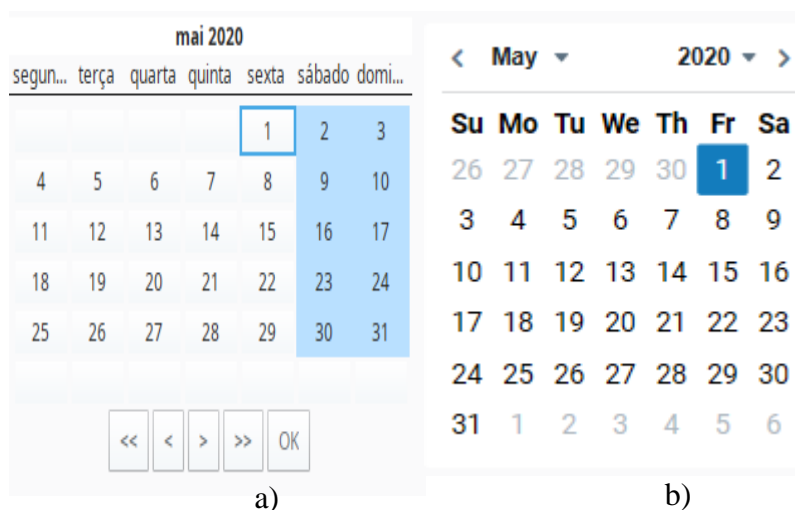


Figura A4.12 - a) Componente “Calendar” b) Componente “DateTime Picker”

A conexão e troca de informação com o banco de dados no conceito da indústria 4.0 é fundamental, uma vez que esta ligação permite não só guardar dados históricos, mas também permite a troca de informação ao longo de toda a organização. De modo a consultar os dados armazenados no banco de dados a partir das aplicações de supervisão

em seguida são apresentados os componentes a utilizar no projeto em ambos os módulos (*Vision* e *Perspective*).

“Chart” e “Time Series Chart”

Estes componentes permitem visualizar dados de uma variedade de fontes diferentes, através de uma representação gráfica. É possível apresentar dados tanto de uma ligação ao histórico de *Tags* como de uma consulta SQL. O componente “*Chart*”, representado na Figura A4.13 a), é exclusivo do módulo *Vision*. Este componente permite seleccionar o intervalo de tempo e os dados a exibir. Já o componente “*Time Series Chart*”, representado na Figura A4.13 b), é exclusivo do módulo *Perspective*. Apesar de a sua função ser igual ao componente “*Chart*”, a sua apresentação é ligeiramente diferente.

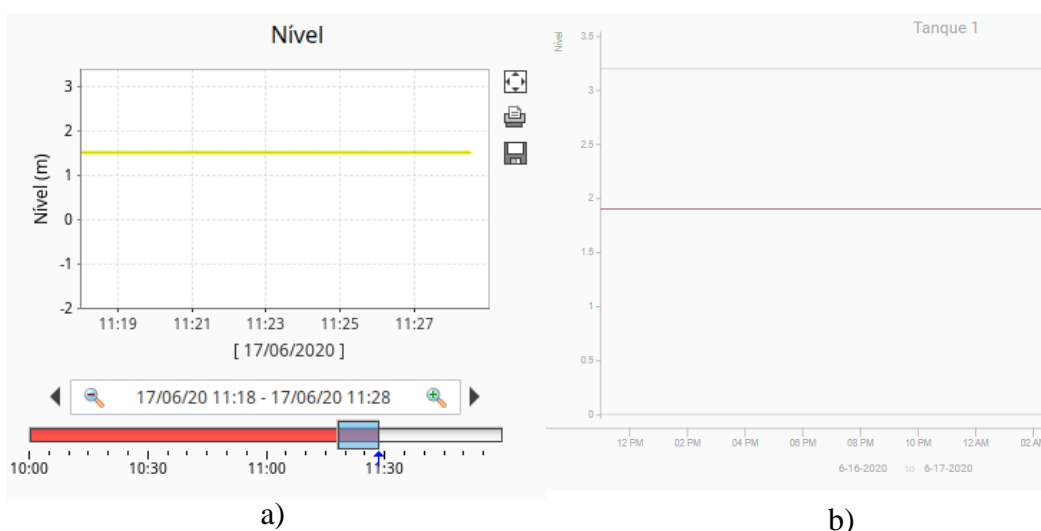


Figura A4.13 - a) Componente “*Chart*” b) Componente “*Time Series Chart*”

“Tabel”

O componente “*Table*” (Figura A4.14) fornece um meio poderoso e flexível de exibir os dados do banco de dados em forma de tabela. As propriedades deste componente permitem personalizar o conteúdo dos dados e o estilo da tabela, adequando este componente a cada função. O componente “*Table*” está presente tanto no módulo *Perspective* como no módulo *Vision*

Início	Fim	Descrição	Referência
01/05/2020 08:00	01/05/2020 10:00	Descarga do Navio 22 para o tanque 5	Navio 2255
01/05/2020 12:00	01/05/2020 13:00	Descarga do Navio 2544 para o tanque 6	Navio 2355
01/05/2020 14:00	01/05/2020 15:00	Descarga do Navio 2544 para o tanque 6	Navio 2355

Figura A4.14 - Componente “Tabel”

“Sparkline”

O gráfico “Sparkline” é um componente minimalista do gráfico que exibe o histórico de uma variável. Este permite dar ao utilizador a tendência atual de uma variável, através da sua apresentação gráfica representada na Figura A4.15.

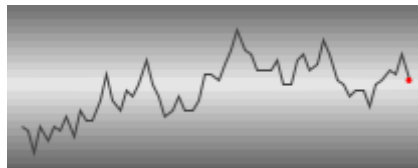


Figura A4.15 - Componente “Sparkline”

“Alarme Tabel”

O componente “Alarme Tabel” não é mais que uma tabela de status dos alarmes que exibe os alarmes ativos. Este componente permite transmitir ao utilizador os alarmes ativos assim como o histórico de alarmes, encontrando-se a sua representação na Figura A4.16.

Active Time	Name	Display Path
08/06/20, 10:52	Botoneira Recepção Navio	Recepção do Navio /HS-01011C/Boto...
27/05/20, 09:50	Alarme de Nivel Baixo	Tanque 2/LALL-02063/Alarme de Niv...
26/05/20, 16:52	Pressão Baixa Tanque Válvula	Recepção do Navio /PSL-01005/Press...

Figura A4.16 - Componente “Alarme Tabel”

“Day View”

Este componente, exclusivo do módulo *Vision*, exibe uma linha do tempo para um único dia, organizando todos os eventos nesse dia. Cada evento pode ter texto personalizado e uma cor de exibição personalizada associada a ele, como representado na Figura A4.17.

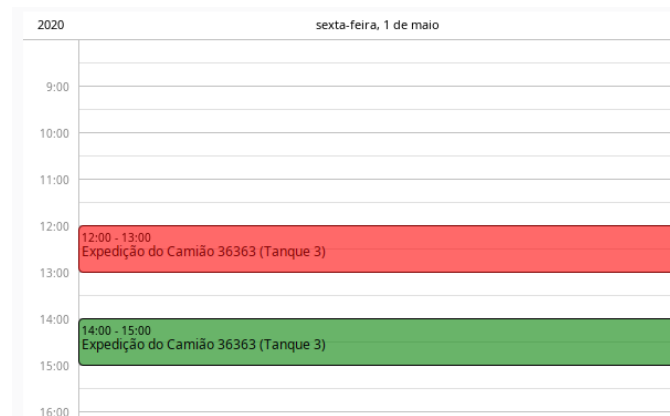


Figura A4.17 - Componente “Day View”

Anexo 5 – Relatório de Alarmes

Relatório de Alarmes

Início: 03/10/2020

Fim: 10/10/2020

Nome	Prioridade	Data
Botoeira - Ar Comprimido	Critical	06/10/2020
Botoeira - Ar Comprimido	Critical	06/10/2020
Caudal na linha de Sprinters	Critical	06/10/2020
Caudal na linha de Sprinters	Critical	06/10/2020
Botoneira - Ilha de Enchimento	Critical	07/10/2020
Botoneira - Ilha de Enchimento	Critical	07/10/2020
Falha (M-03003)	Medium	08/10/2020
Falha (M-03003)	Medium	08/10/2020
Alarme de Nível Alto	Critical	09/10/2020
Alarme de Nível Alto	Critical	09/10/2020
Alarme de Nível Baixo	High	09/10/2020
Alarme de Nível Baixo	High	09/10/2020
Pressão Baixa Tanque Válvula	Low	09/10/2020
Pressão Baixa Tanque Válvula	Low	09/10/2020

Ignition Reporting Module Trial

Figura A5.1 - Relatório de Alarmes

(Página intencionalmente em branco)

Anexo 6 - Janelas da Aplicação em *Vision*

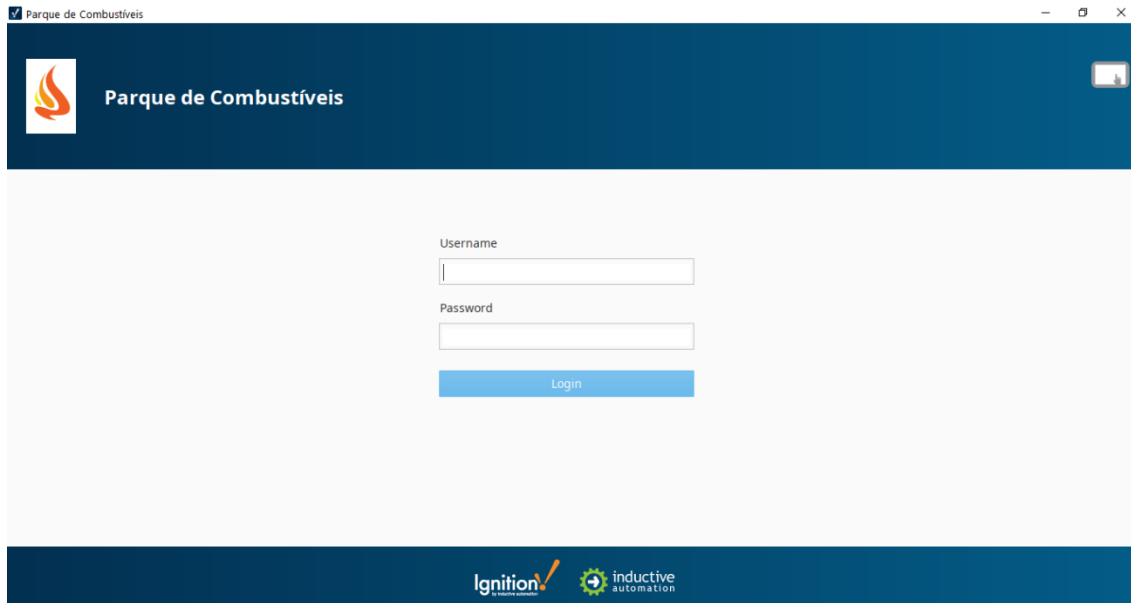


Figura A6.1 - Página *Login*

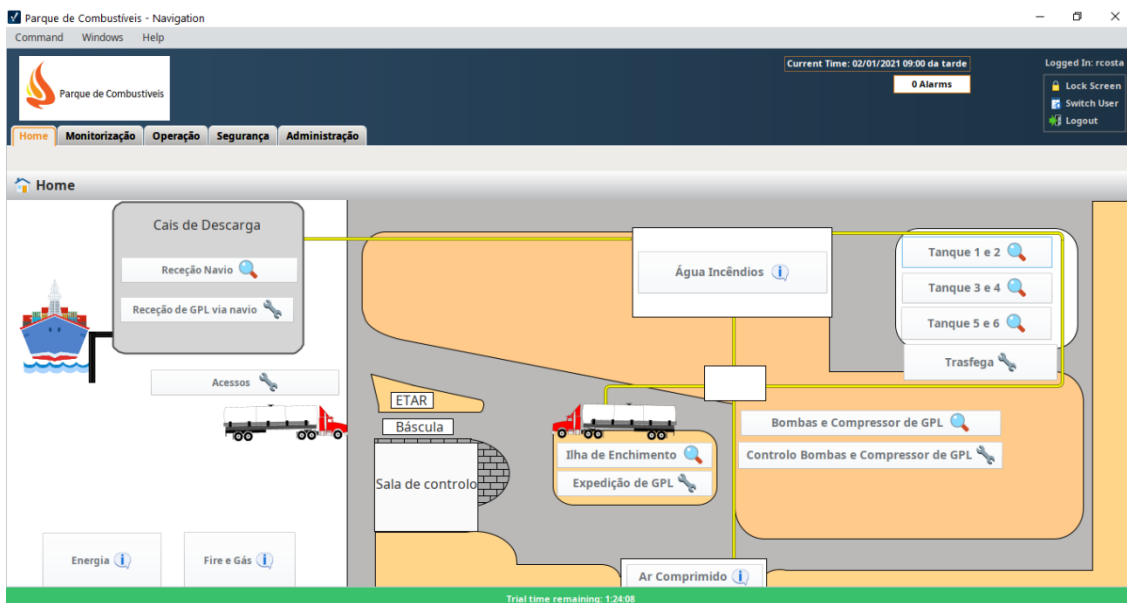


Figura A6.2 - Página *Home*

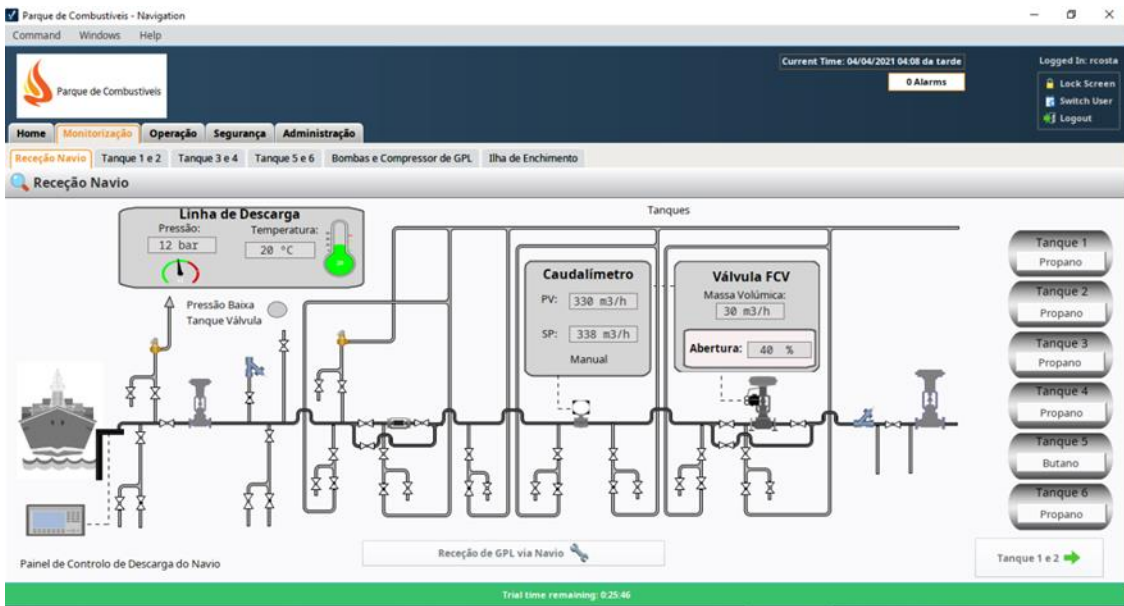


Figura A6.3 - Página Monitorização - Receção Navio

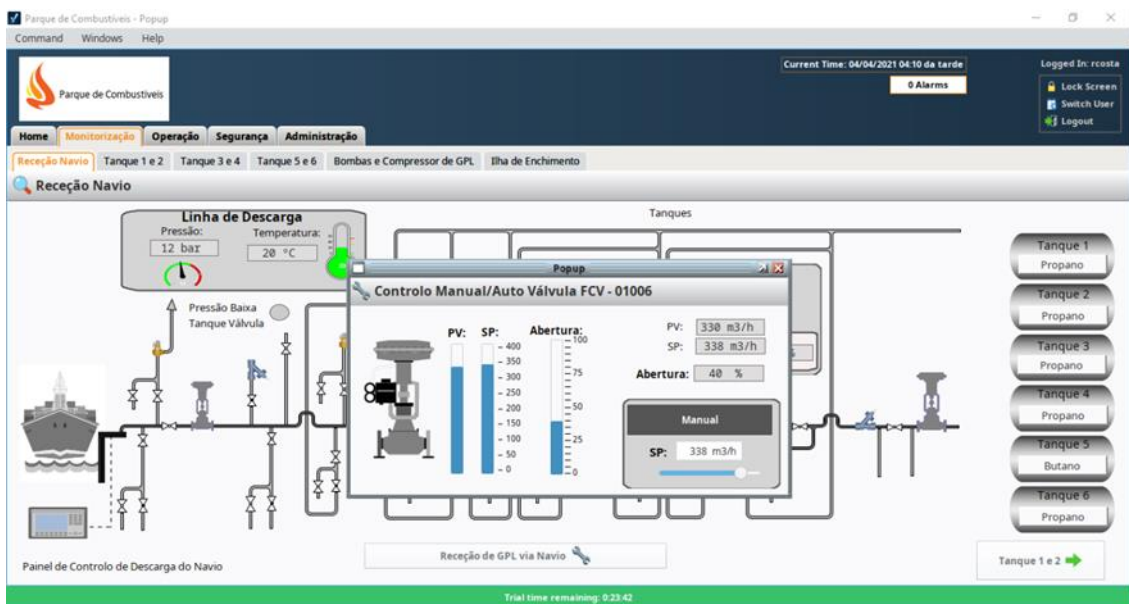


Figura A6.4 - Página Monitorização - Receção Navio – *Pop-up* Controlo Manual/Auto Válvula FCV-01006

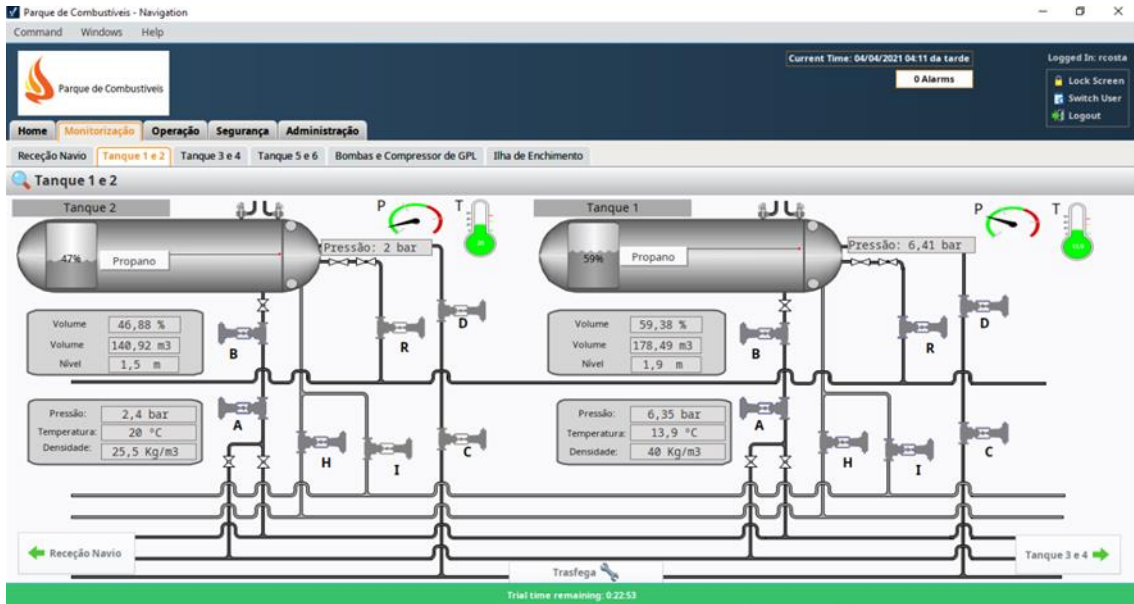


Figura A6.5 - Página Monitorização – Tanque 1 e 2

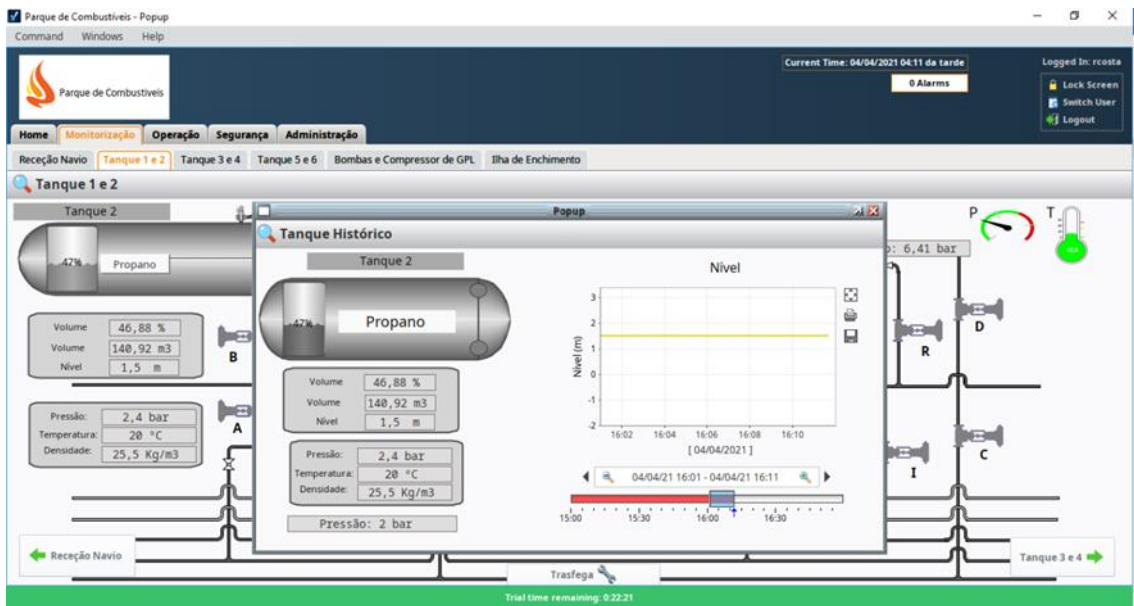


Figura A6.6 - Página Monitorização – Pop-up Tanque Histórico (Tanque 2)

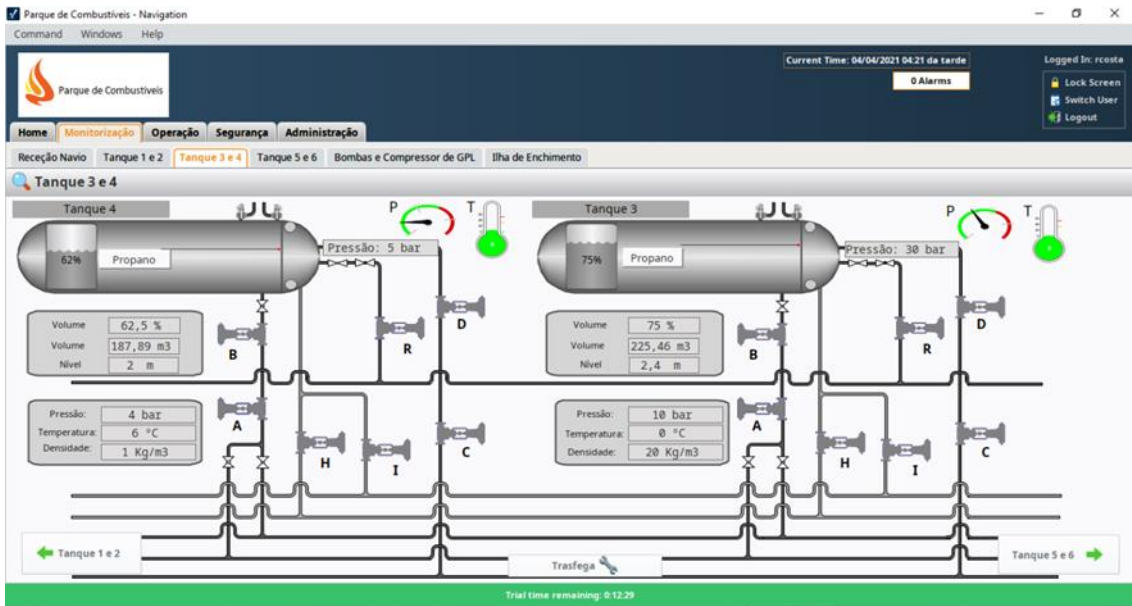


Figura A6.7 - Página Monitorização – Tanque 3 e 4

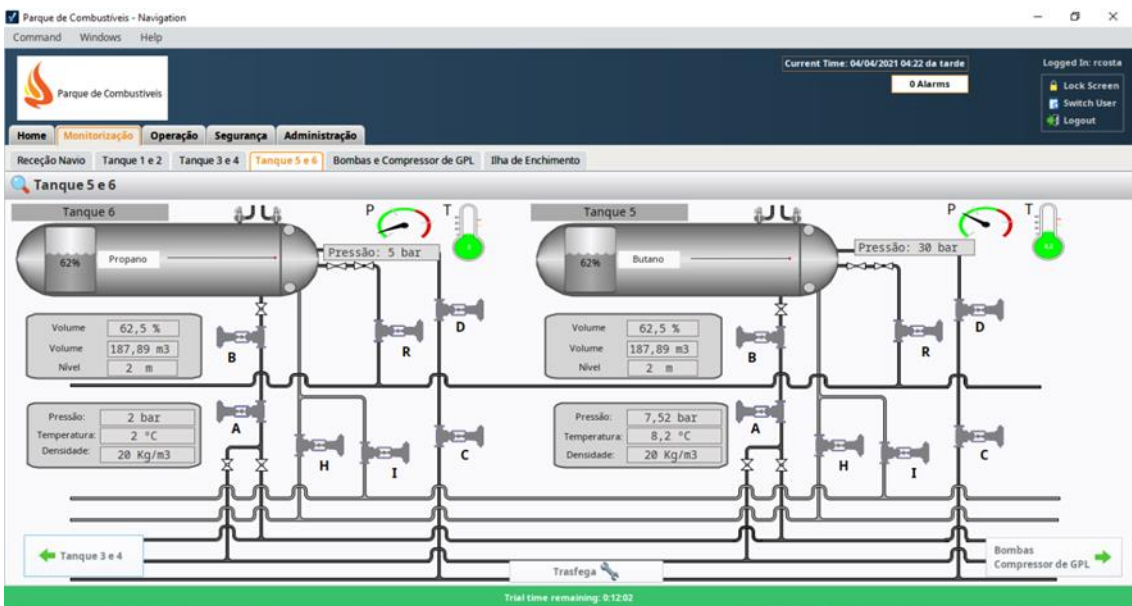


Figura A6.8 - Página Monitorização – Tanque 5 e 6

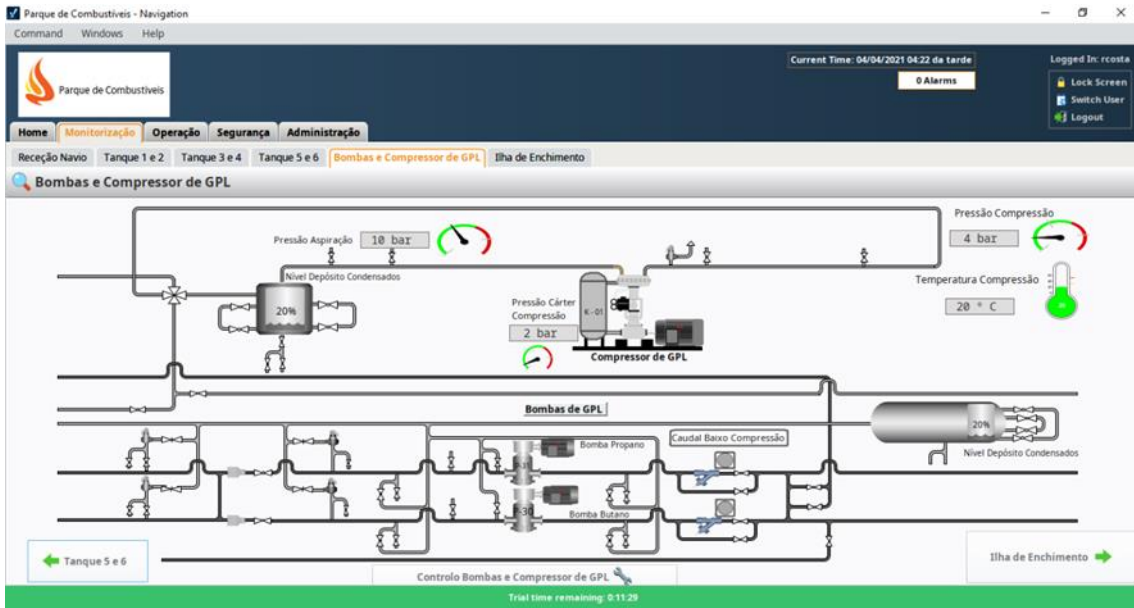


Figura A6.9 - Página Monitorização – Bombas e Compressor de GPL

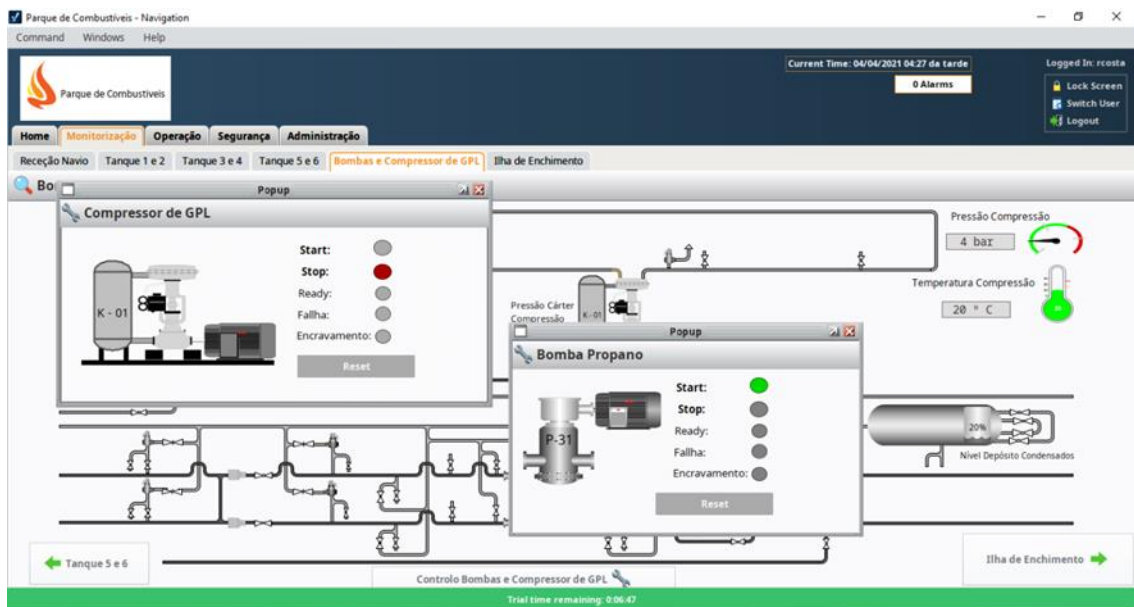


Figura A6.10 - Página Monitorização – Bombas e Compressor de GPL - *Pop-up* Compressor de GPL e *Pop-up* Bomba de Propano

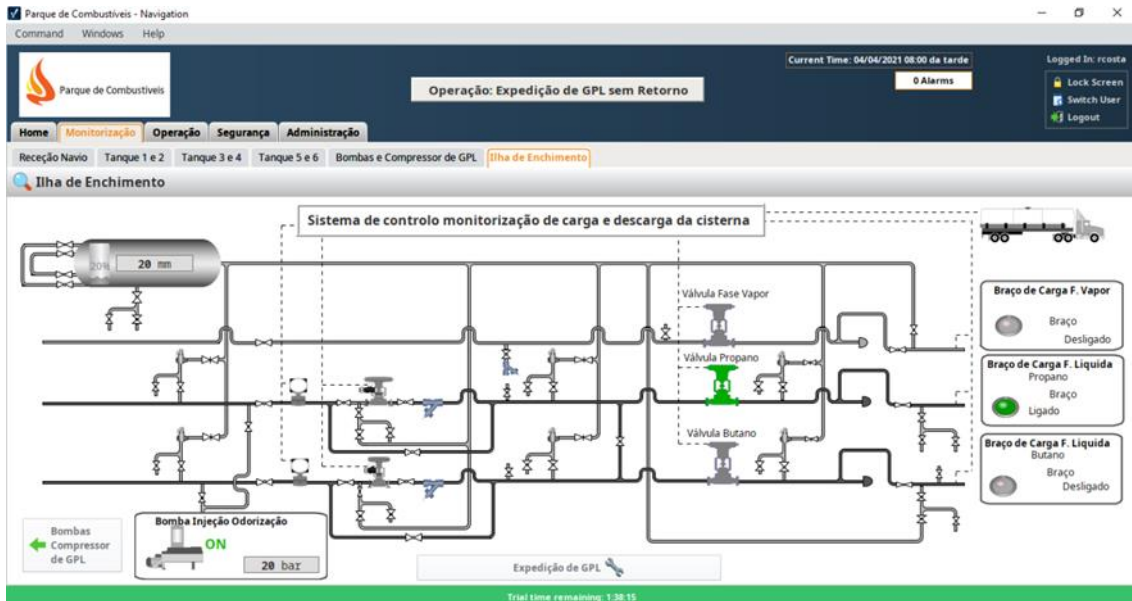


Figura A6.11 - Página Monitorização – Ilha de Enchimento

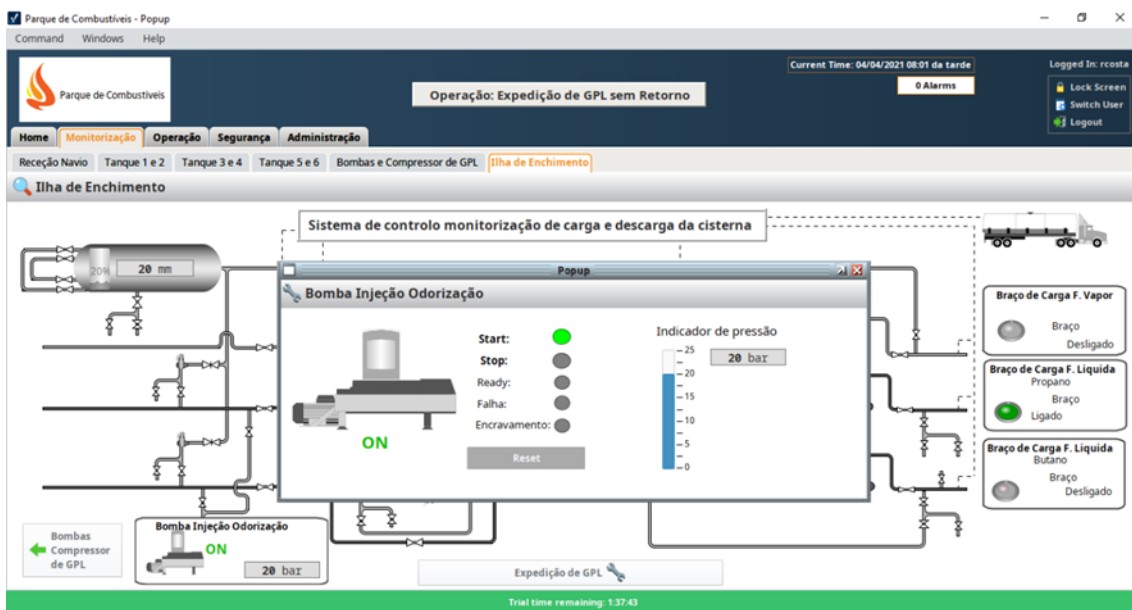


Figura A6.12 - Página Monitorização – Ilha de Enchimento - *Pop-up* Bomba Injeção Odorização

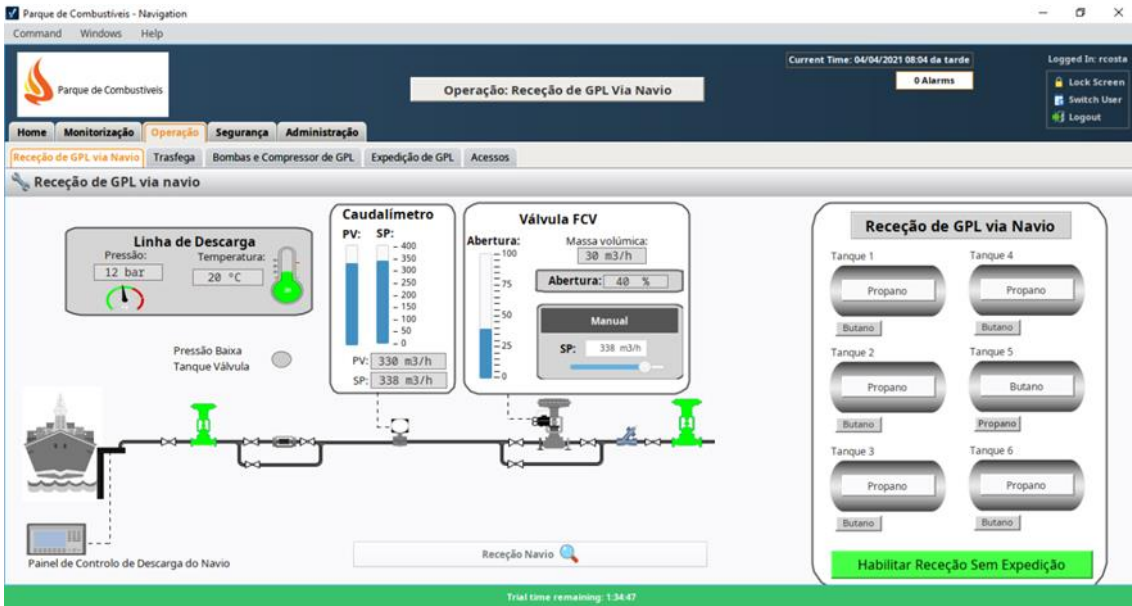


Figura A6.13 - Página Operação – Receção de GPL via Navio

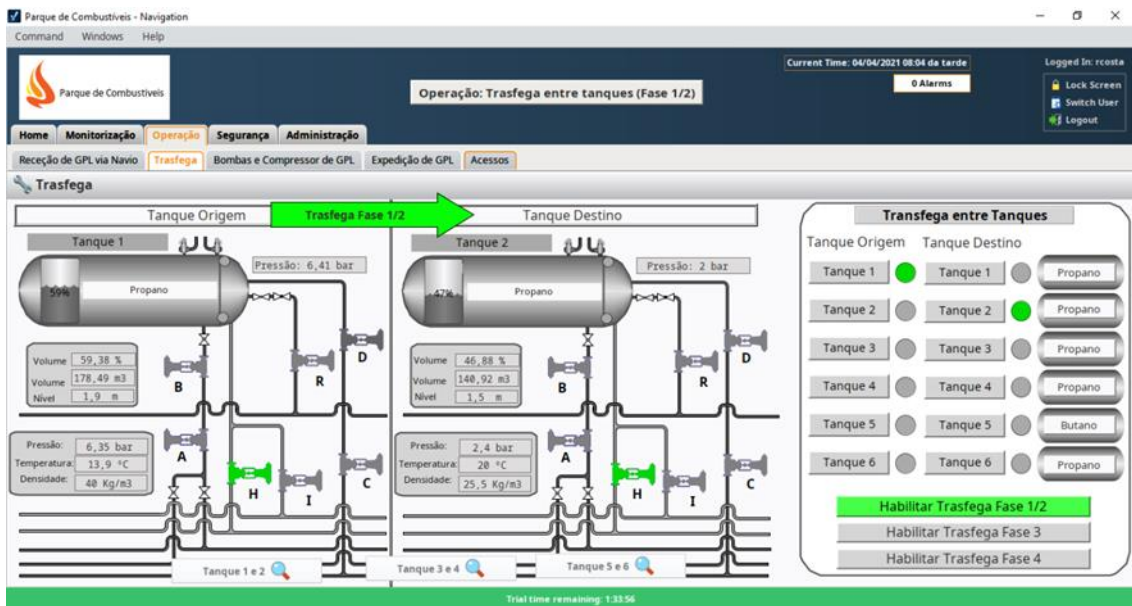


Figura A6.14 - Página Operação – Trasfega

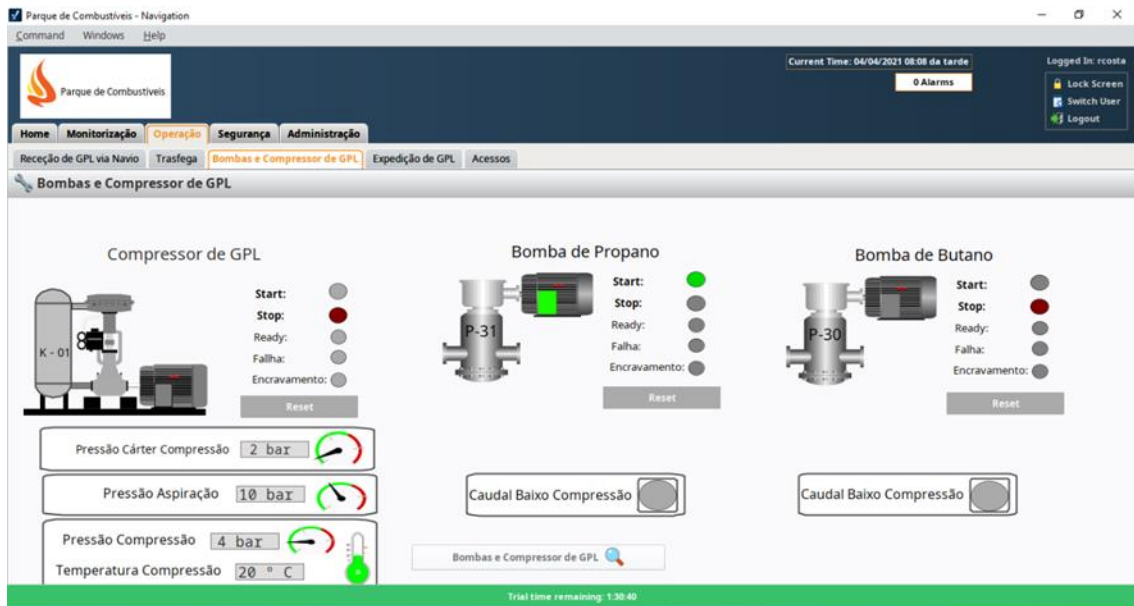


Figura A6.15 - Página Operação – Bombas e Compressor de GPL

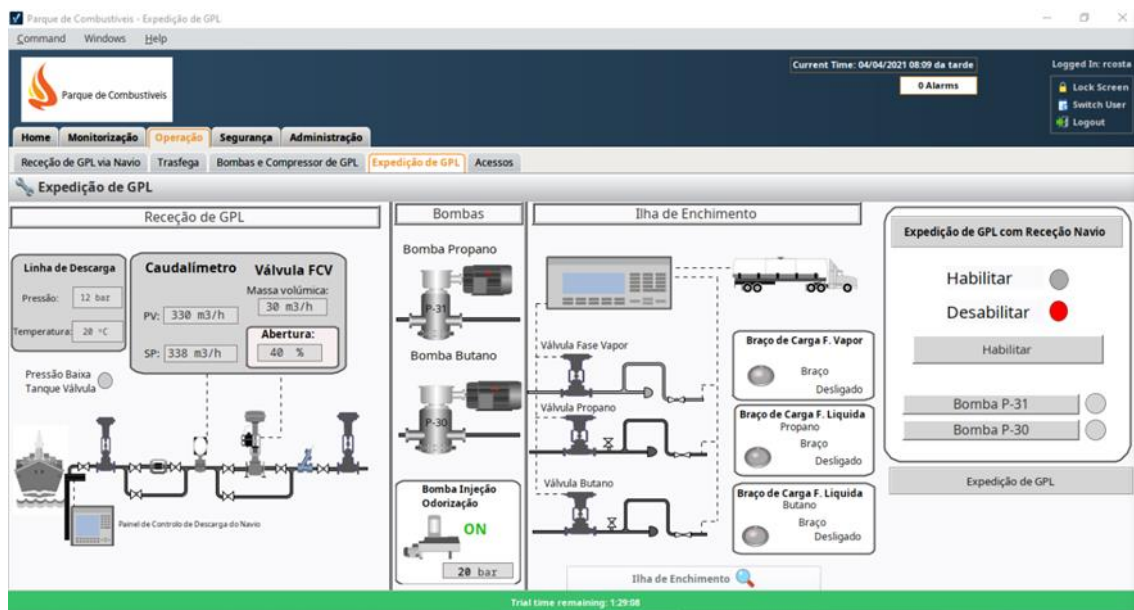


Figura A6.16 - Página Operação – Expedição de GPL com Receção do Navio



Figura A6.17 - Página Operação – Expedição de GPL com Recepção do Tanque

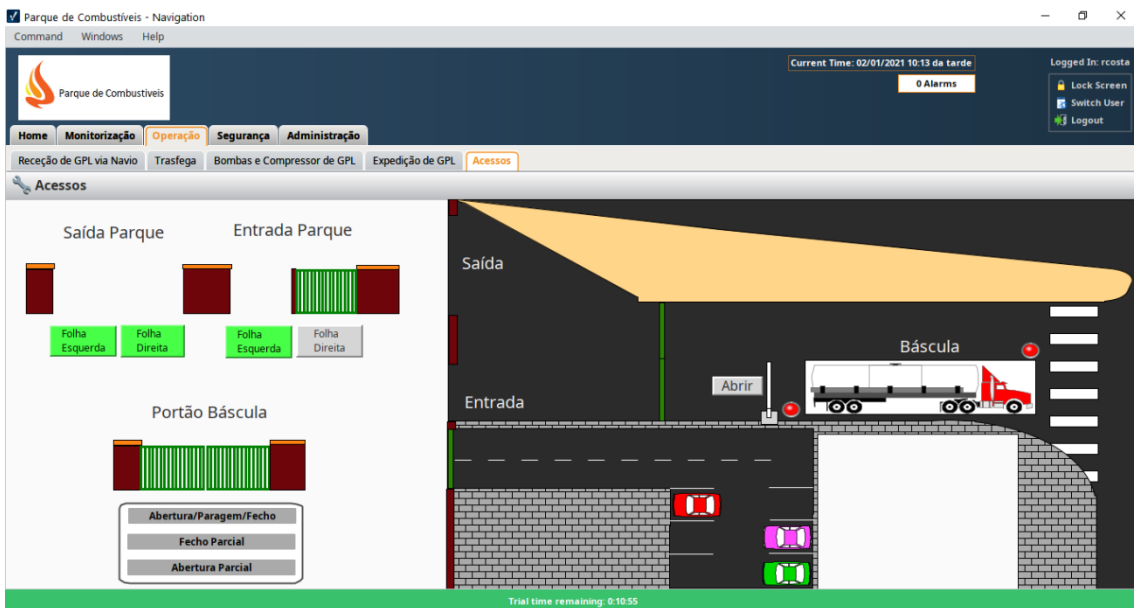


Figura A6.18 - Página Operação – Acessos

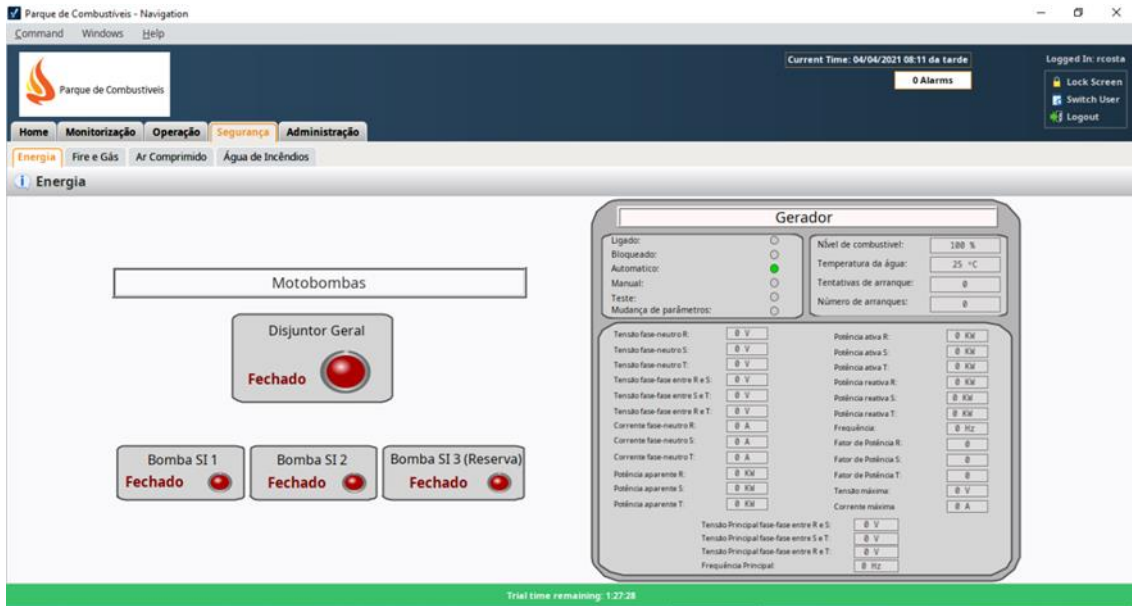


Figura A6.19 - Página Segurança – Energia

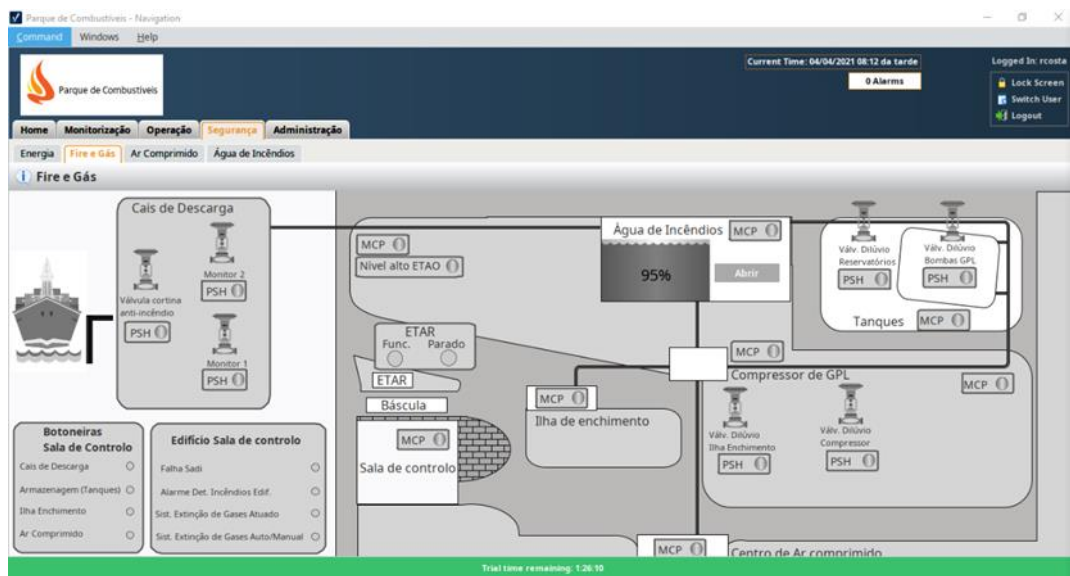


Figura A6.20 - Página Segurança – Fire e Gás

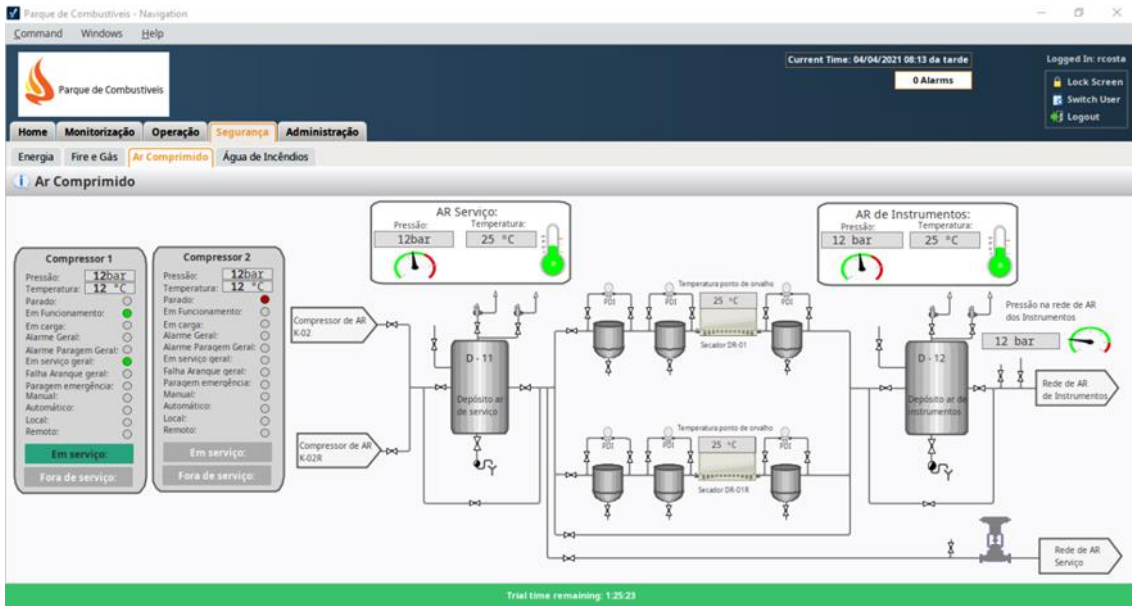


Figura A6.21 - Página Segurança – Ar Comprimido

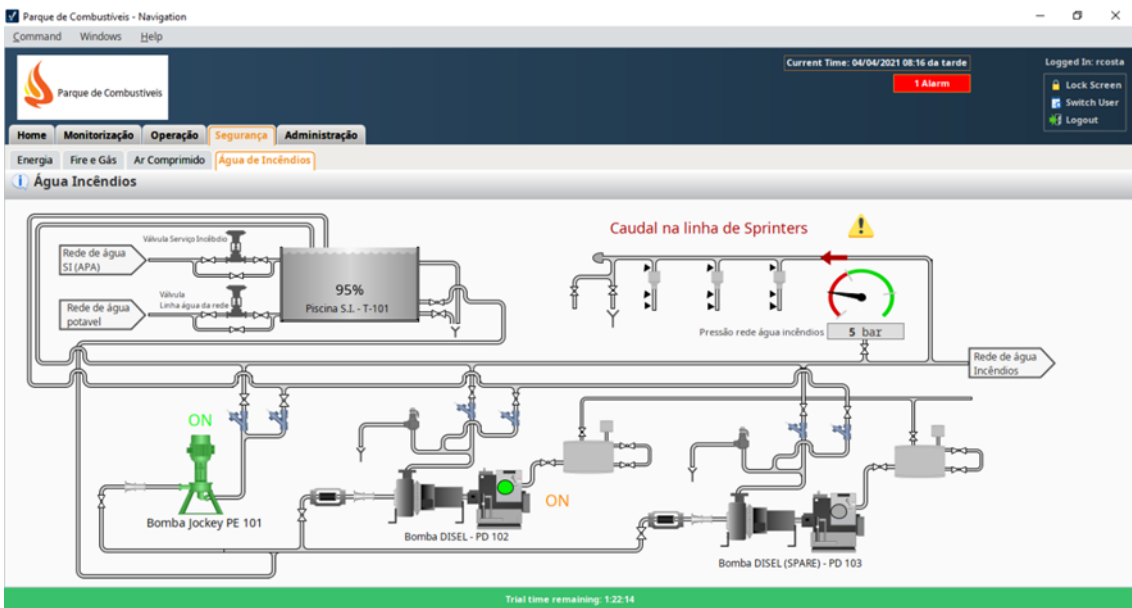


Figura A6.22 - Página Segurança – Água de Incêndios

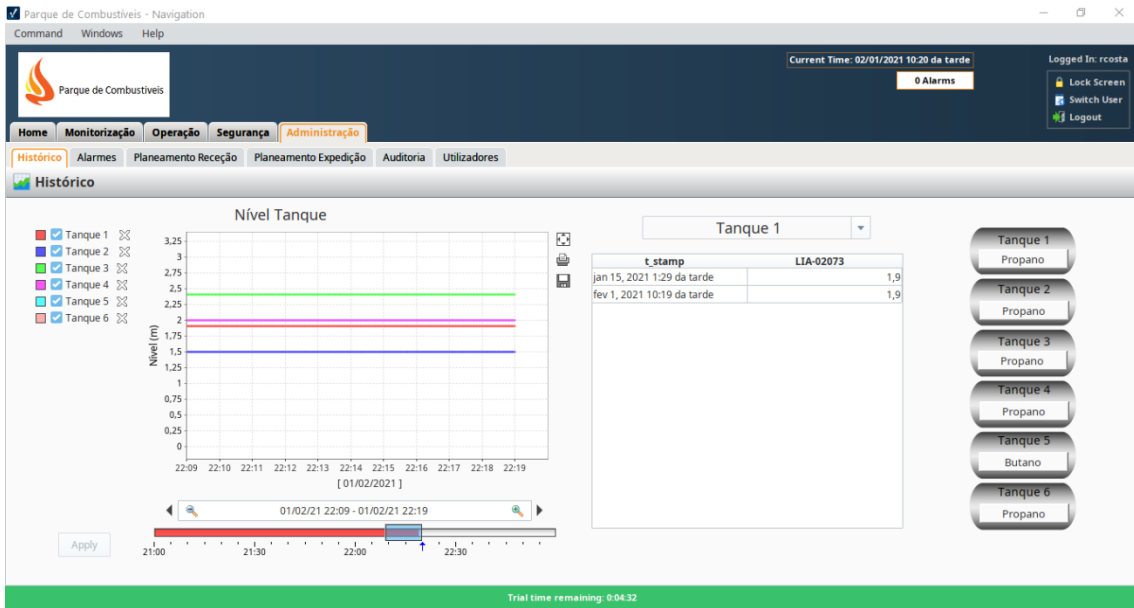


Figura A6.23 - Página Administração – Histórico

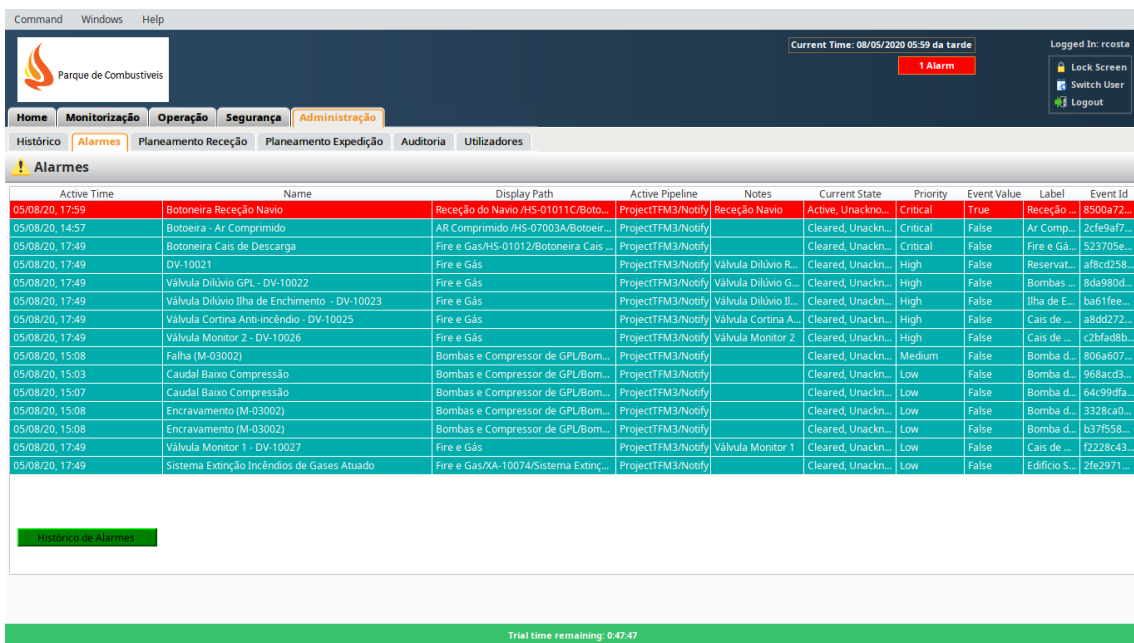


Figura A6.24 - Página Administração – Alarmes

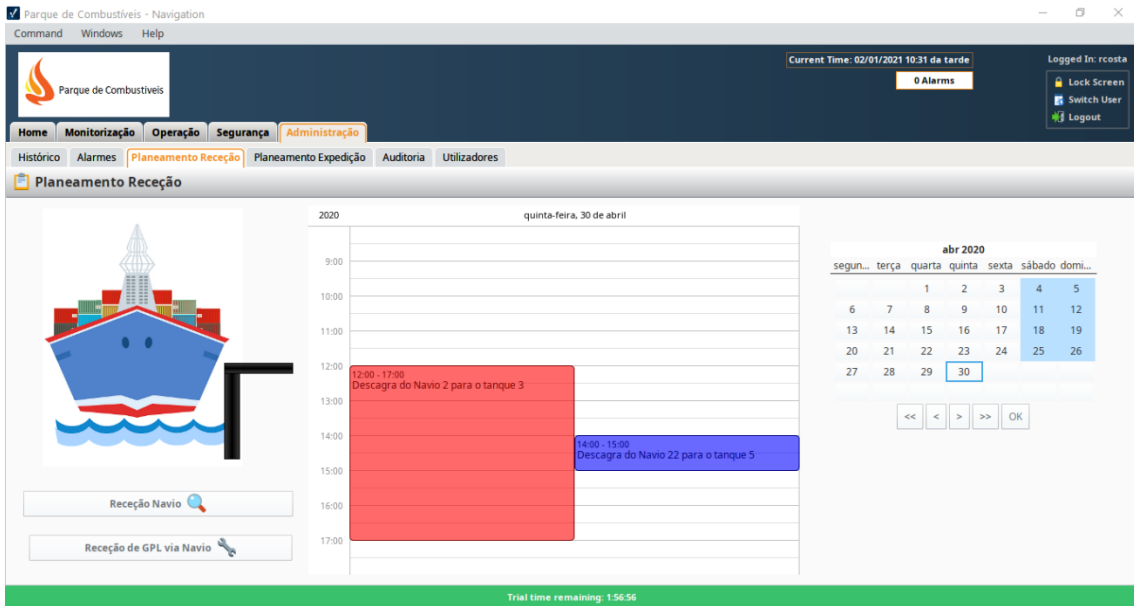


Figura A6.25 - Página Administração – Planeamento Receção

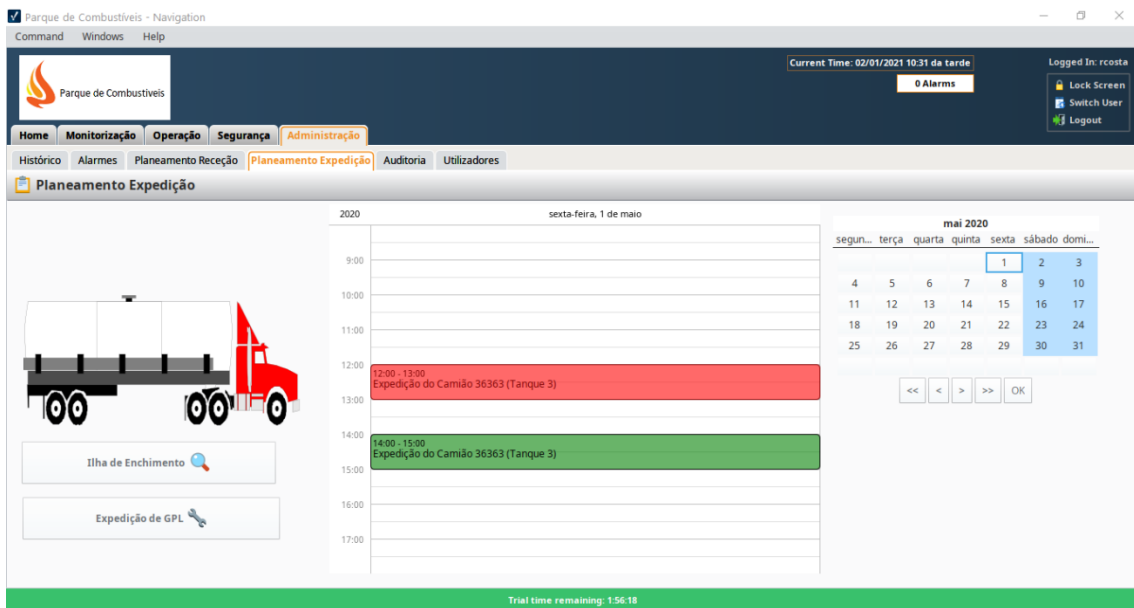


Figura A6.26 - Página Administração – Planeamento Expedição

Command Windows Help

Parque de Combustíveis

Current Time: 08/05/2020 05:54 da tarde

0 Alarms

Logged In: rcosta

Lock Screen

Switch User

Logout

Home Monitorização Operação Segurança Administração

Histórico Alarmes Planeamento Receção Planeamento Expedição Auditoria Utilizadores

Auditoria

Timestamp	Actor	Action	Action Target	Action Value	Result Code	Result	System	Context Code	Context
ago 5, 2020 12:0...	admin	login			0	AuditStatus(0x0...	project+ProjectT...	2	Designer
ago 5, 2020 12:0...	jpedro	login			0	AuditStatus(0x0...	project+ProjectT...	4	Client
ago 5, 2020 12:0...	jpedro	logout			0	AuditStatus(0x0...	project+ProjectT...	4	Client
ago 5, 2020 12:1...	rcosta	login			0	AuditStatus(0x0...	project+ProjectT...	4	Client
ago 5, 2020 12:1...	rcosta	tag write	[default]Expe de ...	0	0	AuditStatus(0x0...	project+ProjectT...	4	Client
ago 5, 2020 12:1...	rcosta	logout			0	AuditStatus(0x0...	project+ProjectT...	4	Client
ago 5, 2020 12:2...	rcosta	login			0	AuditStatus(0x0...	project+ProjectT...	4	Client
ago 5, 2020 12:2...	rcosta	logout			0	AuditStatus(0x0...	project+ProjectT...	4	Client
ago 5, 2020 12:3...	rcosta	login			0	AuditStatus(0x0...	project+ProjectT...	4	Client
ago 5, 2020 12:3...	rcosta	logout			0	AuditStatus(0x0...	project+ProjectT...	4	Client
ago 5, 2020 12:3...	admin	login			0	AuditStatus(0x0...	project+ProjectT...	4	Client
ago 5, 2020 12:4...	admin	logout			0	AuditStatus(0x0...	project+ProjectT...	4	Client
ago 5, 2020 12:4...	admin	login			0	AuditStatus(0x0...	project+ProjectT...	4	Client
ago 5, 2020 12:5...	admin	tag write	[default]Receção...	1	0	AuditStatus(0x0...	project+ProjectT...	4	Client
ago 5, 2020 12:5...	admin	tag write	[default]Receção...	0	0	AuditStatus(0x0...	project+ProjectT...	4	Client

Start

ago 2020

segu... terça quar... quinta sexta sába... dom...

3 4 5 6 7 8 9

10 11 12 13 14 15 16

17 18 19 20 21 22 23

24 25 26 27 28 29 30

31

10:58:21

End

ago 2020

segu... terça quar... quinta sexta sába... dom...

3 4 5 6 7 8 9

10 11 12 13 14 15 16

17 18 19 20 21 22 23

24 25 26 27 28 29 30

31

12:58:21

Figura A6.27 - Página Administração – Auditoria

Parque de Combustíveis - Utilizadores

Command Windows Help

Parque de Combustíveis

Current Time: 02/01/2021 10:34 da tarde

0 Alarms

Logged In: admin

Lock Screen

Switch User

Logout

Home Monitorização Operação Segurança Administração

Utilizadores

Users

Username	Name	Roles	Contact Info	Schedule
admin		Administrat...		Always
jose	José Miguel	Operador, ...		Always
jpedro	João Pedro	Operador		Always
luis	Luis Filipe	Supervisor	email: luisf...	Always
rcosta	Rui Costa	Supervisor		Always

Roles

Role name	# of Members
Administrator	1
Operador	2
Supervisor	3

On-Call Rosters

Name	Count
Adadministrator	0
Operator	1
Supervisor	1

Schedules

Name	Description
Always	Built-in schedule that is always ...
Example	An example of a M-F 8am-5pm ...

Holidays

Name

Trial time remaining: 1:54:12

Figura A6.28 - Página Administração – Utilizadores

Anexo 7 – Janelas da Aplicação em *Perspective*

Ecrã Grande

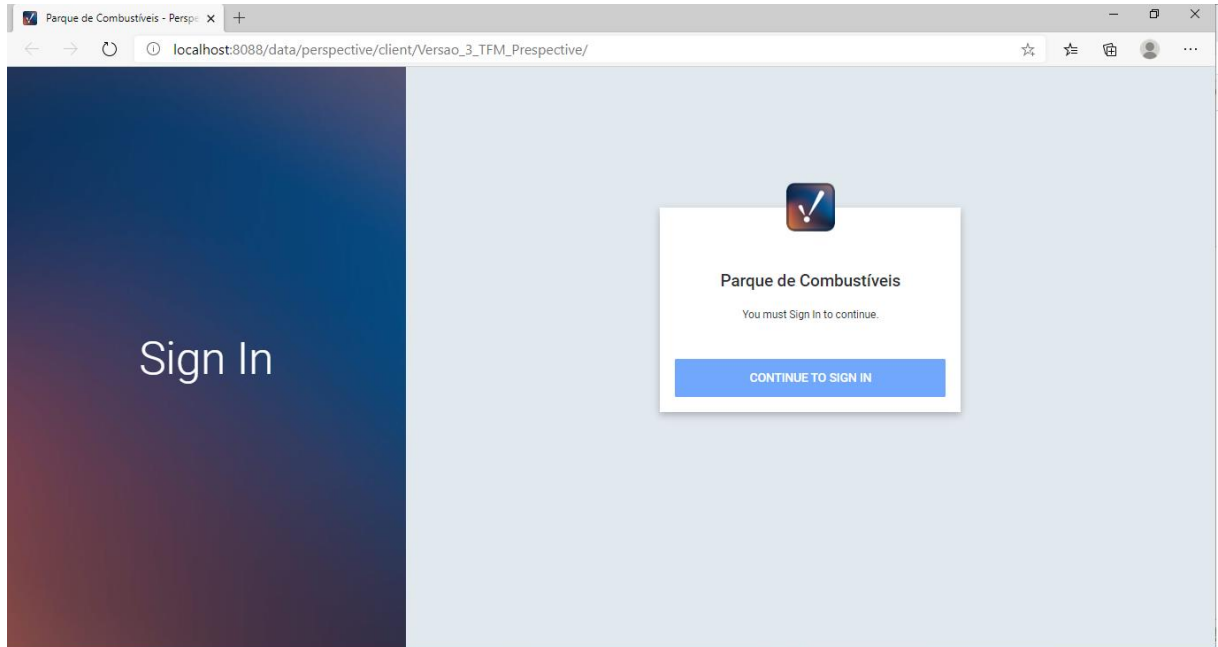


Figura A7.1 - Página *Sign IN* (Ecrã Grande)

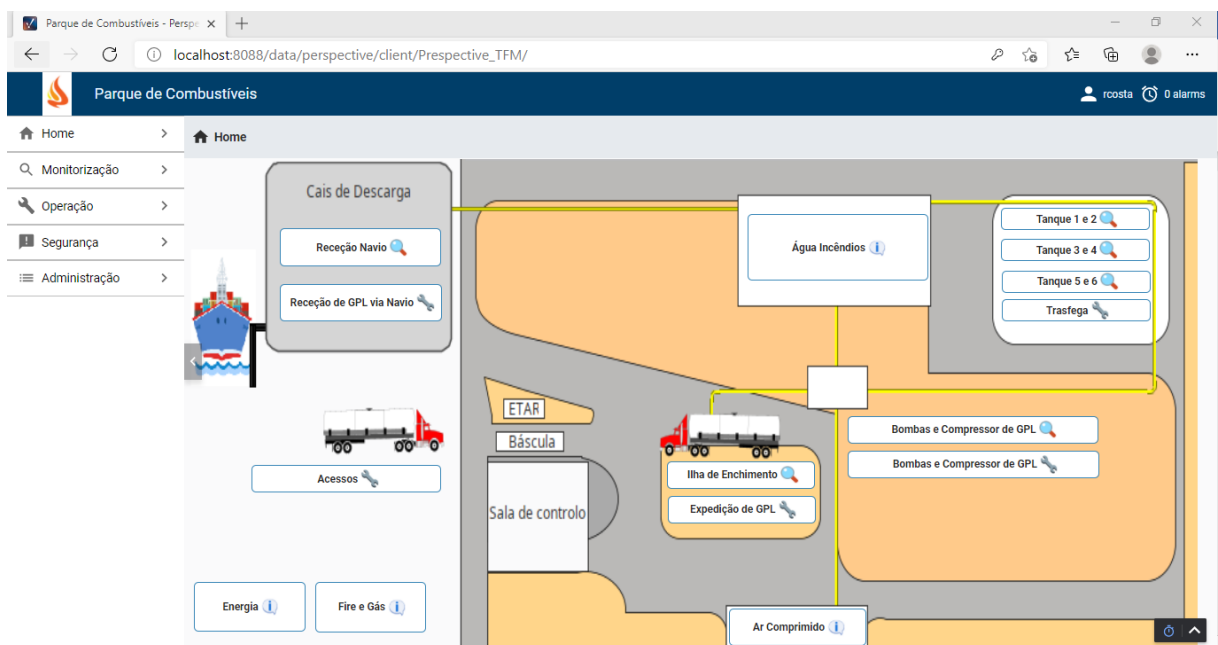


Figura A7.2 - Página *Home* (Ecrã Grande)

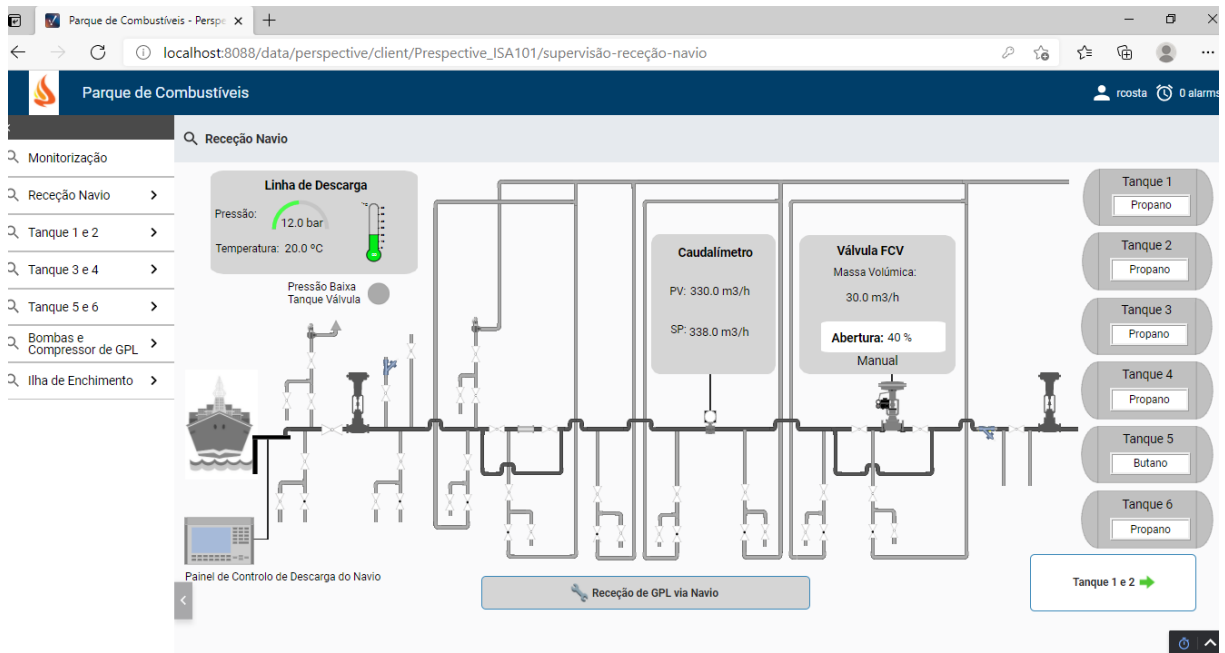


Figura A7.3 - Página Monitorização – Receção Navio (Ecrã Grande)

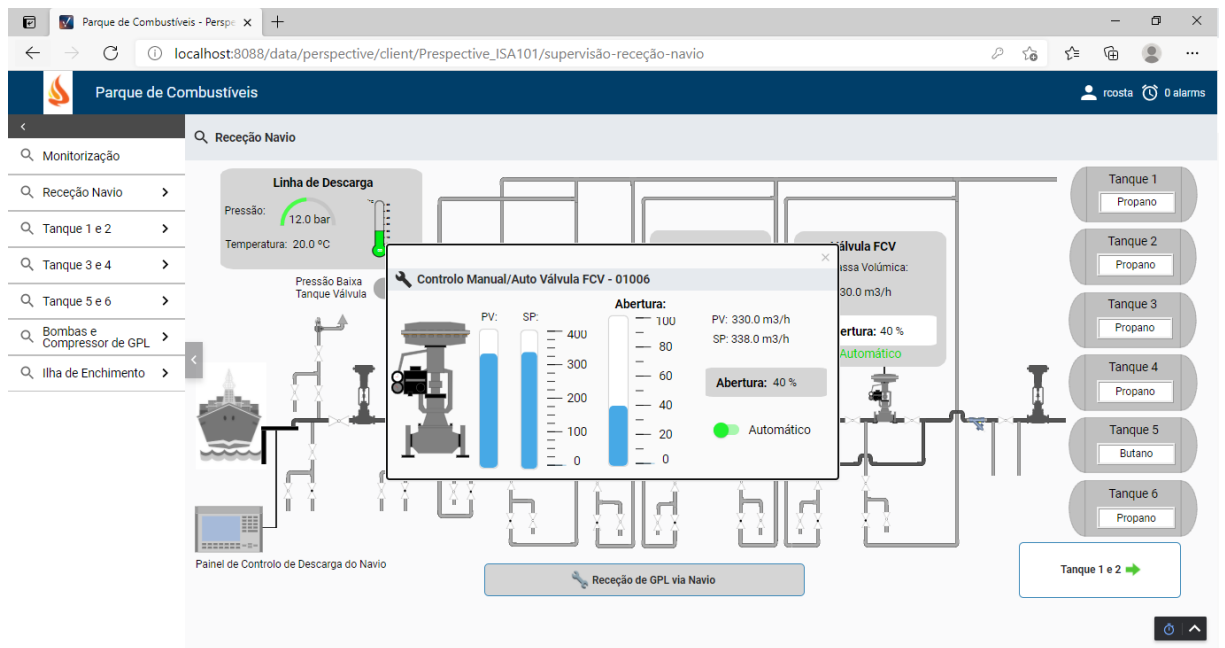


Figura A7.4 - Página Monitorização – Receção Navio – *Pop-up* Controlo Manual/Auto Válvula FCV-01006 (Ecrã Grande)

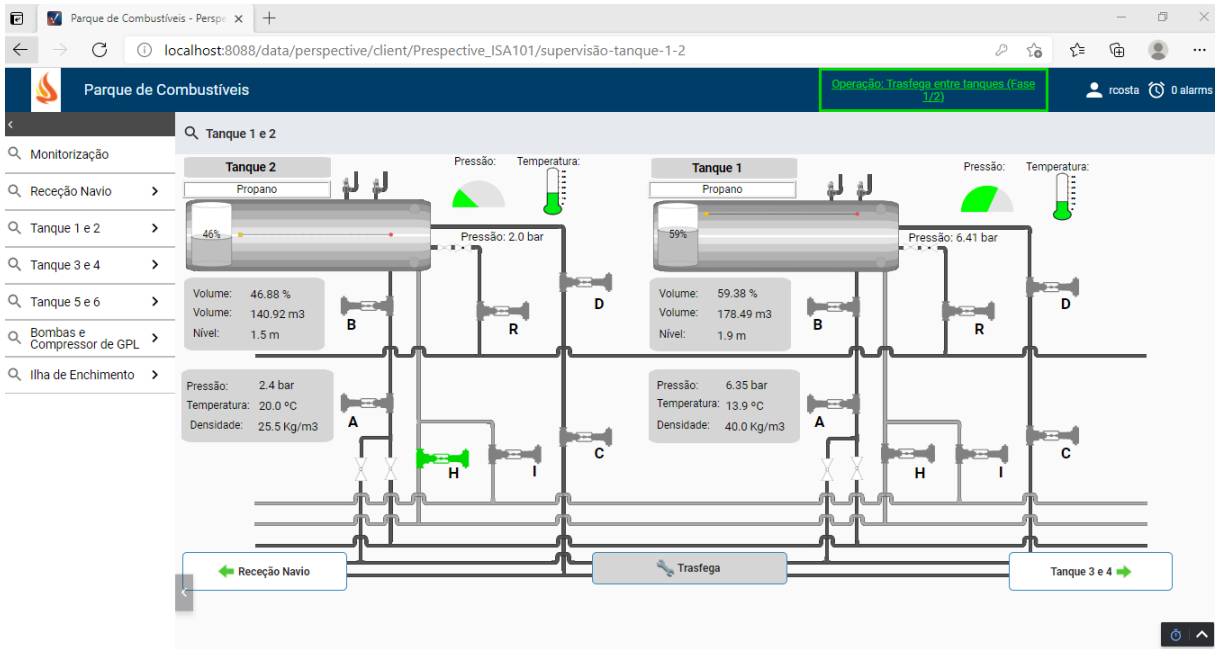


Figura A7.5 - Página Monitorização – Tanque 1 e 2 (Ecrã Grande)

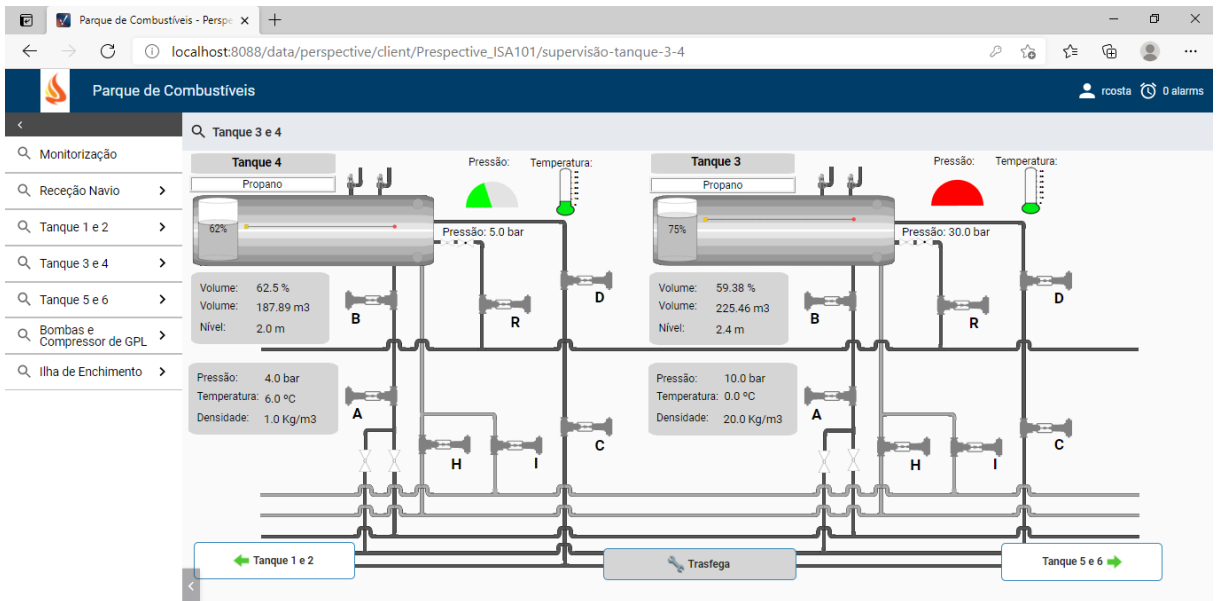


Figura A7.6 - Página Monitorização – Tanque 3 e 4 (Ecrã Grande)

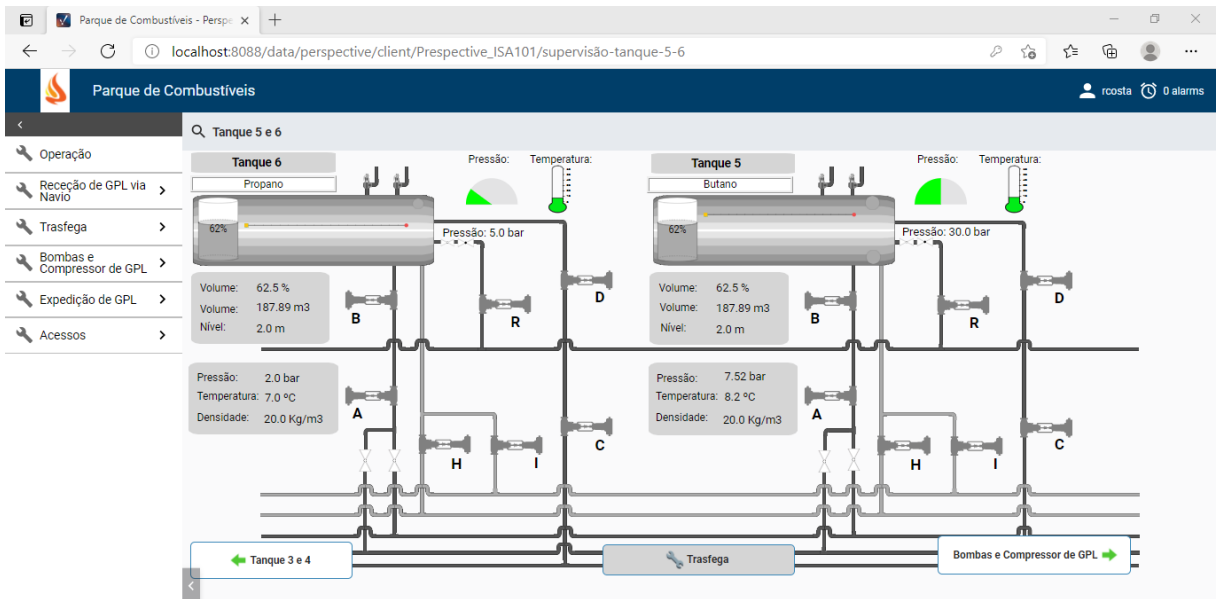


Figura A7.7 - Página Monitorização – Tanque 5 e 6 (Ecrã Grande)

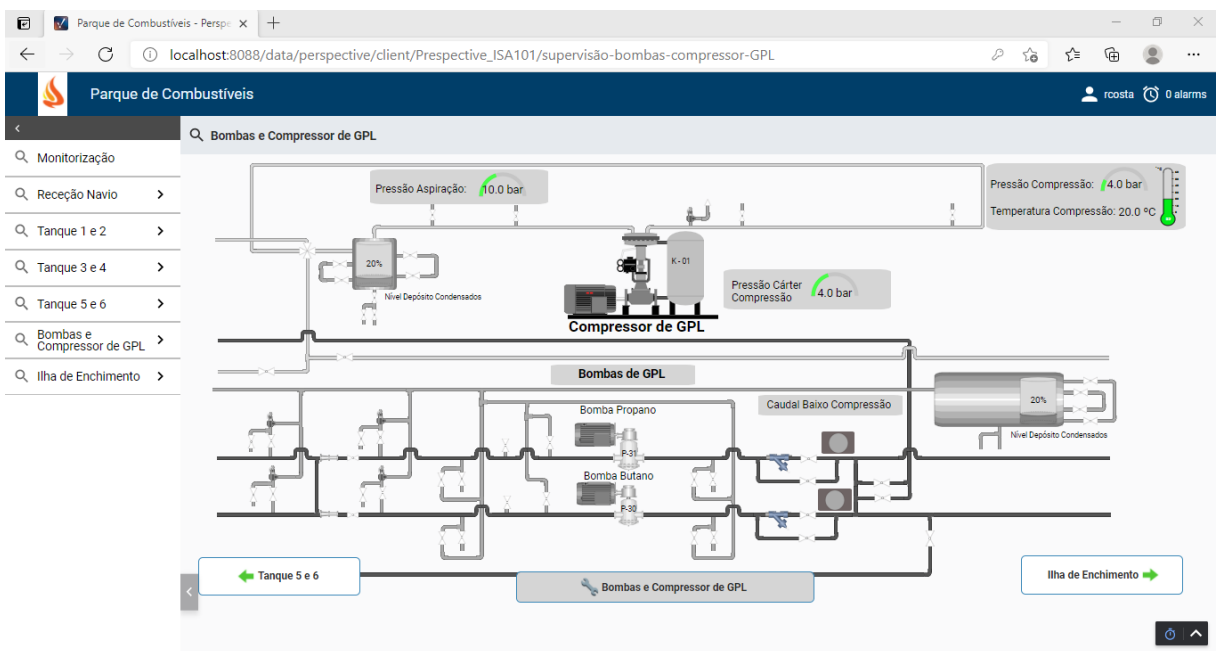


Figura A7.8 - Página Monitorização – Bombas e Compressor de GPL (Ecrã Grande)

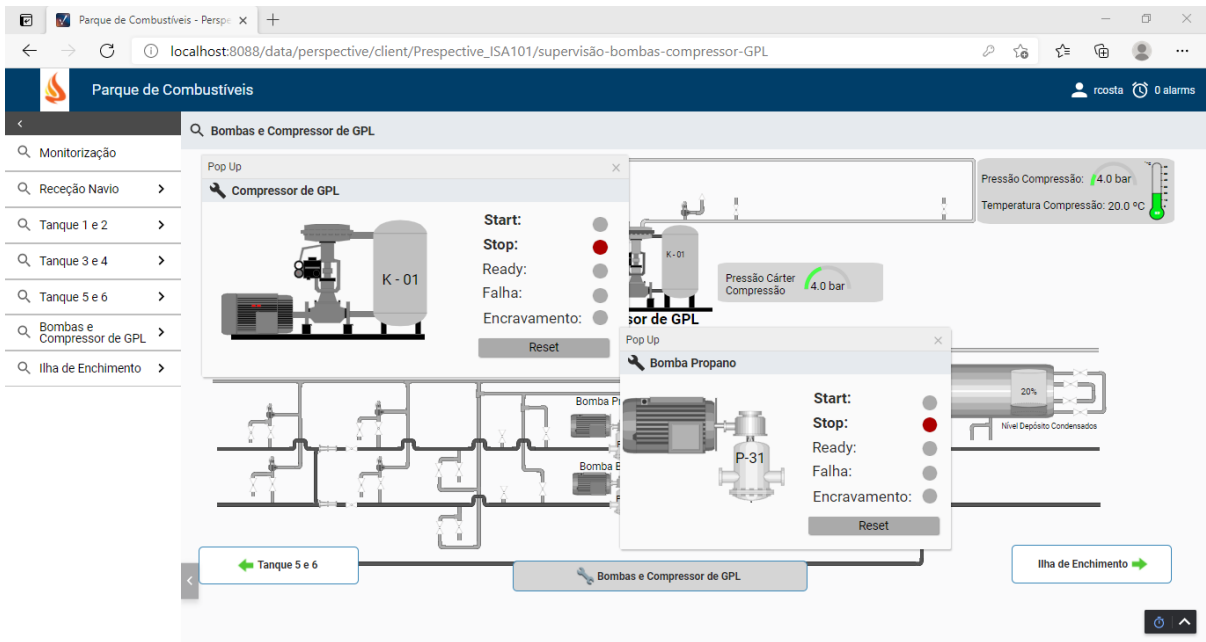


Figura A7.9 - Página Monitorização – Bombas e Compressor de GPL – *Pop-up* Bomba de Butano e *Pop-up* Compressor de GPL (Ecrã Grande)

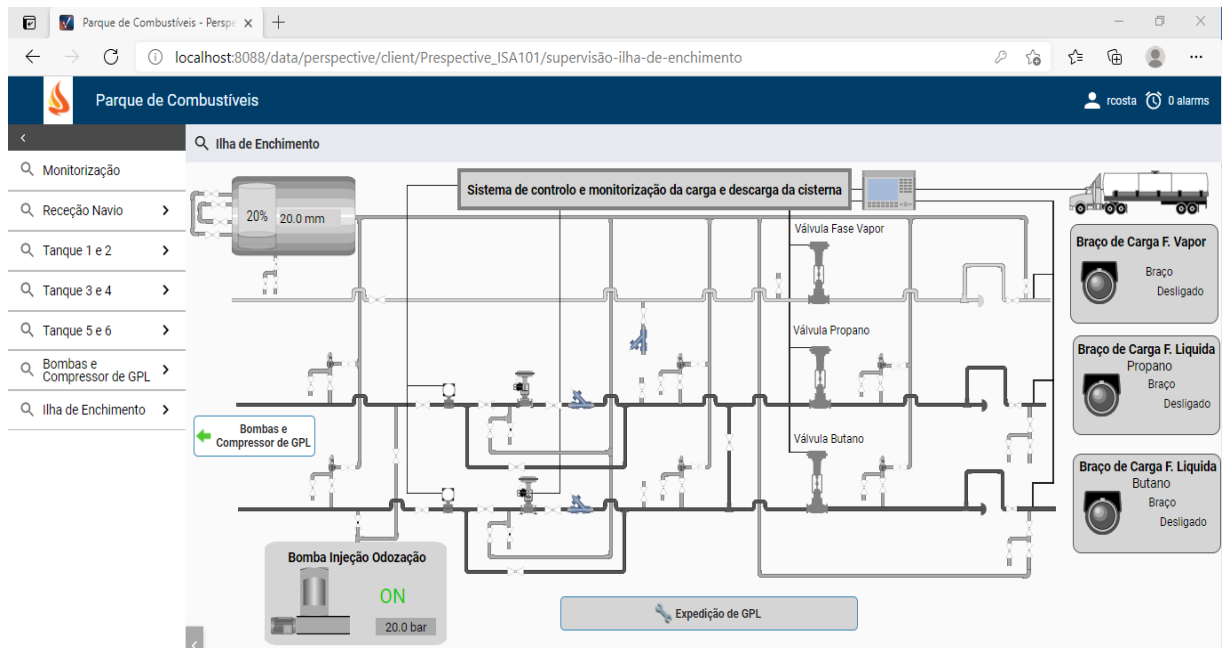


Figura A7.10 - Página Monitorização – Ilha de Enchimento (Ecrã Grande)

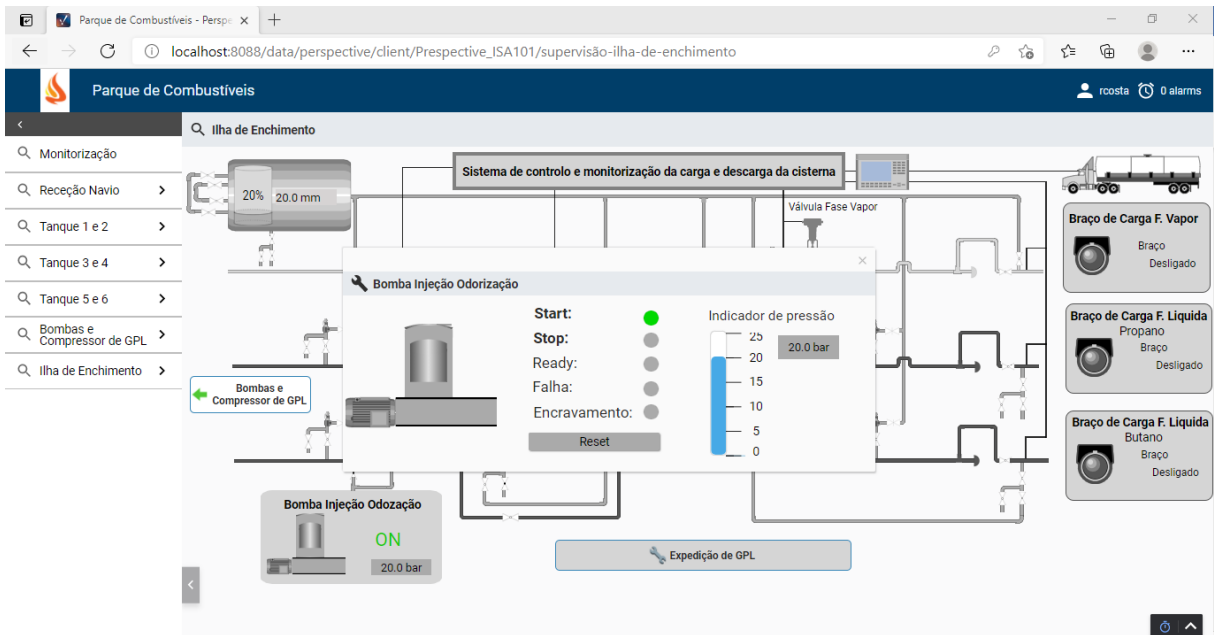


Figura A7.11 - Página Monitorização – Ilha de Enchimento – *Pop-up* Bomba Injeção Odozização (Ecrã Grande)

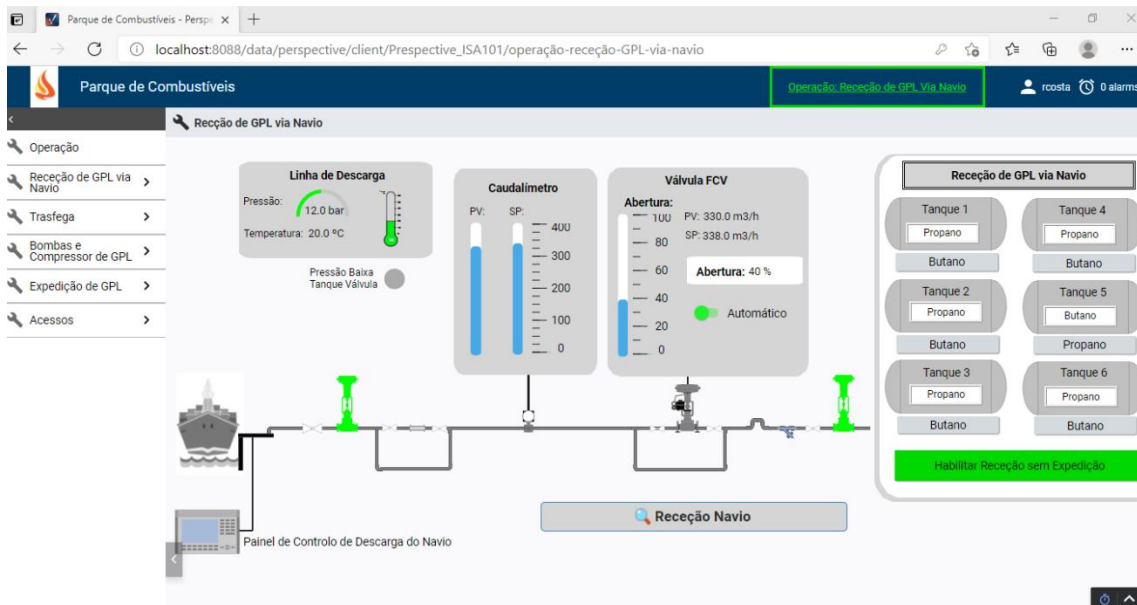


Figura A7.12 - Página Operação – Receção de GPL via Navio (Ecrã Grande)

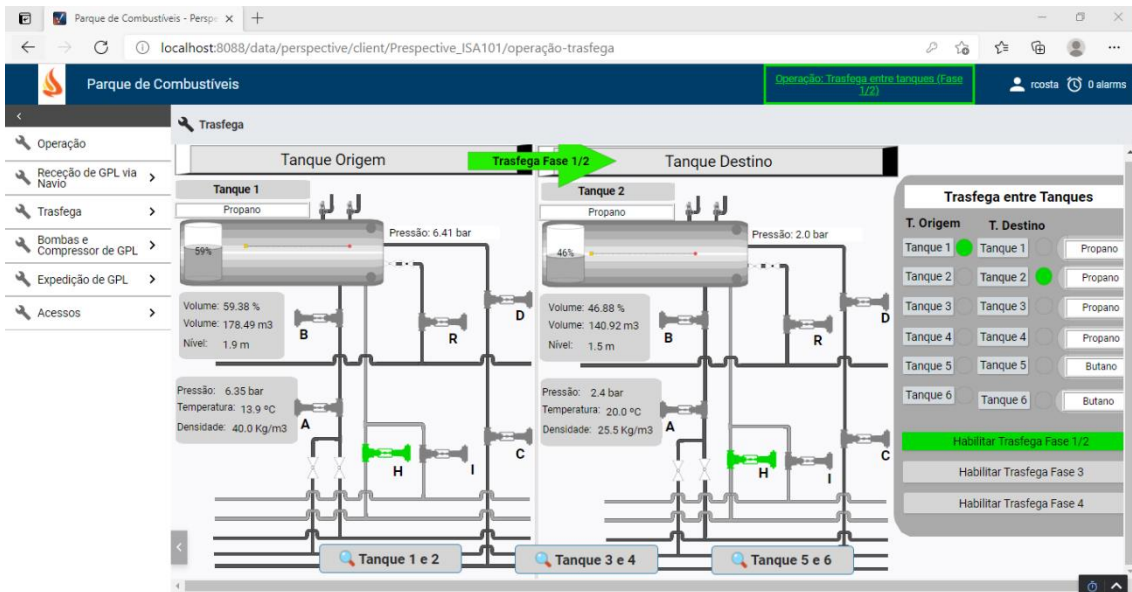


Figura A7.13 - Página Operação – Trasfega (Ecrã Grande)

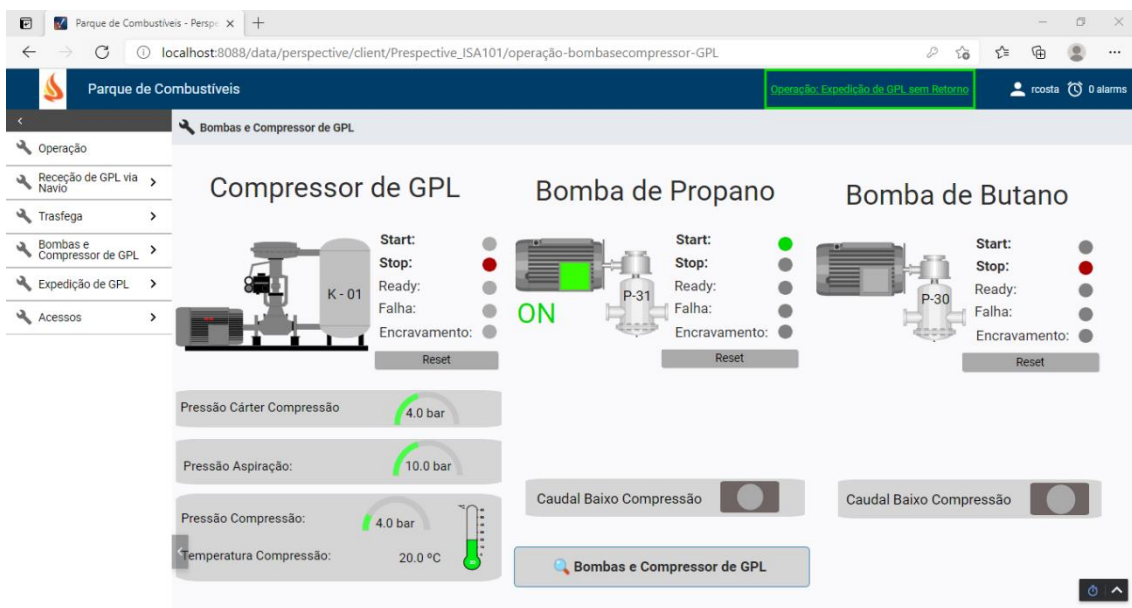


Figura A7.14 - Página Operação – Bombas e Compressor de GPL (Ecrã Grande)

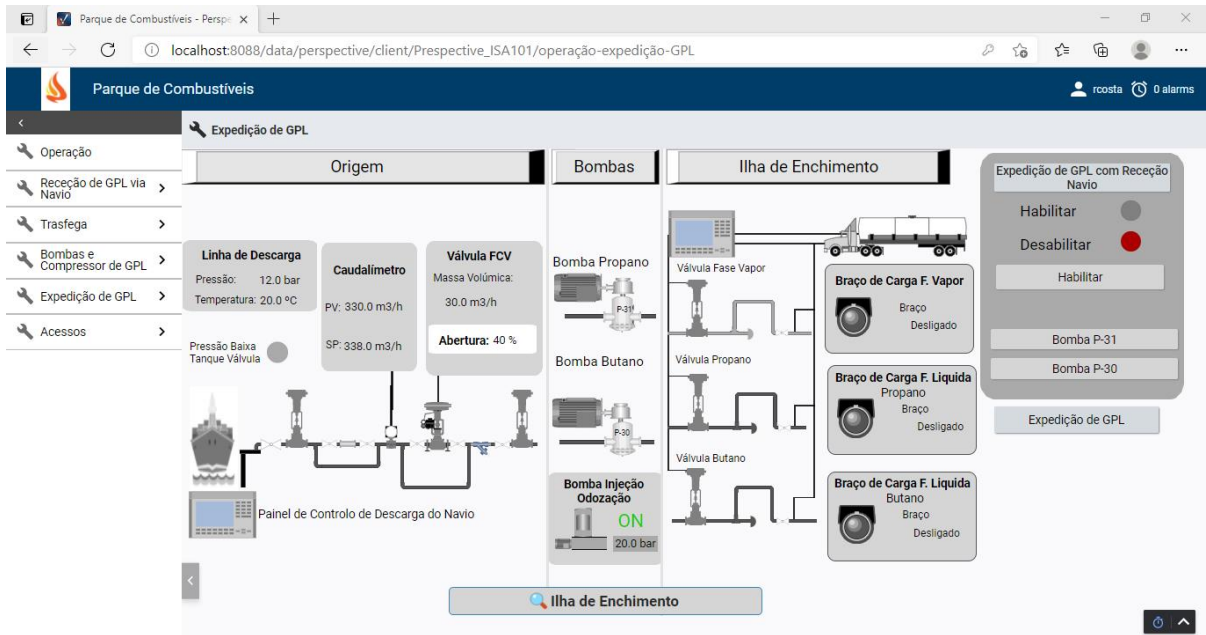


Figura A7.15 - Página Operação – Expedição de GPL com Receção do Navio (Ecrã Grande)

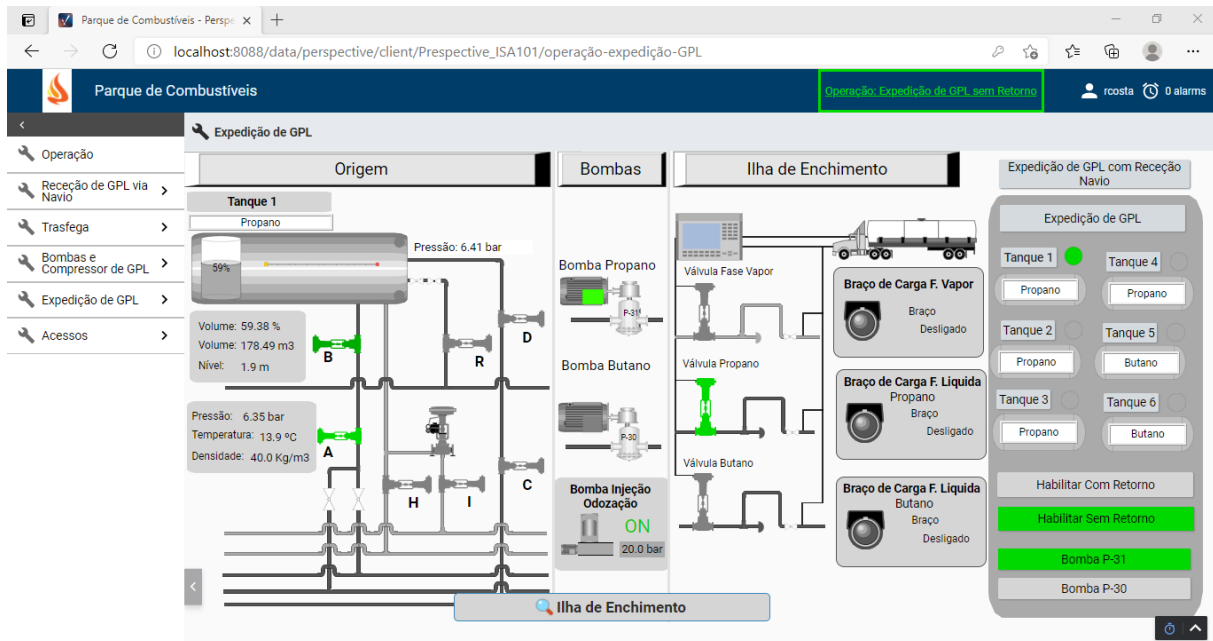


Figura A7.16 - Página Operação – Expedição de GPL com Receção do Tanque (Ecrã Grande)

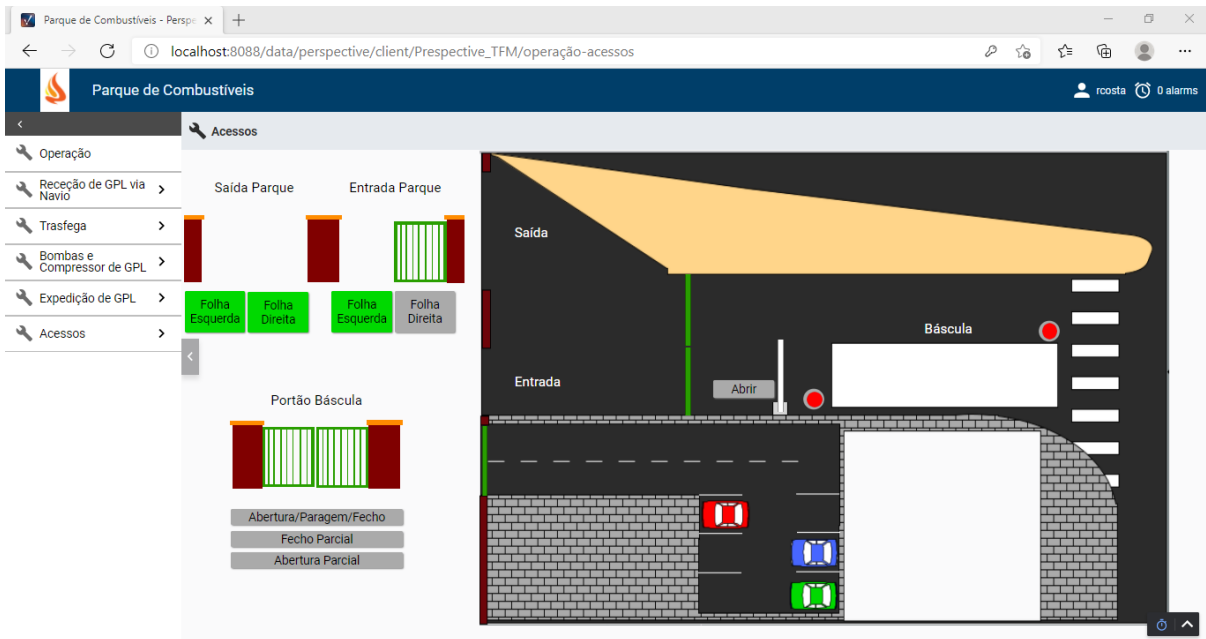


Figura A7.17 - Página Operação – Acessos (Ecrã Grande)

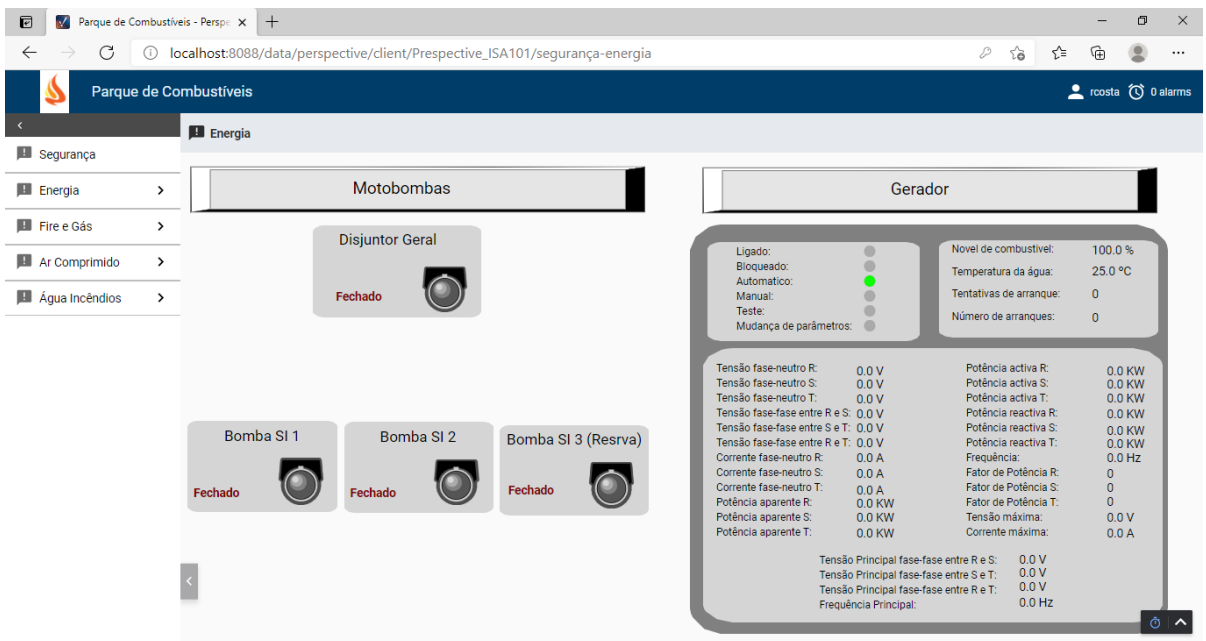


Figura A7.18 - Página Segurança – Energia (Ecrã Grande)

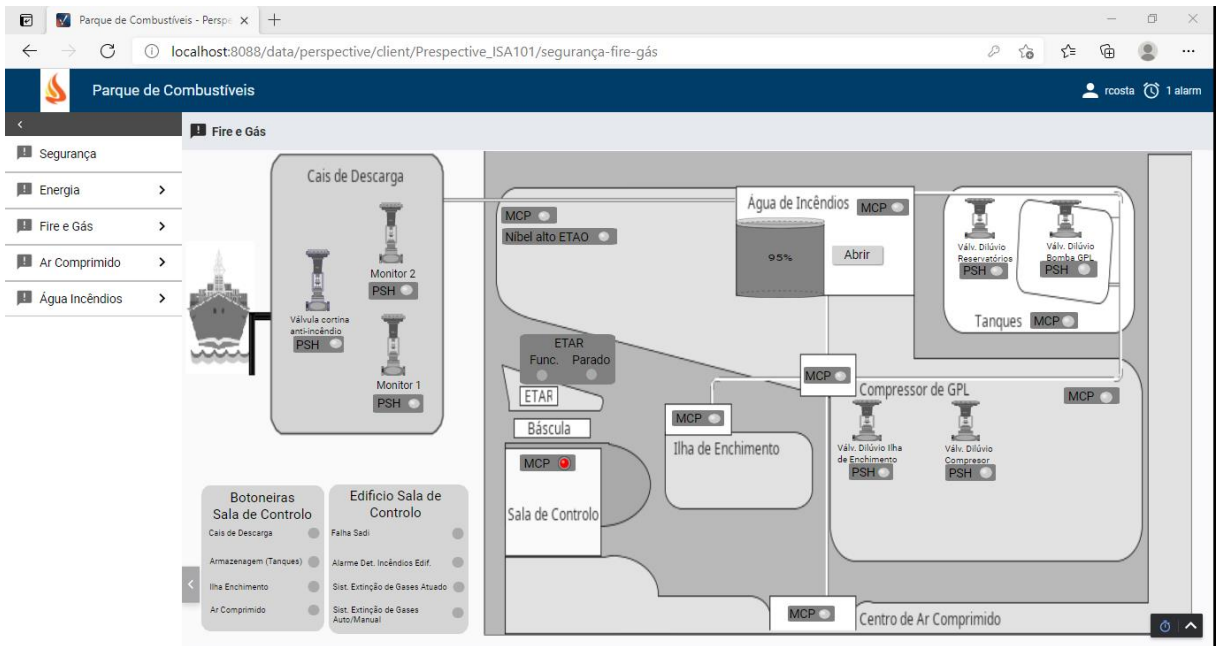


Figura A7.19 - Página Segurança – Fire e Gás (Ecrã Grande)

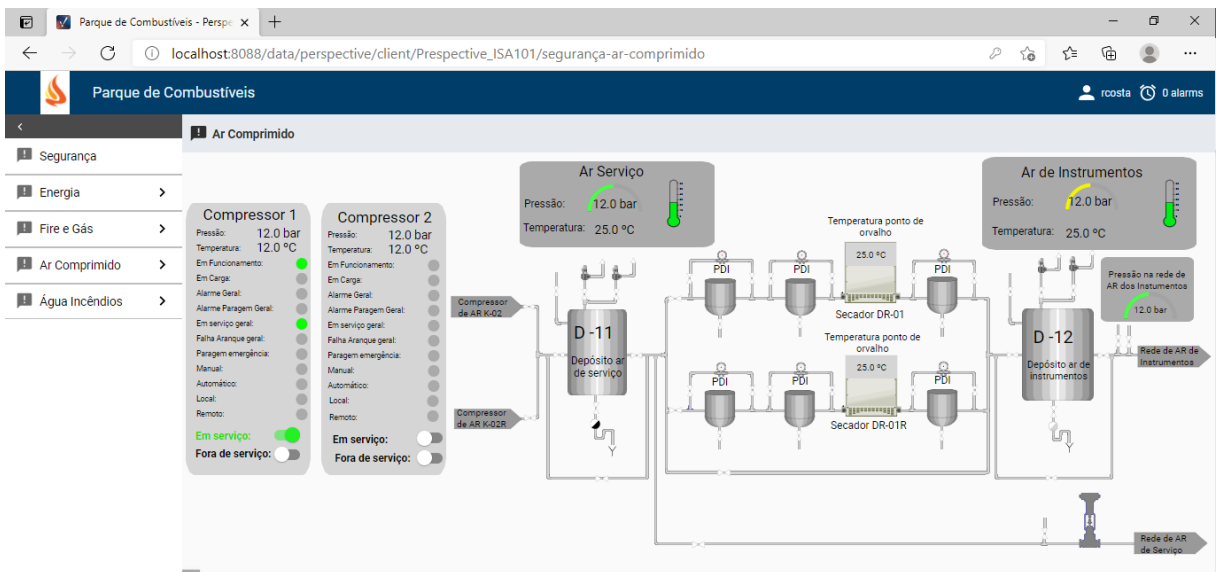


Figura A7.20 - Página Segurança – Ar Comprimido (Ecrã Grande)

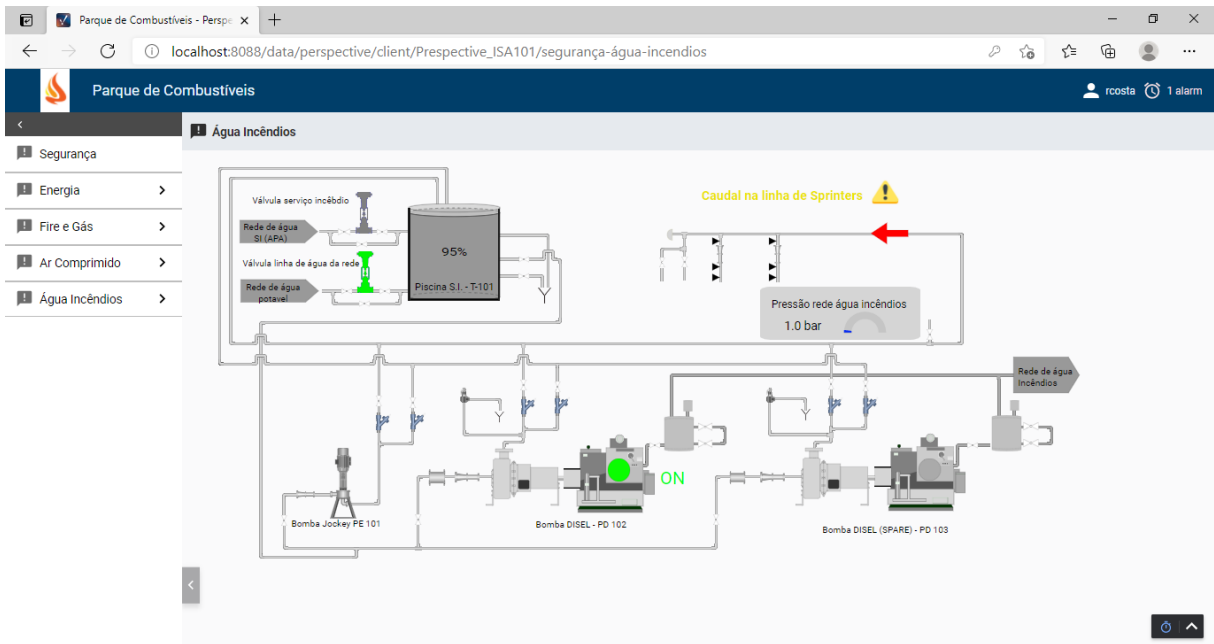


Figura A7.21 - Página Segurança – Água Incêndios (Ecrã Grande)

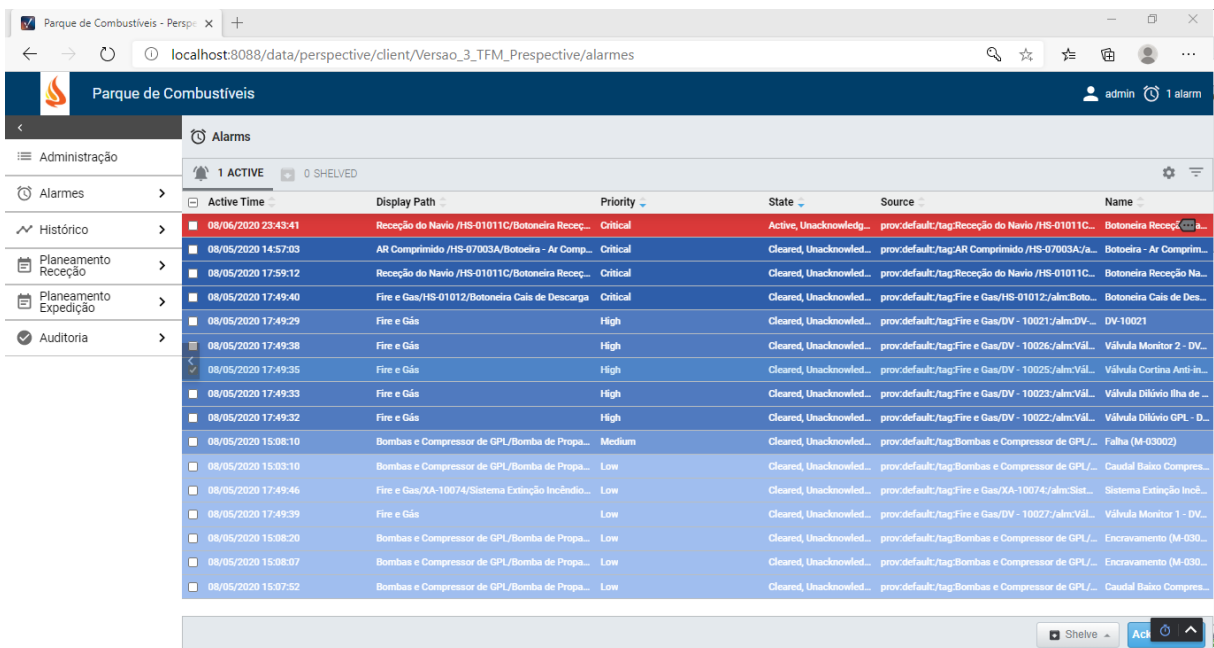


Figura A7.22 - Página Administração – Alarmes (Ecrã Grande)

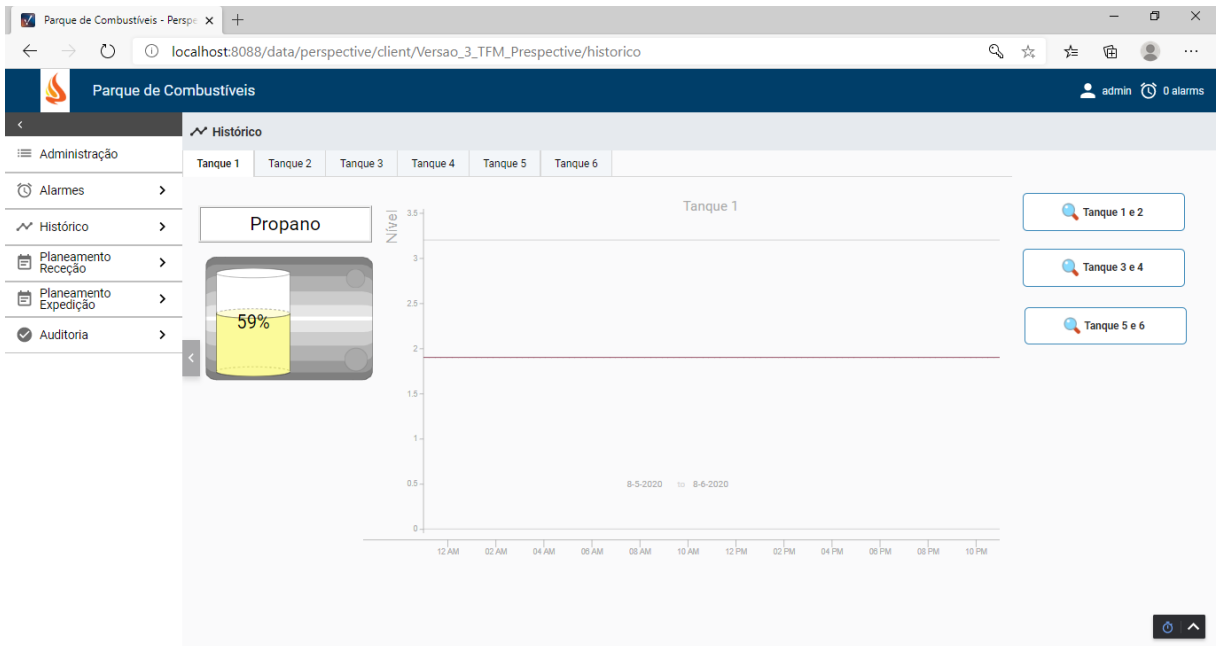


Figura A7.23 - Página Administração – Histórico (Tanque 1) (Ecrã Grande)

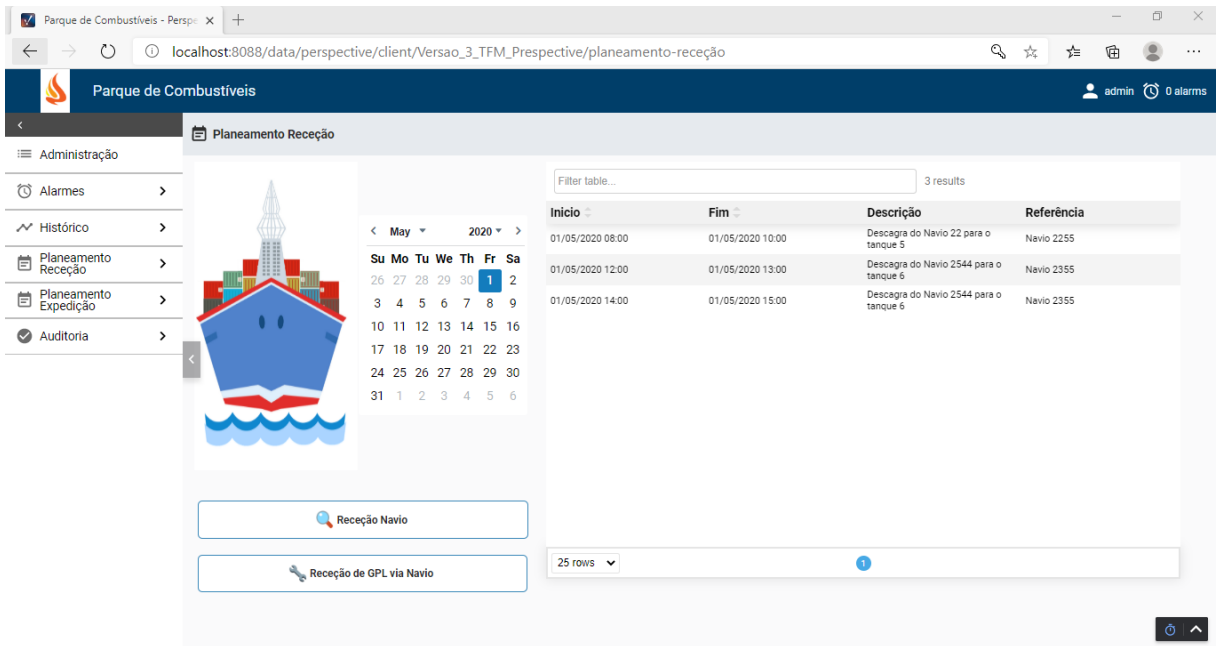


Figura A7.24 - Página Administração – Planeamento Receção (Ecrã Grande)

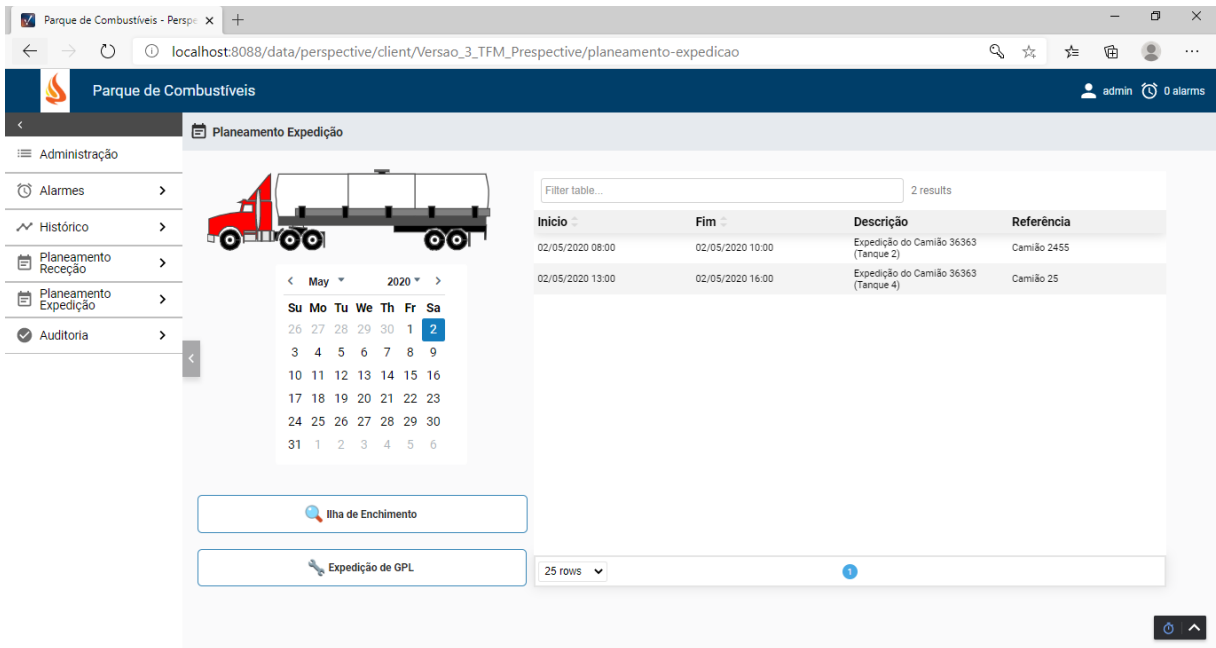


Figura A7.25 - Página Administração – Planeamento Expedição (Ecrã Grande)

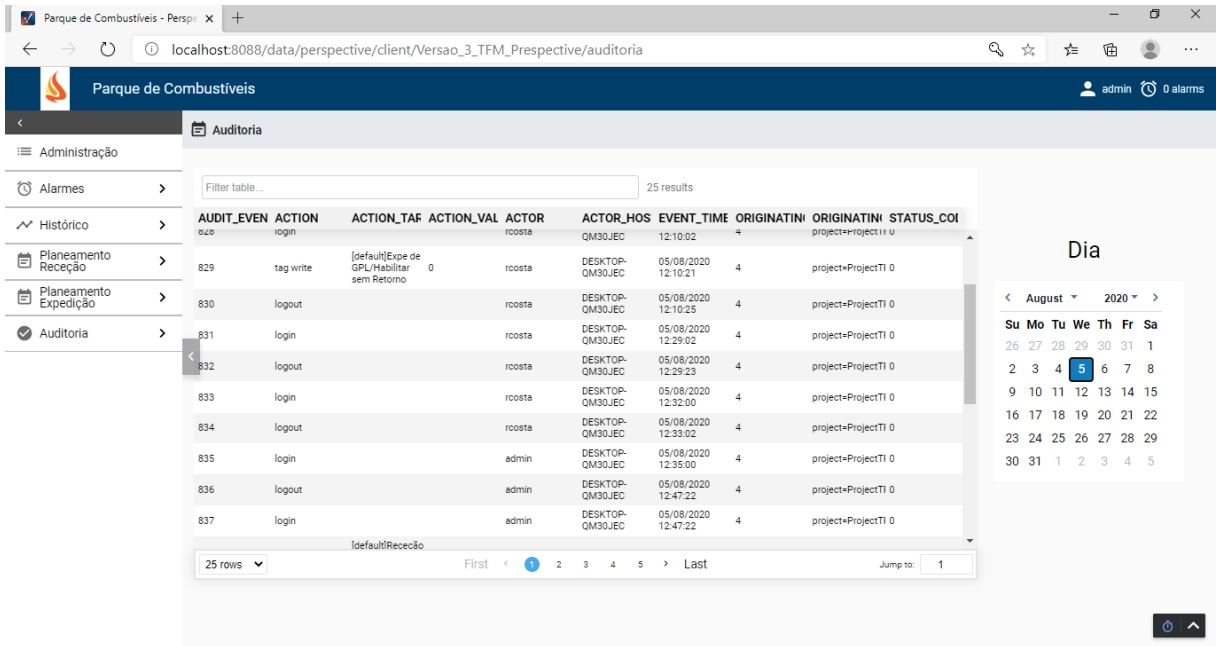


Figura A7.26 - Página Administração – Auditoria (Ecrã Grande)

Ecrã pequeno

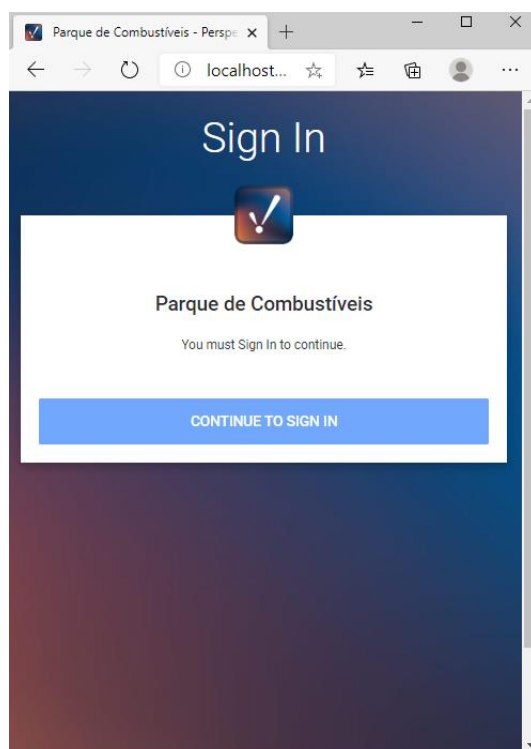


Figura A7.27 - Página *Sign IN* (Ecrã Pequeno)



Figura A7.28 - Página *Home* (Ecrã Pequeno)

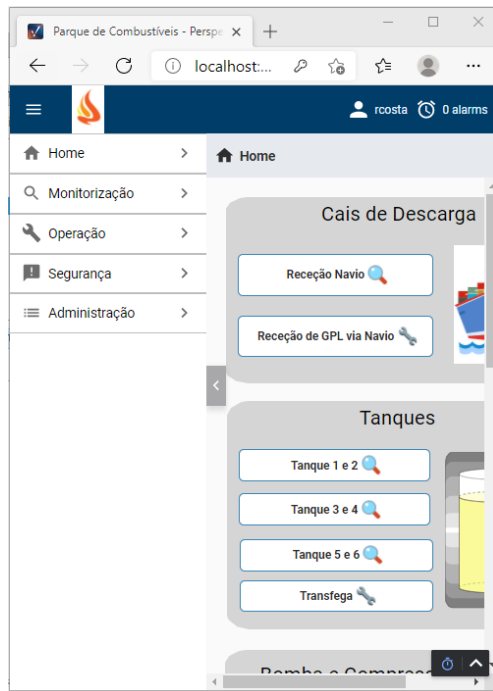


Figura A7.29 - Página *Home* – Menu de Navegação (Ecrã Pequeno)

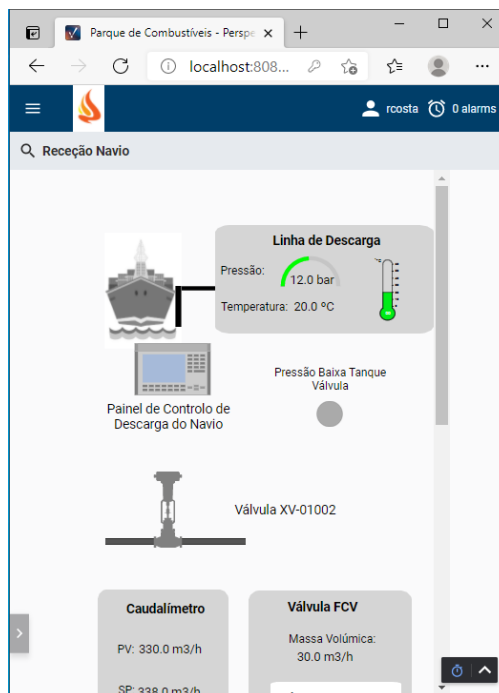


Figura A7.30 – Página Monitorização – Receção Navio (Ecrã Pequeno)

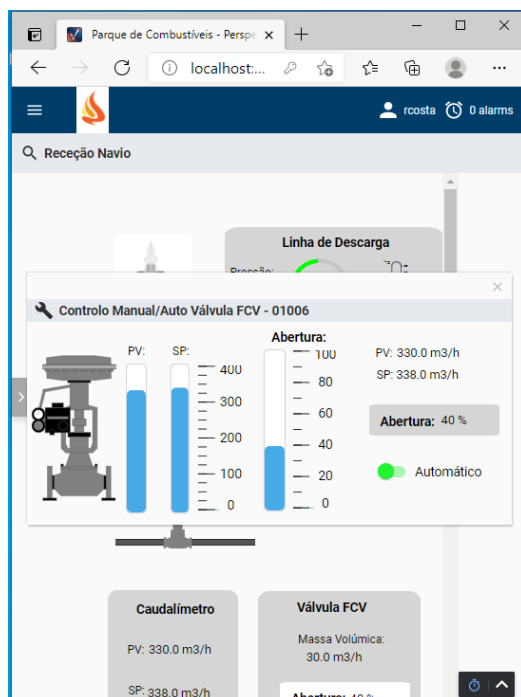


Figura A7.31 - Página Monitorização – Receção Navio – *Pop-up Control Manual/Auto Válvula FCV-01006* (Ecrã Pequeno)

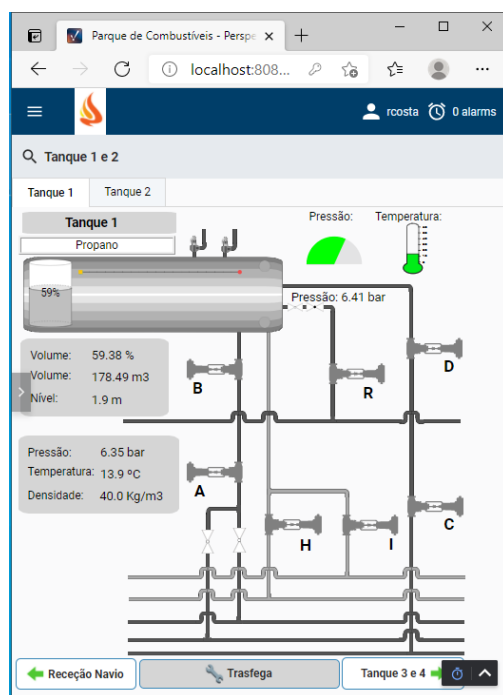


Figura A7.32 - Página Monitorização – Tanque 1 e 2 (Ecrã Pequeno)

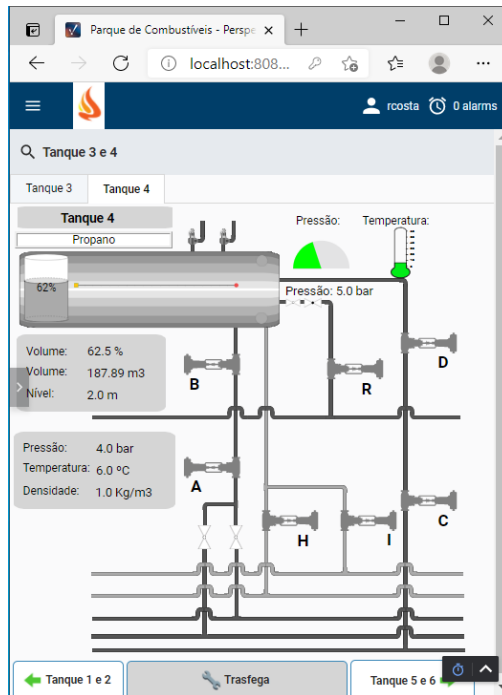


Figura A7.33 - Página Monitorização – Tanque 3 e 4 (Ecrã Pequeno)

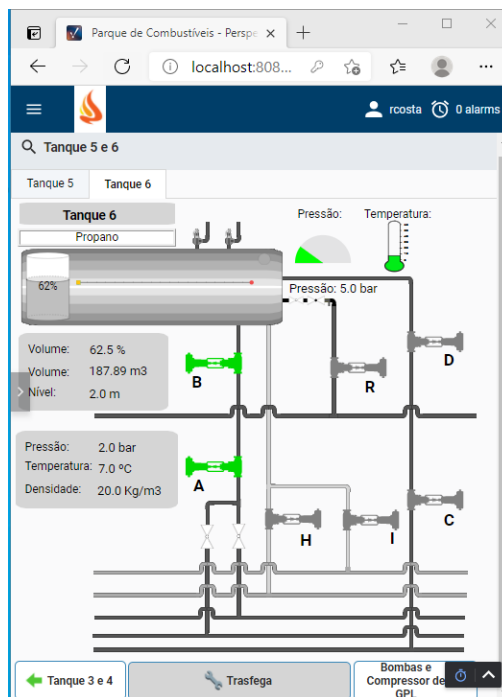


Figura A7.34 - Página Monitorização – Tanque 5 e 6 (Ecrã Pequeno)

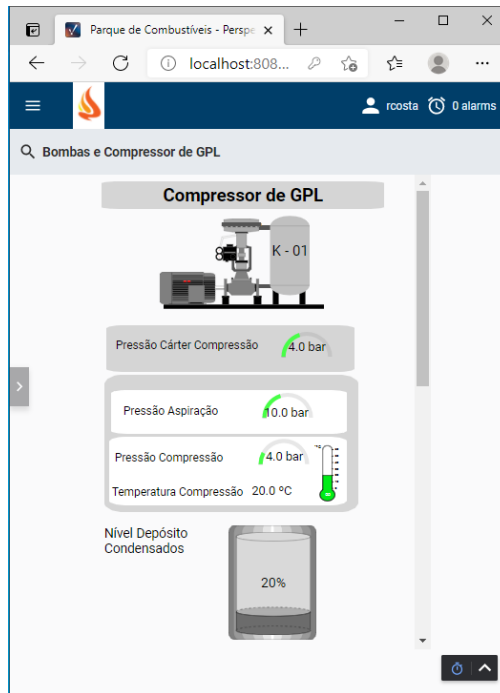


Figura A7.35 - Página Monitorização – Bombas e Compressor de GPL (Ecrã Pequeno)

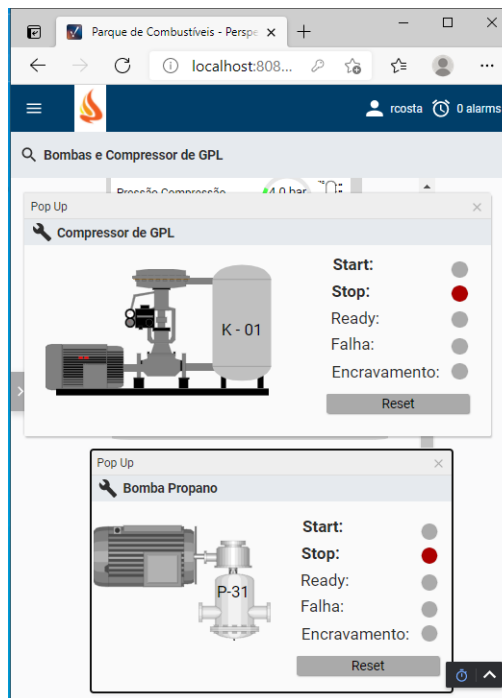


Figura A7.36 - Página Monitorização – Bombas e Compressor de GPL – *Pop-up* Bomba de Propano e *Pop-up* Compressor de GPL (Ecrã Pequeno)

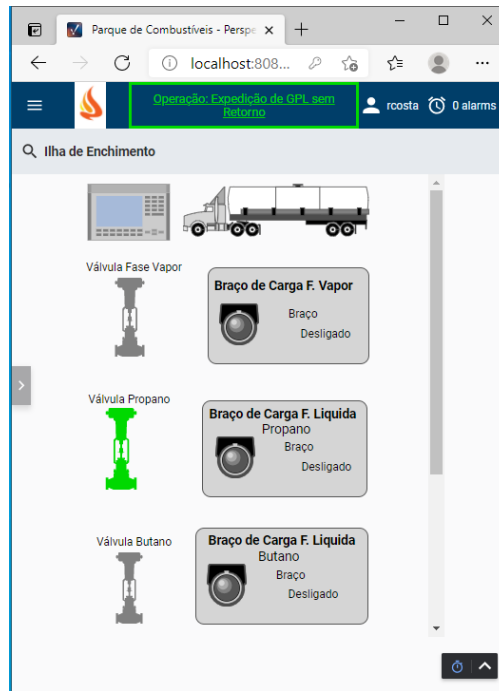


Figura A7.37 - Página Monitorização – Ilha de Enchimento (Ecrã Pequeno)

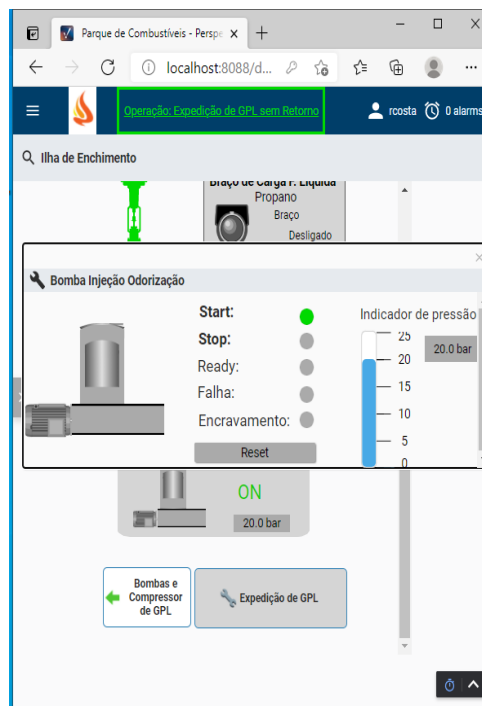


Figura A7.38 - Página Monitorização – Ilha de Enchimento – *Pop-up* Bomba Injeção Odorização (Ecrã Pequeno)

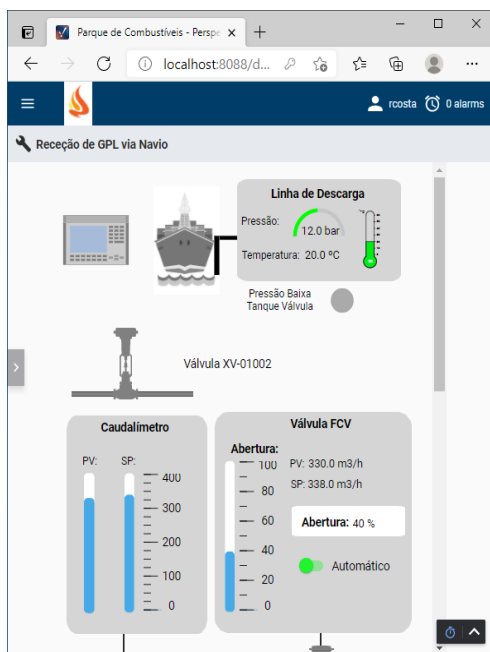
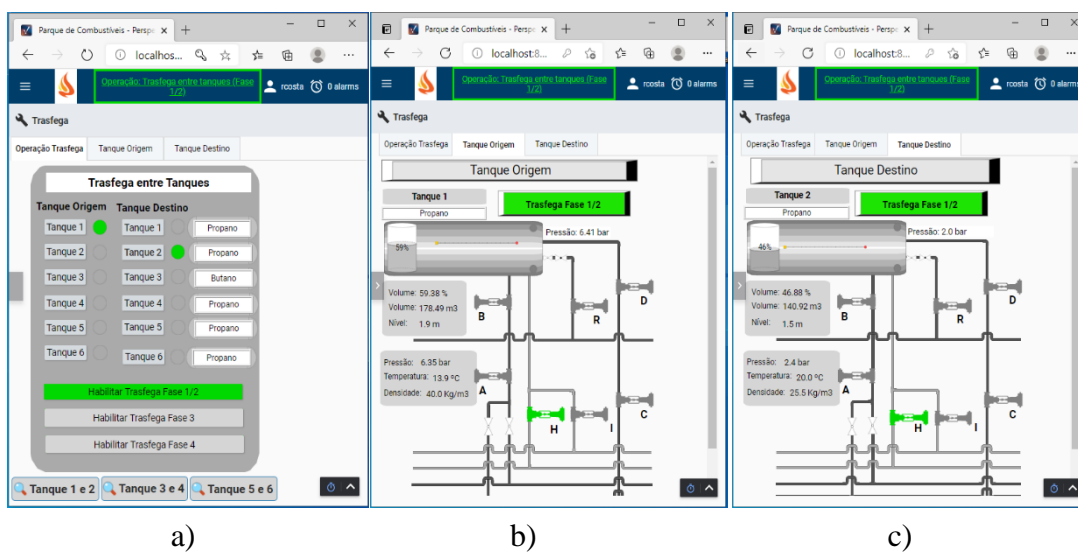


Figura A7.39 - Página Operação – Receção de GPL via Navio (Ecrã Pequeno)



a)

b)

c)

Figura A7.40 - Página Operação – Trasfega (Ecrã Pequeno)

a) Operação de Trasfega; b) Tanque Origem; c) Tanque Destino

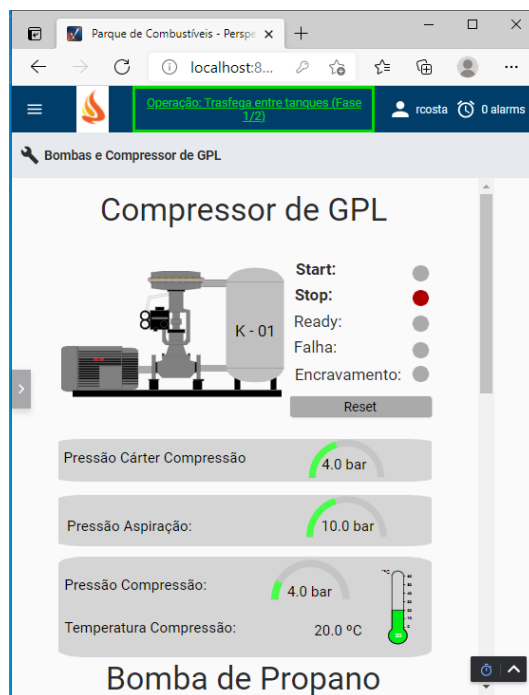
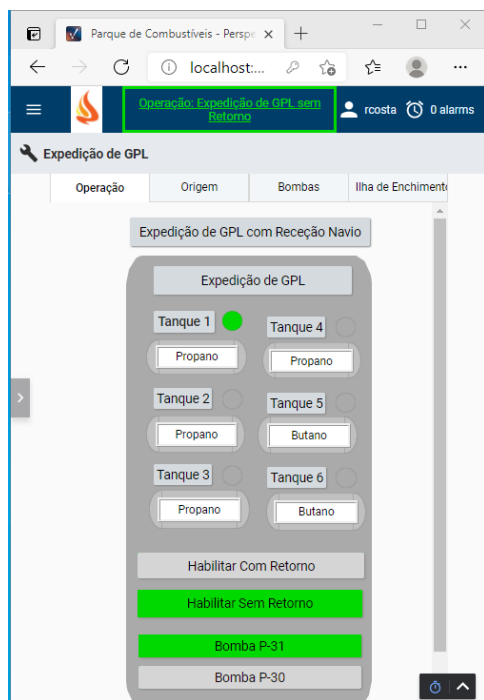
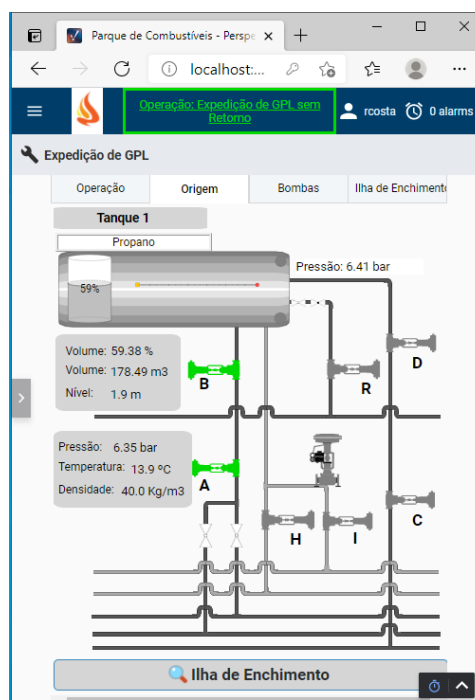


Figura A7. 41 - Página Operação – Bombas e Compressor de GPL (Ecrã Pequeno)



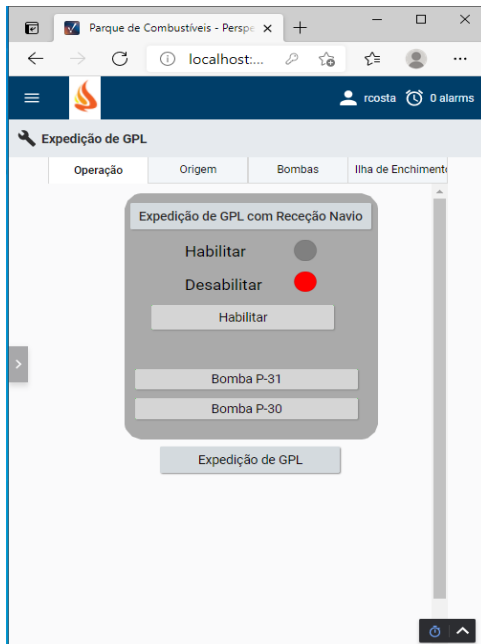
a)



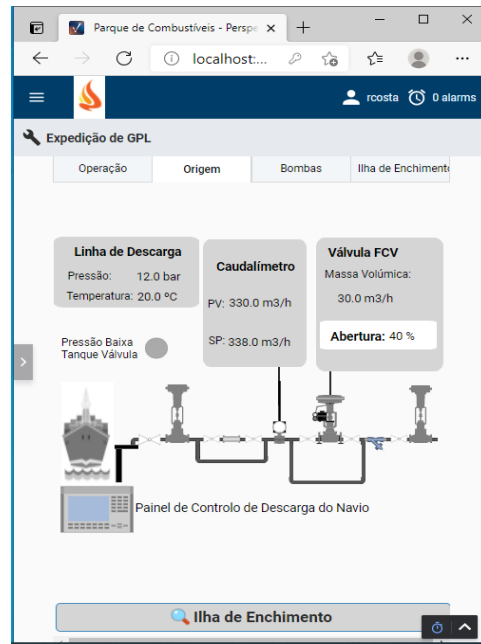
b)

Figura A7.42 - Página Operação – Expedição de GPL com Receção do Tanque (Ecrã Pequeno)

a) Operação Expedição de GPL; b) Origem –Tanque.



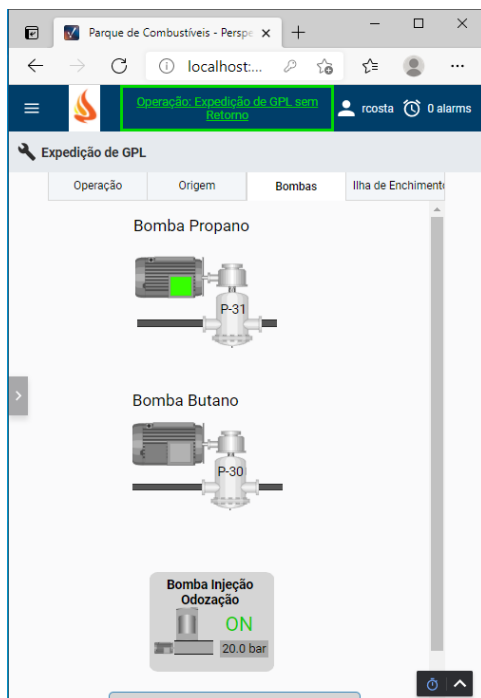
a)



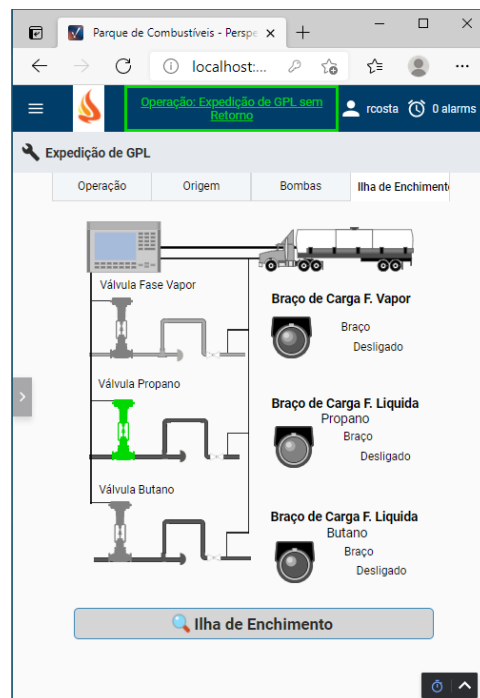
b)

Figura A7.43 - Página Operação – Expedição de GPL com Receção do Navio (Ecrã Pequeno)

a) Operação Expedição de GPL com Receção Navio; b) Origem - Navio.



a)



b)

Figura A7.44 - Página Operação - Expedição de GPL (Ecrã Pequeno);

a) Bombas; b) Ilha de Enchimento.

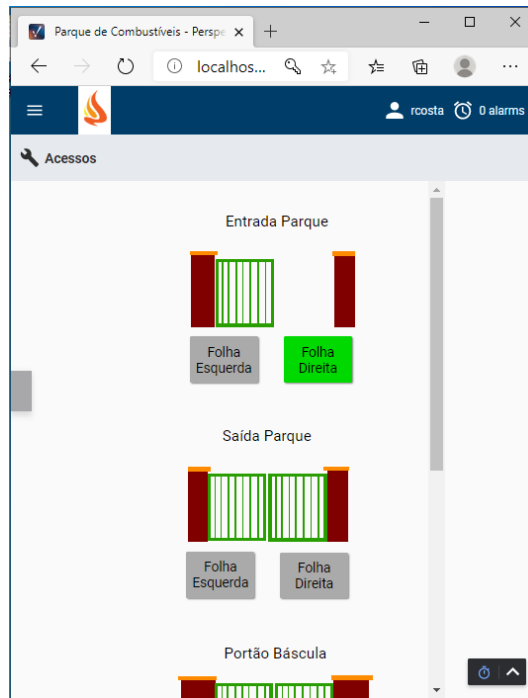


Figura A7.45 - Página Operação – Acessos (Ecrã Pequeno)

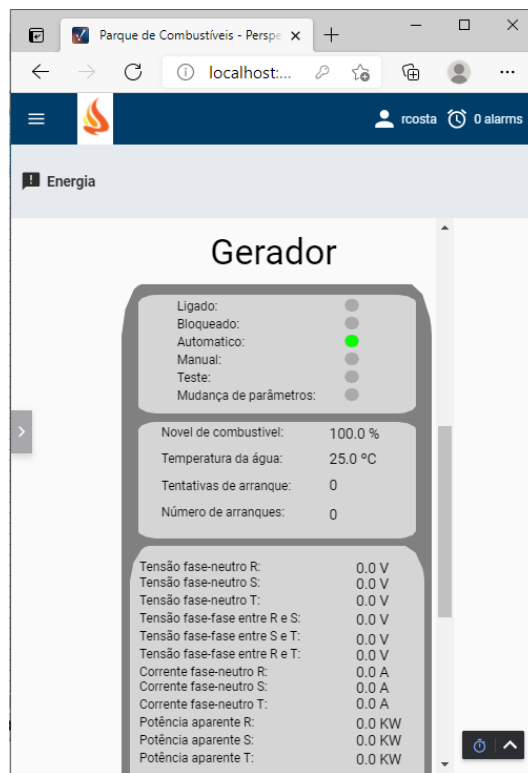


Figura A7.46 - Página Segurança – Energia (Ecrã Pequeno)



Figura A7.47 - Página Segurança – *Fire e Gás* (Ecrã Pequeno)

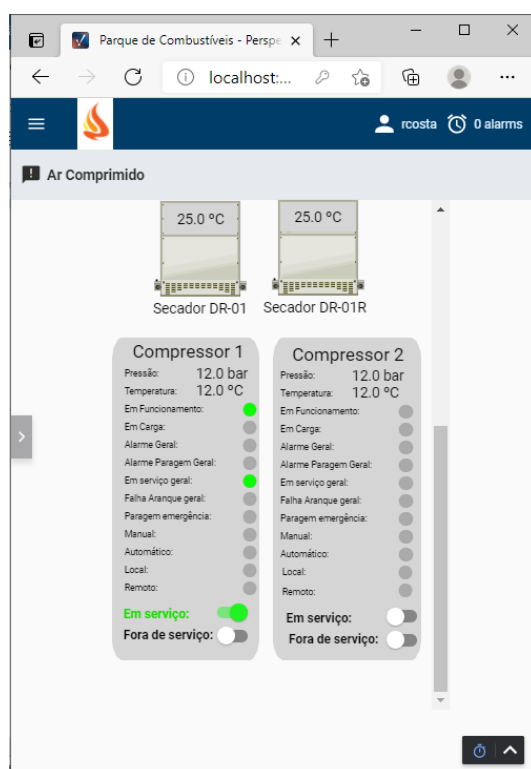


Figura A7.48 - Página Segurança – *Ar Comprimido* (Ecrã Pequeno)

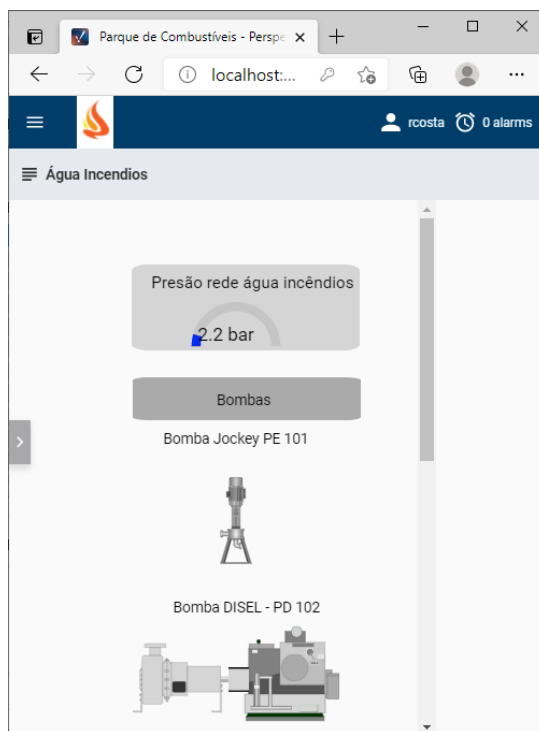


Figura A7.49 - Página Segurança – Água Incêndios (Ecrã Pequeno)

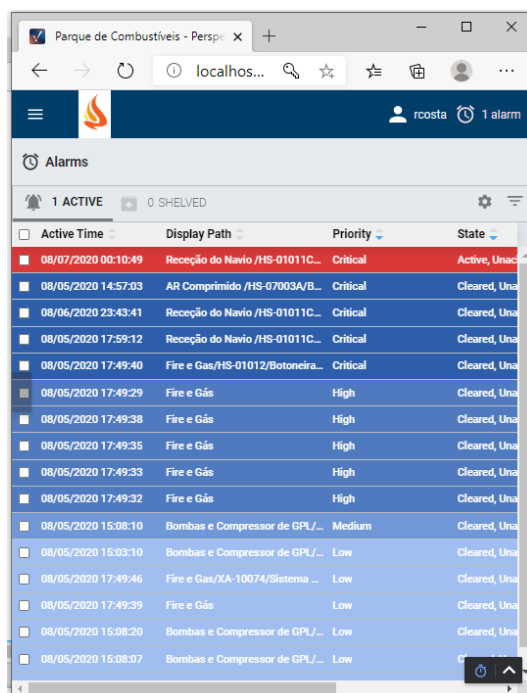


Figura A7.50 - Página Administração - Alarmes (Ecrã Pequeno)

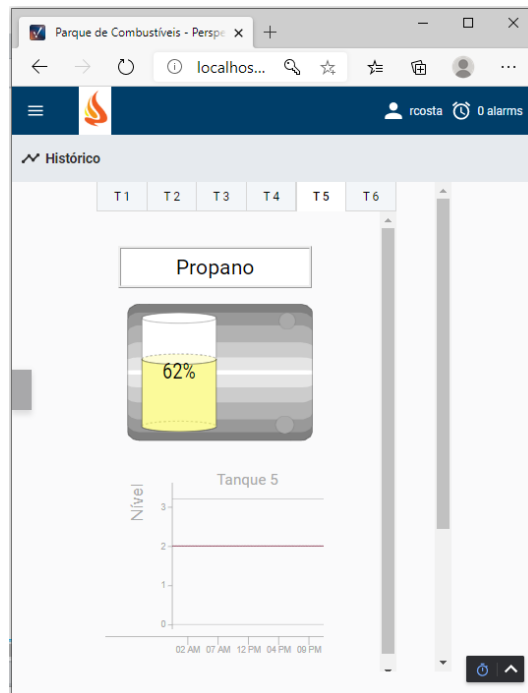


Figura A7.51 - Página Administração – Histórico (Tanque 5) (Ecrã Pequeno)

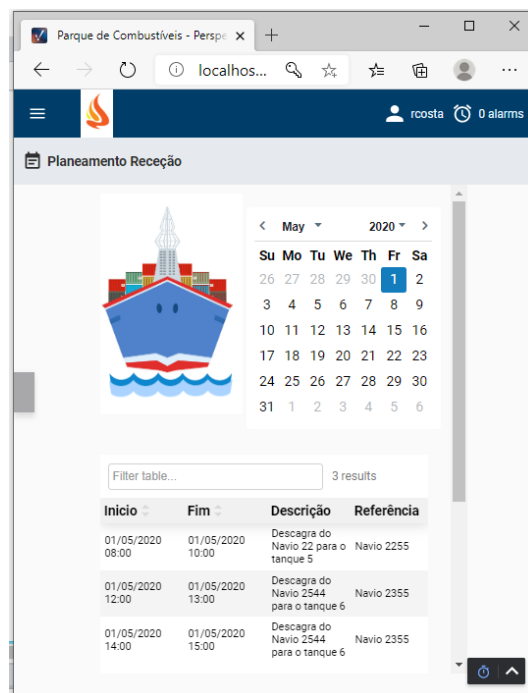


Figura A7.52 - Página Administração - Planeamento Receção (Ecrã Pequeno)

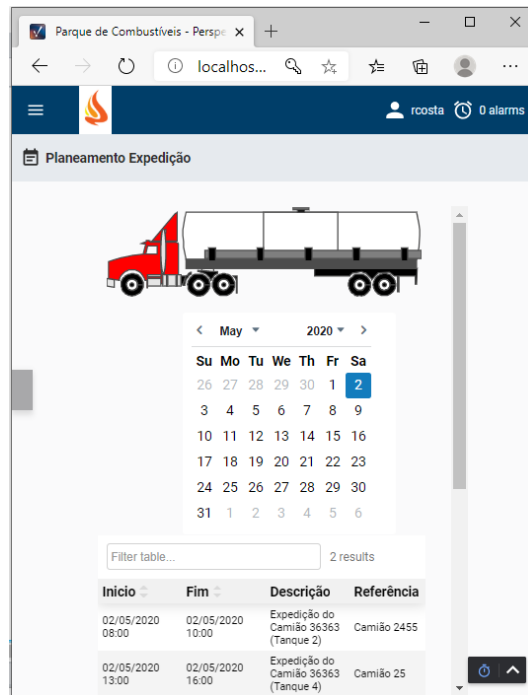


Figura A7.53 - Página Administração – Planeamento Expedição (Ecrã Pequeno)

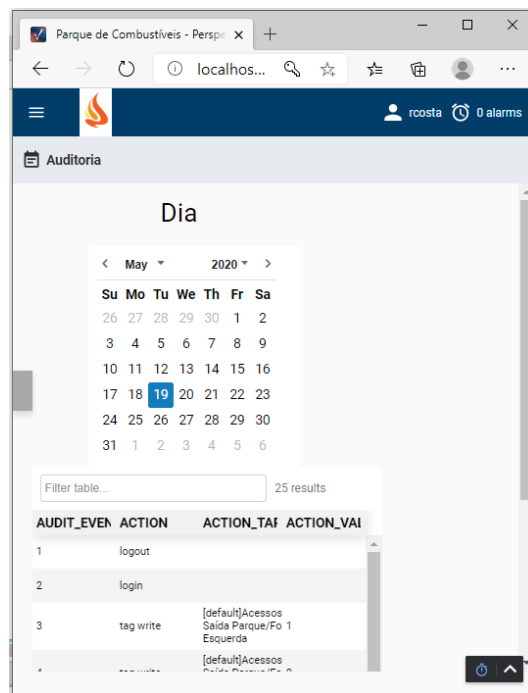


Figura A7.54 - Página Administração – Auditoria (Ecrã Pequeno)