UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS COMPUTACIONAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM COMPUTAÇÃO
CURSO DE MESTRADO EM ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO

Dissertação de Mestrado

Smartlog: Uma arquitetura para rastreamento de blocos em estaleiros navais

Thiago Manuel Fortunato da Costa

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Computação da Universidade Federal do Rio Grande, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia de Computação

Orientador: Prof. Dr. Nelson Lopes Duarte Filho
Co-orientadora: Prof^{a}. Dr^{a}. Silvia Silva da Costa Botelho

Rio Grande, 2017

Ficha catalográfica

C837s Costa, Thiago Manuel Fortunato da.
Smartlog: uma arquitetura para rastreamento de blocos em estaleiros navais / Thiago Manuel Fortunato da Costa. – 2017.
88 p.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande – FURG, Programa de Pós-graduação em Computação, Rio Grande/RS, 2017.
Orientador: Dr. Nelson Lopes Duarte Filho.
Coorientadora: Drª. Silvia Silva da Costa Botelho.

1. RFID 2. GPS 3. Rasteio 4. Logística 5. Construção naval 6. Estaleiros I. Duarte Filho, Nelson Lopes II. Botelho, Silvia Silva da Costa III. Título.

CDU 004.8:681.5

Catalogação na Fonte: Bibliotecário Me. João Paulo Borges da Silveira CRB 10/2130

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS COMPUTACIONAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM COMPUTAÇÃO
CURSO DE MESTRADO EM ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

SMARTLOG: UMA ARQUITETURA PARA RASTREAMENTO DE BLOCOS EM ESTALEIRO NAVAL

Thiago Manuel Fortunato da Costa

Banca examinadora:

Prof. Dr. Luiz Felipe Assis

Profa. Dra. Danúbia Bueno Espíndola

Prof. Dr. Nelson Lopes Duarte Filho
Orientador

Profa. Dra. Silvia Silva da Costa Botelho
Coorientadora

Dedico esse projeto a todos que em algum momento participaram na construção do meu conhecimento.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a minha amiga Luiza Rocha e a sua implicância surreal, se não fosse o teu apoio não teria começado essa jornada neste Programa de pós-graduação.

Meus agradecimentos se estendem por todos que participaram no projeto Nautilus LOG, sem eles as pesquisas do projeto no qual essa dissertação faz parte não existiriam. Ao meu orientador Nelson pela paciência, compreensão e por insistir em mim. As tuas palavras foram muito importantes e me ajudaram nesse processo. A minha coorientadora Silvia pela boa vontade em me sanar inúmeras dúvidas e ler as minhas ideias durante diversas madrugadas.

Para finalizar um agradecimento especial aos meus pais, a minha namorada Aline e as minhas amigas Camila, Fernanda Mota, Luisa Cornetet e Thalita que me auxiliaram nesse processo de pesquisa, seja de forma direta ou não.

Se essa maré me der um caldo, é porque quis mergulhar de cabeça. — LUCA BORI

RESUMO

COSTA, Thiago Manuel Fortunato da. **Smartlog: Uma arquitetura para rastreamento de blocos em estaleiros navais**. 2017. 88 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Computação. Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande.

A necessidade de convergência entre a tecnologia e os processos de construção naval é identificada na indústria naval brasileira para que esta tenha uma maior competitividade frente aos estaleiros pertencentes aos Tigres Asiáticos.

Nessa perspectiva, as tecnologias de identificação e rastreio em ambientes industriais tem demonstrado um crescimento vertiginoso. A combinação de *Radio Frequency Identification* (RFID) e *Global Position System* (GPS) com outras tecnologias e meios para comunicação são largamente utilizadas nos mais diversos ambientes de produção.

Neste documento é proposta uma arquitetura baseada em *Internet of Things* (IoT) utilizando RFID e GPS para identificação e rastreio de blocos em estaleiros. É apresentada uma arquitetura de *hardware* e *software* com o objetivo de identificar, mapear e rastrear blocos e consequentemente os veículos utilizados nos seus transportes, em um estaleiro naval.

Para isso, é proposta a utilização de etiquetas RFID para identificar os blocos, um Sistema Embarcado (SE) que para reconhecer as etiquetas e coletar as suas coordenadas geográficas através de GPS para que, dessa forma, seja possível fornecer a localização de um bloco dentro do estaleiro. Essa informação é enviada para as aplicações utilizando tecnologias como HTML5, CSS3, PHP e JavaScript. A partir disso, é possível visualizar a localização de um bloco, extrair relatórios *log* de eventos ocorridos, etc.

Palavras-chave: RFID, GPS, Rastreio, Logística, Construção Naval, Estaleiros.

ABSTRACT

COSTA, Thiago Manuel Fortunato da. **Smartlog: An architecture for tracking blocks in a shipyard**. 2017. 88 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Computação. Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande.

The need for convergence between technology and shipbuilding processes is identified in the Brazilian shipbuilding industry to make it has a greater competitiveness compared to the shipyards belonging to the Tiger Club Economies.

In this perspective, the technologies of identification and tracing in industrial environments have demonstrated a vertiginous growth. The combination of Radio Frequency Identification (RFID) and Global Position System (GPS) with other technologies and media are widely used in a variety of production environments.

This paper proposes an architecture based on Internet of Things (IoT) using RFID and GPS for identification and tracking of blocks in shipyards. A hardware and software architecture are presented with the objective of identify, to map and to track blocks and consequently the vehicles used for their transport at shipyard.

For this, it is proposed to use RFID tags to identify the blocks, an Embedded System to recognize the tags and to collect their geographical coordinates through GPS, making possible to provide the location of a block inside the shipyard. This information will be sent to applications using technologies such as HTML5, CSS3, PHP and JavaScript. From there, will be possible to view the location of a block, extract log reports from events that occurred, etc.

Keywords: RFID, GPS, Tracking, Logistics, Shipbuilding, Smart Shipyard.

LISTA DE FIGURAS

1 Dinâmica da inovação (Avila, 2015) 19

2 Atividades da construção naval, segundo (Sha u. a., 2016) 23
3 Processo de construção naval segundo (Triwilaswandio u. a., 2017) . 25
4 Alguns países que incentivam projetos voltados a Indústria 4.0 (Ang u. a., 2017) 28
5 A quarta revolução industrial. Conhecida como indústria 4.0 será a era da rede formada por objetos inteligentes (Ang u. a., 2017) 29
6 Um *framework* para *design*, fabricação e operação de navios baseado em I4 (Ang u. a., 2017) 30

7 Sistema básico de RFID (De Grandi, 2015) 33
8 Elementos de uma conexão GPRS (Pauls u. a., 2013) 35
9 A esquerda o sistema NNSS e a direita o GPS (Timbó, 2000) 36
10 Tecnologias envolvidas em IoT (Khan u. a., 2012) 37
11 Cenário de utilização para IoT (Da Xu u. a., 2014) 37
12 Arquitetura de publicação/subscrição de um *"message broker"* na nuvem 38

13 Processos que serão mensurados pela arquitetura, adaptado de (Lee u. a., 2013) 46
14 Integração entre os módulos da Smartlog 47
15 Arquitetura em camadas para IoT (Khan u. a., 2012) 50
16 Arquitetura genérica para IoT (Muralidharan u. a., 2017) 50
17 Arquitetura Smartlog em camadas, adaptado de (Khan u. a., 2012) . . 51
18 Arquitetura proposta pelo Hotlog 54
19 Sistema para IoT (Khan u. a., 2012) 55
20 Arquitetura proposta pela Applog 55
21 Divisão do navio em blocos (Gordo und Gonçalves da Clara, 2006) . 61
22 Método de produção por blocos (Amante, 2006) 61
23 Metodologia utilizada para gerenciamento de blocos armazenados no Estaleiro 62
24 Metodologia utilizada para identificar um bloco no Estaleiro 62

25 Posicionamento das etiquetas na linha de base do bloco 64
26 Instalação do Hotlog na lateral do veículo 65
27 Arranjo dos elementos no veículo transportador: Hotlog na lateral do veículo e as etiquetas dispostas no bloco 65

28 Hotlog instalado no interior do veículo, como podemos ver em cinza acima do painel 66
29 Arranjo dos elementos no veículo transportador: Hotlog centralizada no interior da cabine do veículo e as etiquetas dispostas no bloco . . . 67
30 Metodologia utilizando dois tags em um bloco 68
31 Metodologia utilizando quatro tags em um bloco 68
32 Hotlog com todos seus serviços sincronizados 71
33 No Arduino IDE, conseguimos acompanhar os pacotes enviados e recebidos pelo Hotlog 72
34 Na tela de comando, conseguimos acompanhar os pacotes recebidos pelo nosso servidor dentro do C3 73
35 Representação do prédio da SEaD 74
36 Estrutura desenvolvida utilizando a ferramenta Node-RED 75

LISTA DE TABELAS

1 Sistema de produção e processos em um estaleiro naval (Lee u. a., 2014) 24
2 Impactos gerados pela implantação das tecnologias I4 (Ang u. a., 2017) 31
3 Tipos de etiquetas RFID e suas especificações 34
4 Arquitetura Smartlog em camadas, adaptado de (Muralidharan u. a., 2017) 51

LISTA DE ABREVIATURAS

ABS *Antiblockier-Bremssystem*

API *Application Programming Interface*

BD Banco de Dados

BDA *Big Data Analytics*

BSC *Base Station Controller*

BTS *Base Transceiver Station*

C3 Centro de Ciências Computacionais

CC *Cloud Computing*

CNPq Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

CPS *Cyber-Physical Systems*

CPU *Central Processing Unit*

EIR Economias de Industrialização Recente

FA Fabricação Aditiva

FPGA *Field Programmable Gate Array*

FPSO *Floating Production Storage and Offloading*

FURG Universidade Federal do Rio Grande

GPRS *General Packet Radio Services*

GPS *Global Positioning System*

GPU *Graphics Processing Unit*

HMI *Human-Machine Interface*

I4 Indústria 4.0

IIoT *Industrial Internet of Things*

IoT *Internet of Things*

IP *Internet Protocol*

JS *JavaScript*

LB Linha de Base

M2M *Machine to Machine*

MQTT *Message Queue Telemetry Transport*

NAVSTAR *Navigation Satellite Time And Ranging*

NNSS *Navy Navigation Satellite System*

NPV *Net Present Value*

ODM *Object Data Mapping*

OSV *Offshore Support Vessels*

PDF *Portable Document Format*

PE Pré-Edificação

PPP *Point-to-Point Protocol*

QoS *Quality of Service*

RAN *Radio Access Network*

RF Radiofrequência

RFID *Radio Frequency Identification*

RI Robô inteligente

ROI *Return on Investment*

RSSI *Received Signal Strength Indication*

SA Simulações Automatizadas

SCADA *Supervisory Control and Data Acquisition*

SE Sistemas Embarcados

SEaD Secretaria de Educação a Distância

SMS *Short Message Service*

TI Tecnologia da Informação

TIC Tecnologia da Informação e Comunicação

UHF *Ultra High Frequency*

USN *Ubiquitous Sensor Network*

WEB *World Wide Web*

WSN *Wireless Sensor Network*

XLS *Excel Binary File Format*

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 17
1.1 Motivação 20
1.2 Objetivo Geral 20
1.3 Objetivos Específicos 20
1.4 Organização do texto 21

2 CONSTRUÇÃO NAVAL 22
2.1 Processos de produção na indústria naval 22
2.2 Indústria Naval Brasileira 25
2.3 Automação na Indústria Naval 27

3 REFERENCIAL TECNOLÓGICO 32
3.1 RFID 32
3.1.1 Antenas 33
3.1.2 Leitores 33
3.1.3 Etiqueta (tag) 33
3.2 GPRS 34
3.3 GPS 35
3.4 Framework 36
3.5 Internet of Things 36
3.6 Middleware 38

4 TRABALHOS RELACIONADOS 39

5 METODOLOGIA 45
5.1 Metodologia proposta para rastreio de blocos em um estaleiro 45
5.2 Smartlog 47
5.3 Hotlog 51
5.4 Applog 54
5.4.1 Módulo de Comunicação 56
5.4.2 Módulo de Operacional 56
5.4.3 Módulo de Rastreio 58
5.4.4 Módulo de Relatórios 59
5.4.5 Módulo de Usuário 60
5.5 Estudo de caso 61

6 RESULTADOS 63
6.1 Resultados do Hotlog em um estaleiro 63
6.2 Resultados utilizando as camadas de percepção, rede e *middleware* da Smartlog no C3 68
6.3 Resultados utilizando todas as camadas da Smartlog na SEaD 73

7 CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS 76
7.1 Conclusão 76
7.2 Trabalhos Futuros 77

REFERÊNCIAS 79

1 INTRODUÇÃO

No atual mercado competitivo as indústrias são obrigadas a melhorar continuamente a produtividade das suas plantas. A fim de aumentar a competitividade e rentabilidade, as empresas necessitam dispor de um grande investimento nas áreas de controle, automação e otimização de processos.

Em sistemas de manufatura complexos, como são os da indústria naval, nos últimos anos, a comunicação sem fio ganhou um espaço considerável entre as tecnologias de transmissão de dados. Diversos protocolos podem ser adotados nos meios industriais, sendo essencial a utilização de uma comunicação confiável e robusta, recursos avançados de segurança, informações em tempo real e comportamento determinístico.

Entre as inúmeras particularidades da comunicação sem fio, podemos ressaltar o fato de seus dispositivos terem a capacidade de se reposicionar a qualquer momento, permitindo a mobilidade e o acesso as informações e recursos computacionais. Em linhas de montagem heterogêneas, como as de um estaleiro, a mobilidade entre os nós de comunicação de um sistema facilita sua arquitetura e aumenta sua abrangência, quando comparando às redes convencionais cabeadas.

Nos últimos anos, os investimentos em rastreio de insumos aumentaram de forma progressiva, dessa forma estimulando o crescimento de grupos de pesquisas que desenvolvem sistemas embarcados utilizando *Wireless Sensor Network* (WSN) para coleta de dados e controle automatizados. Usualmente, nas arquiteturas desenvolvidas para estes sistemas, encontramos uma tecnologia de alta escalabilidade, na qual através de um identificador único é possível reconhecer um item de forma automatizada por meio de radiofrequência.

A utilização de *Radio Frequency Identification* (RFID) para tratar problemas relacionados a identificação e rastreabilidade em larga escala é demonstrado por diversos trabalhos na literatura como podemos ver em (Jin u. a., 2016) (Mukhopadhyay und Roy, 2016) (Xie u. a., 2016) (Seol u. a., 2016).

A absorção de RFID na indústria naval está em constante crescimento. Encontram-se diversos grupos de pesquisa trabalhando em duas vertentes: identificação de equipamentos localizados dentro de uma embarcação; e gerenciamento de segurança em estaleiros.

Devido a sua grande versatilidade a tecnologia RFID encaixa-se em praticamente

qualquer etapa da produção e montagem de uma embarcação, podendo fazer parte desde o controle das peças até a gestão do pessoal que trabalha na mesma, sendo assim uma opção para compreender os gargalos de produção, seja por déficit de funcionários ou problemas de logística.

No que diz a respeito ao cenário mundial, atualmente a Coréia do Sul e a China são líderes na produção naval. Somadas detém 68% dessa atividade. O restante da produção dilui-se de acordo com a seguinte distribuição: Japão 14%, Europa 4% e demais países (Estados Unidos, Índia, Cingapura e Brasil) com a soma de 15% do setor naval (Neto u. a., 2014).

O Brasil se envolve com uma quantia muito pequena da produção naval mundial. Podemos dizer que as duas décadas de inatividade teve influência direta nesse baixo índice. A indústria naval brasileira renasceu recentemente com uma grande encomenda da Transpetro, devido a descoberta de petróleo na camada do pré-sal (Lima, 2008). O cenário demonstrou-se promissor para os então seguintes anos. As encomendas anunciadas pelas empresas aos estaleiros brasileiros correspondia a uma carteira superior a 10 anos. O escopo das encomendas eram formadas de acordo como descrito em (Favarin u. a., 2009):

- 46 tanqueiros associadas ao Programa de Modernização e Expansão da Frota de Petroleiros (PROMEF);
- 146 embarcações de apoio *offshore* contidas no Programa de Renovação e Expansão da Frota de Apoio Marítimo (PROREFAM);
- 28 sondas de perfuração ultra-profundas;
- 17 plataformas para a Petrobras do tipo *Floating Production, Storage and Offloading* (FPSO);
- cerca de 30 plataformas para a petrolífera OGX do tipo *Floating Production, Storage and Offloading* (FPSO);
- cerca de 80 embarcações mercantes diversas para reposição da frota de cabotagem brasileira na próxima década;
- 27 embarcações patrulha cuja intenção foi manifestada pela Marinha do Brasil em 2008.

Em uma arrancada vertiginosa, começaram a ser construídos estaleiros no território brasileiro para dar suporte a demanda de pedidos e a formação de profissionais para tal demanda. De uma forma caótica e acelerada, recomeçou a caminhar a indústria naval brasileira. Era normal ver grandes obras ligadas à construção civil (oficinas, diques secos, almoxarifados) e naval (módulos ou cascos) no mesmo local. No momento, devido a crise

econômica e política instalada, o crescimento da indústria naval retomou sua trajetória incerta.

Um dos mais importantes fatores que alavancaram a indústria mundial nos países onde ela se mostra importante foi a inovação tecnológica. Segundo (Avila, 2015) a dinâmica da inovação surge a partir das ações e relações entres os valores de conhecimento e problemas econômicos ou investimentos. A Figura 1 traduz como inicia-se o processo de inovação.

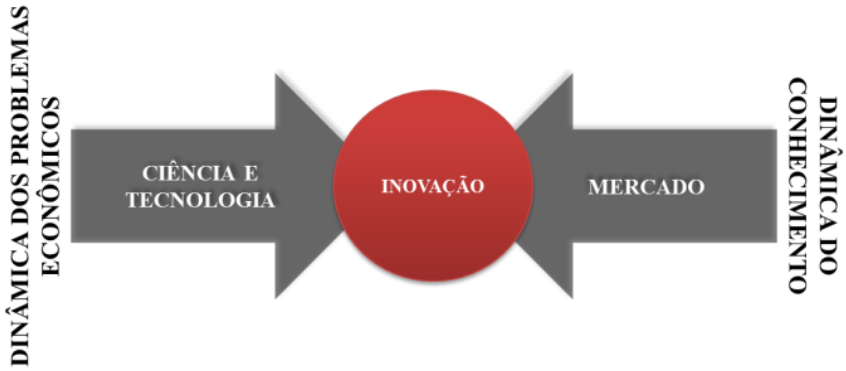

Figura 1: Dinâmica da inovação (Avila, 2015)

Observando os processos de inovação, (Min, 2008) relata que em um futuro próximo a convergência entre a Tecnologia da Informação (TI) e os processos de construção naval irá se consolidar em diversas áreas, para ampliar a competitividade e a segurança desses ambientes. Segundo a perspectiva dos pesquisadores, as grandes áreas da construção naval que precisam de um maior investimento em TI são: automação da logística, gestão da produção e automação de manufatura. Para concluir, os autores mencionados citam algumas tecnologias de automação que são esperadas em um futuro próximo:

- Tecnologias de soldagem a laser em linhas de produção para construção de painéis;
- Sistemas de soldagem inteligente para construção de blocos curvos e estruturas de cascos duplos;
- Robôs múltiplos para automação dos processos de soldagem;
- Sistemas robotizados com controle remoto para aplicações em ambientes perigosos;
- Controle e monitoramento dos processos de fabricação em tempo real;
- Sistemas de capacetes inteligentes como medida de segurança, para comunicação e reconhecimento da posição dos trabalhadores;
- Aplicações envolvendo redes de sensores ubíquos.

A proposta deste trabalho tange às duas grandes áreas identificadas por (Min, 2008): automação da logística e gestão da produção. Entre as tecnologias citadas, relacionam-se o controle e monitoramento do processo de fabricação e uma rede de sensores ubíquos.

1.1 Motivação

A ideia da utilização das tecnologias citadas, possibilitando uma identificação precisa e dinâmica da localização de insumos, equipamentos e pessoas, permitindo um melhor acompanhamento e gerenciamento dos recursos necessários em uma linha de produção tem se mostrado assaz promissora.

Ao identificar os insumos corretamente em cada atividade nas fases de produção, aumenta-se a competitividade do processo, em decorrência do menor índice de retrabalho e de desperdícios de material.

Sistemas inteligentes utilizando tecnologia RFID oferecem vários benefícios em uma ampla gama de aplicações industriais, como construção (Shin und Hwang, 2013), manufatura (Hu u. a., 2014), varejo (Urien und Piramuthu, 2013), agricultura (Wang u. a., 2014), saúde (Roy und Sarkar, 2016), logística (Zhang u. a., 2012), aeroespacial (Satoglu und Ustundag, 2013), transporte (Raj u. a., 2016), indústria fabril (Choy u. a., 2009) entre outras.

Assim, esta dissertação visa embarcar sistemas de RFID aliados a outras tecnologias em um *framework* de *hardware* e *software*, compondo uma arquitetura para utilização em ambientes industriais, especialmente na área naval.

1.2 Objetivo Geral

O principal objetivo da dissertação é descrever uma solução capaz de identificar, mapear e rastrear blocos e consequentemente os veículos transportadores que movem os mesmos, em um estaleiro naval. Para isto, serão utilizadas etiquetas RFID para identificar os blocos e um sistema para reconhecer as etiquetas e coletar suas coordenadas geográficas através de um sistema de georreferenciamento.

1.3 Objetivos Específicos

É descrita uma arquitetura baseada em *Internet of Things* (IoT), na qual os seguintes objetivos específicos são pretendidos:

1. Desenvolver técnicas de rastreio utilizando RFID para localizar blocos em um estaleiro;
2. Identificar técnicas de reconhecimento de blocos;
3. Mapear o traslado dos blocos em um ambiente de construção e montagem;
4. Descrever uma metodologia para rastreio dos blocos;
5. Desenvolver um sistema de *hardware* e *software* - Sistema Embarcado (SE) - que operacionalize os itens anteriores;

6. Desenvolver uma aplicação *web* para gerenciamento dos dados obtidos através do SE.

1.4 Organização do texto

O restante deste documento está organizado da forma como segue.

O segundo capítulo é relacionado à construção naval, com intuito de brevemente discorrer sobre seus mecanismos e o papel da automação neste cenário.

No terceiro capítulo são apresentados conceitos, definições e métodos, visando facilitar a compreensão da dissertação e o desenvolvimento dos trabalhos inerentes à sua realização.

No quarto capítulo, são comentados trabalhos concernentes ao escopo deste estudo, objetivando melhor entendimento do contexto em que ele se insere.

O quinto capítulo apresenta a metodologia desenvolvida, na perspectiva de uma arquitetura para rastreio de blocos em um estaleiro.

O sexto capítulo descreve os resultados de um estudo de caso e os itens que compõem a arquitetura.

Por fim, no último capítulo é apresentada a conclusão deste trabalho, bem como as projeções de trabalhos futuros derivado do mesmo.

2 CONSTRUÇÃO NAVAL

Neste capítulo apresentam-se conceitos importantes a respeito da Construção Naval (CN), assim como um resumo sobre a história da indústria naval brasileira e tópicos relacionados à automação industrial na CN, com a intenção de contribuir com uma melhor compreensão deste trabalho.

2.1 Processos de produção na indústria naval

A motivação gerada pela composição do globo terrestre, o qual possui 27% da superfície constituída por continentes e 73% por oceanos, faz com que mais do que 90% das mercadorias sejam transportadas por modais marítimos.

Uma das grandes vantagens desse meio de transporte é a eficiência em termos de energia, para transporte de longos percursos, em comparação com as alternativas terrestre e aérea (de Castro Júnior und Pasold, 2011).

Porém, os processos de construção das embarcações são complexos, demandando muito tempo de produção e grandes áreas para instalações de estaleiros. Com intuito de facilitar essas atividades a produção é segmentada, sendo a construção dos navios comumente realizada sob a forma de anéis ou blocos. Isso se deve a que, em geral, há limitações de espaço físico junto as costas marítimas. (De Nigri u. a., 2009).

Segundo (Eyres und Bruce, 2012), o processo de construção naval ocorre em dezessete fases: armazenamento de chapas de aço, armazenamento de perfis, jateamento de chapas de aço, jateamento de perfis, corte, marcação e forma, curva e corte, entrada de materiais para acabamento, curva de tubulações, fabricação de acessórios do casco, sub-montagem, painelização, montagem de gigantes, acabamento e modularização, montagem de blocos, edificação de blocos e acabamento final.

(Maciel, 2016) afirma que os blocos são constituídos por diversos constructos, elementos que formam um bloco, e os mesmos tem tipos e tamanhos diferentes. O autor sintetiza apresentando as seguintes definições para os tipos de constructos que tipicamente fazem parte dos processos de construção naval:

- Constructos menores - Perfilados, reforços, peças que são construídas a partir do

processamento de chapas de aço e outros com peso ate duas toneladas;

- Submontagens - Painéis planos ou curvos, estruturas em sanduíche ou outros com ate 20 toneladas;

- Unidades - Comumente a associação entre painéis e estrutura interior com peso até 60 toneladas;

- Blocos - Estrutura formada por unidades, com peso em torno de 200 toneladas.

No intuito de facilitar a compreensão, as atividades relativas a fabricação de um constructo, num processo de montagem de blocos, estão ilustradas na Figura 2.

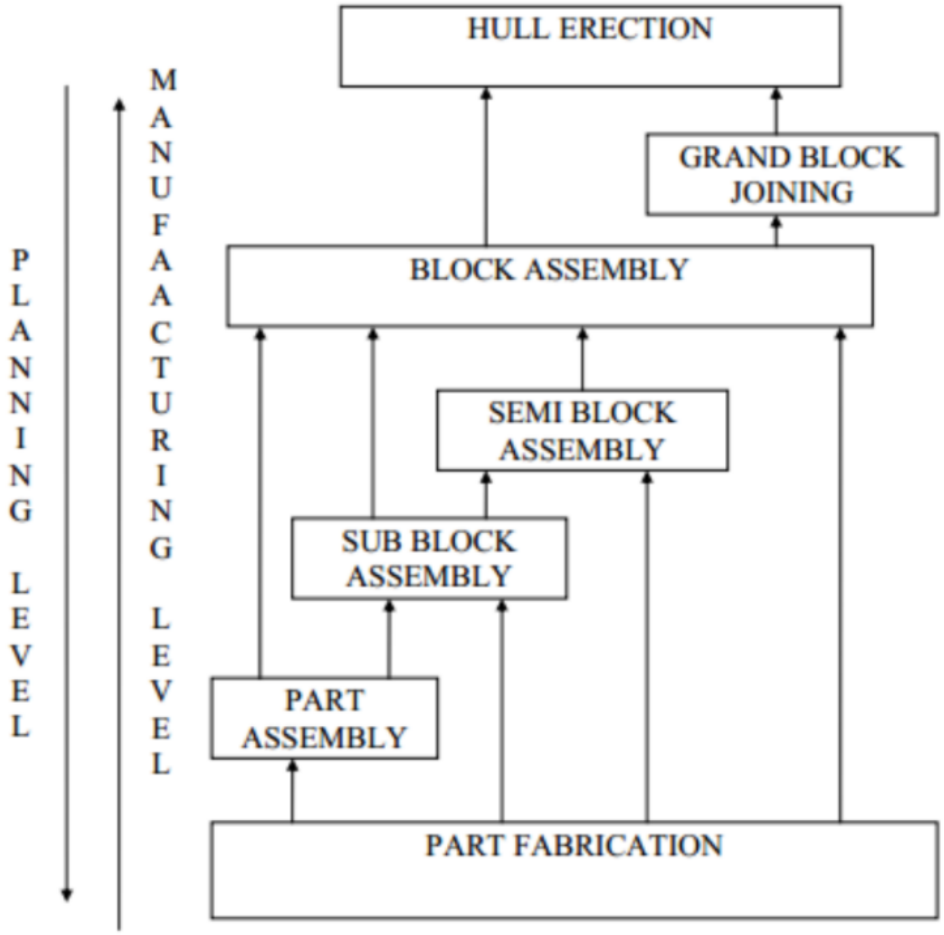

Figura 2: Atividades da construção naval, segundo (Sha u. a., 2016)

Para (Lee u. a., 2014), o processo de construção naval abrange também a divisão de blocos, plano de aninhamento, pré-tratamento, corte, conformação mecânica, montagem de componente, montagem de unidade, montagem, pré-acabamento, pré-pintura, pré-edificação, edificação, acabamento, pintura e teste. Na Tabela 1 podemos ver detalhadamente o sistema identificado pelo autor.

Tabela 1: Sistema de produção e processos em um estaleiro naval (Lee u. a., 2014)

Processo Principal	**Tarefas**
Corte	Corte
Fabricação	Soldar as peças do piping
	Shot blasting
	Carpintaria
	Calderaria
Montagem	Componente
	Grandes montagens
	Montagens intermediárias
	Submontagem
Pré-outfitting	Instalação
	Montagem de andaimes
	Piping
	Outfitting carpintaria
	Outfitting Elétrica
Pintura	Pintura de blocos
	Pintura de PE
	Pintura do casco
Edificação	Pré-edificação
	Edificação no dique seco
Provas de mar	Testes dos equipamentos mecânicos
	Testes de calderaria
	Testes dos equipamentos elétricos

Especificamente no contexto da indústria brasileira, (Souza, 2009) elenca as atividades de armazenagem, tratamento, fabricação/corte, fabricação/perfis/conformação, submontagem, montagem, pré-edificação, edificação, pintura, acabamento na montagem, acabamento na pré-edificação, acabamento na edificação, instalação de módulos, armazenagem de blocos, acabamento na área de armazenagem, inspeção de blocos, fabricação de acabamento e montagem de módulos.

Por tratar-se de um processo de construção incremental, as atividades podem ser diferidas examinando-se os constructos produzidos e/ou utilizados nas respectivas execuções.

Estes são incorporados em diversas partes nas atividades, posteriormente à sua produção, criando uma interdependência entre produto/requisito difícil de ser explicitada em *logs* ou registros de eventos padronizados para tais conjuntos de dados (Van der Aalst, 2011).

Isso acontece devido ao fato de que eles, independentemente de sua tipologia e tamanho, são geralmente compostos por números diversos de constructos menores de tipologia variada. Da mesma forma, é possível que estes também façam parte da composição de constructos maiores, em fases posteriores do mesmo processo de construção.

Entretanto, (Triwilaswandio u. a., 2017) demonstra os processos de construção por um outro ponto de vista. Para ele, a definição de construção naval começa quando o

solicitante da obra inicia a definir os requisitos necessários para concepção do projeto. Sendo esse o primeiro processo para os atos de produção.

O autor afirma que o processo de produção é uma colaboração de etapas de planejamento, programação e produção. Desta forma, o processo de produção é a principal atividade no modelo de construção naval apresentado pelo autor. A qualidade do navio é influenciada pelo processo de produção que é executado, monitorado e verificado pelo estaleiro. Por existirem várias etapas de produção acontecendo simultaneamente, configura-se um sistema de produção multi-processado, em série. Os estágios da CN segundo (Triwilaswandio u. a., 2017) são: identificação, fabricação, montagem, edificação, *outfitting*, lançamento, comissionamento, provas de mar e entrega da embarcação, como mostra a Figura 3.

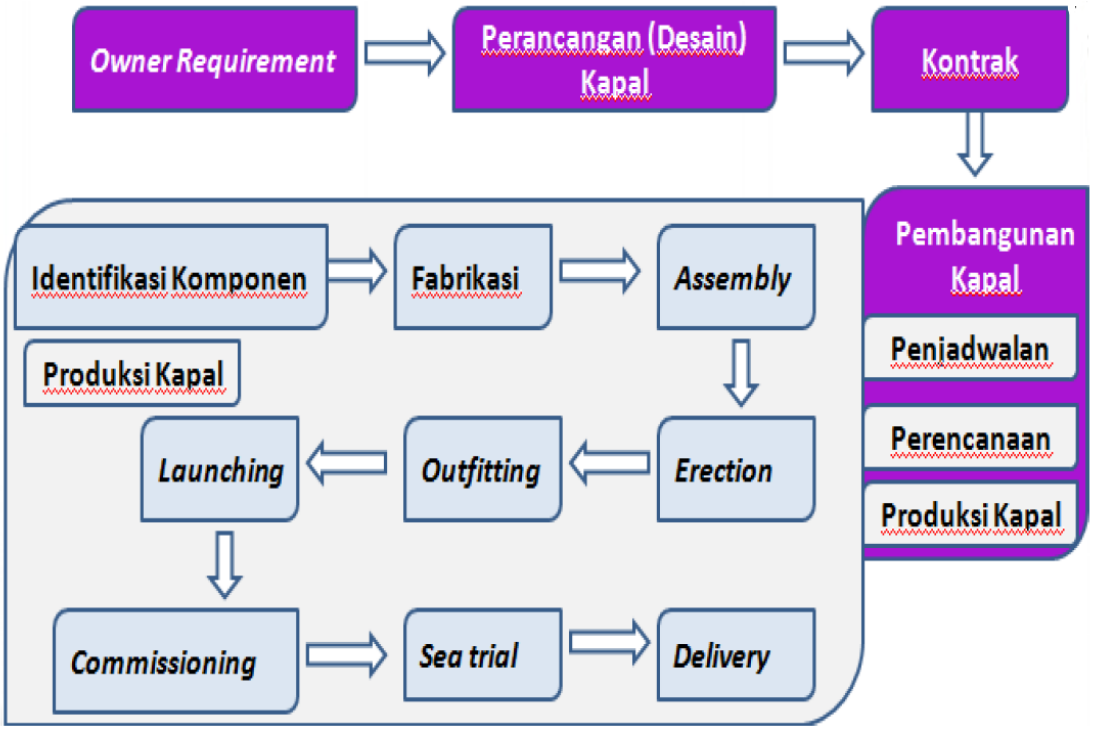

Figura 3: Processo de construção naval segundo (Triwilaswandio u. a., 2017)

2.2 Indústria Naval Brasileira

Segundo (Rossi und Mello, 2017), a indústria de construção naval brasileira teve seu marco inicial com Irineu Evangelista de Souza, o Barão de Mauá. Em 1845, ele inaugurou o primeiro estaleiro do país, em Ponta da Areia, Niterói/RJ, tendo sido construídos 72 navios durante a sua gestão.

O presidente Juscelino Kubitschek, em 1958, definiu um plano de metas objetivando renovar e ampliar este segmento, criando um moderno parque industrial naval. Implantou, assim, o Fundo da Marinha Mercante (FMM), cujos objetivos principais foram diminuir

as importações e afretamentos de navios estrangeiros, manter regularidade na entrega de encomendas à produção e promover maior exportação das embarcações nacionais.

Alguns anos depois, surgiram políticas direcionadas ao desenvolvimento do setor naval, como o Plano de Emergência de Construção Naval (1969-1970) e o primeiro Plano de Construção Naval (I PCN), em 1970 e 1974, no Governo do Presidente Médici (Pasin, 2002).

Protegidos da concorrência internacional graças à exploração do transporte marítimo sob égide brasileira, os armadores tiveram acesso aos subsídios e financiamentos de tais planos. O consequente aumento da demanda, devido à modernização da indústria nacional, favoreceu investimentos que corroboraram no desenvolvimento do setor.

Com a primeira crise do petróleo, apesar da recessão mundial ter gerado um impacto negativo substancial, a construção naval brasileira continuou a ter uma política governamental visando o crescimento acelerado e o desenvolvimento do segmento, estabelecendo-se o II Plano da Construção Naval.

Segundo (Santos, 2011), o Brasil passou a ocupar a segunda posição no cenário mundial da construção naval. Esse fator contribuiu para o desenvolvimento de empresas que abasteciam o mercado de navipeças e de bens de capital, universidades para geração de mão-de-obra especializada para o setor, escolas técnicas etc.

Na década de 80, porém, a defasagem tecnológica dos produtos, a má gestão dos projetos e dos processos produtivos foram cruciais no decaimento do país, em relação aos líderes mundiais. Com a consequente descapitalização dos estaleiros, estes entraram em declínio tecnológico e produtivo.

Em meados do ano 2000, a Petrobrás passou a liderar a contratação de serviços de embarcações de apoio marítimo, alavancando as encomendas aos estaleiros locais, que se encontravam-se em baixa produção.

Após diversas reuniões alinhadas, envolvendo empresas de construção naval e a Associação Brasileira de Empresas de Apoio Marítimo (ABEAM), foi determinado que os navios de apoio que prestassem serviços para a Petrobras fossem de bandeira brasileira. Até aquele momento, mais de 70% das embarcações eram de bandeira estrangeira.

Com o apoio da Transpetro em 2003, foi lançado o Programa de Modernização e Expansão da frota. Este programa aqueceu a produção local, muitos estaleiros começaram a se consolidar e formaram-se grupos de investimento para construção de novos estaleiros no Brasil.

No período de 2003 até parte de 2014, a expansão da indústria naval movimentou fortemente a economia. O processo de produção naval se descentralizou, assim criando novos postos de trabalho em regiões nas quais o segmento industrial estava em depressão como em Rio Grande, no Rio Grande do Sul (Dores u. a., 2012).

Contudo, a partir do final de 2014, vários fatores desencadearam o declínio da indústria naval no país, afetando fortemente as taxas de emprego de setores diversos da

economia (D'Avila und Bridi, 2017). Entre eles, destacam-se a queda do preço das commodities e redução do preço do petróleo bruto, afetando as exportações e obstando novos investimentos (Lacerda, 2016).

Em 2015, um conjunto de medidas de austeridade econômica visava combater o desemprego e ajustar as contas públicas, desafiando as instabilidades da economia brasileira. Ademais, para alguns analistas, o mercado de trabalho aquecido em demasia também foi uma fonte dessa disparidade, cuja consequência foi o crescimento do desemprego e a diminuição de salários reais.

Em 2016, com a transição do governo, houve também uma modificação estratégica e econômica, que beneficiou reformas estruturais em detrimento de ajustes de curto prazo, em consonância às ideias de austeridade e desequilíbrio econômico, liberalização financeira, redução dos gastos públicos e do tamanho do estado.

A indústria naval, em todo o mundo, apresenta perfil de forte dependência governamental para sua existência e estabilidade; portanto, esse novo cenário nacional, com descontinuidade de investimentos e a falta de apoio do governo federal, gerou nova fase de ruptura no dinamismo da construção naval nacional. Como principal consequência, houve a perda de postos de trabalho: só entre 2014 e 2015, foram 16,4 mil postos a menos. E a tendência é o aumento desses números (Rossi und Mello, 2017).

Hoje em dia, o fechamento dos estaleiros ou a redução de suas atividades estão sob uma expectativa de menos encomendas e financiamentos por parte da Transpetro/Petrobras. Isto determinou um novo ciclo na indústria naval do país.

2.3 Automação na Indústria Naval

Conhecida como Revolução Informacional, a Terceira Revolução Industrial tem início após a Segunda Guerra Mundial. A motivação existente nesse período é fomentada pela eletrônica, que para muitos autores é reconhecida como a verdadeira modernização da indústria. Nesse período é datado o surgimento de algumas invenções como: primeiro computador digital *Electrical Numerical Integrator and Calculator* (ENIAC), criação da Internet e o primeiro robô industrial o Unimate. Com a introdução da robótica nas linhas de produção automotiva na década de 70, começa-se a 'Era da Automação' período que abrange os dias de hoje.

Porém, atualmente passamos por um momento de transição. A crise econômica em países desenvolvidos somado ao advento de novas tecnologias, visando uma maior interatividade, portabilidade e inteligência, estimulam o desenvolvimento de novos conceitos e processos. Desta forma, inicia-se uma fase de mudança que conhecemos como Indústria 4.0 ou Quarta Revolução Industrial.

A expressão Indústria 4.0 (I4.0 ou I4) tem origem na Alemanha. Podemos resumi-la como sendo um programa de aceleração e desenvolvimento par atualização do sis-

tema fabril alemão. De forma acelerada, outros países, inspirados no programa alemão, começaram a desenhar seus projetos, como podemos ver na Figura 4. Devido a isso, ficou corriqueiro ouvirmos termos como: fábricas inteligentes, indústria inteligente e internet das coisas para indústrias. Essas nomenclaturas também representam o conceito de I4.

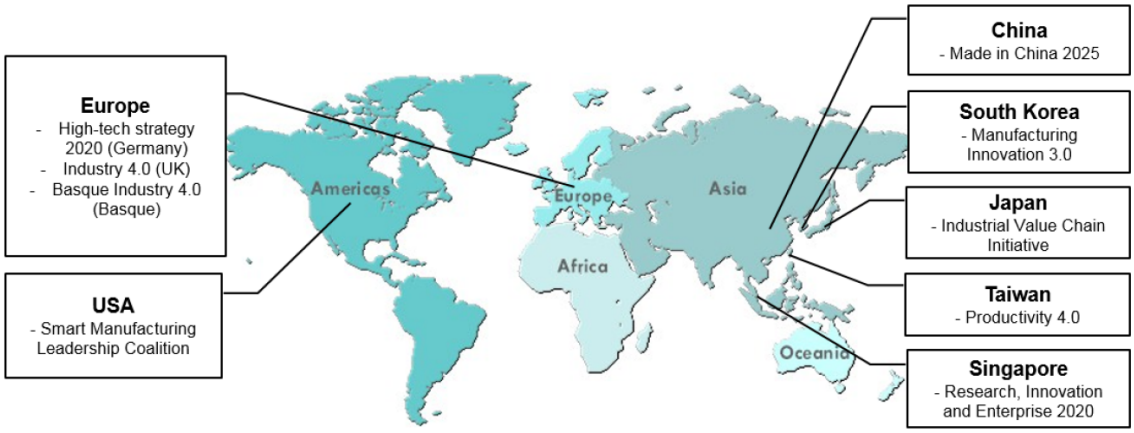

Figura 4: Alguns países que incentivam projetos voltados a Indústria 4.0 (Ang u. a., 2017)

Reconhecida como a quarta revolução industrial, a intenção desse ambicioso projeto é uma evolução nos conceitos fabris que conhecemos, porém baseado em *Cyber-Physical System* (CPS). Podemos sintetizar a concepção de CPS como uma rede envolvendo toda a cadeia de valor por todo o ciclo de vida de um produto. Essa rede envolverá não somente conexão M2M como acontece na terceira revolução industrial, também conhecida como ”A Era da Automação”. Na malha formada pelo CPS a rede é constituída por máquinas, propriedades, sistemas e ativos (de Farias Fraga u. a., 2016).

Desta forma, o maquinário não irá somente processar produtos e sim se comunicar com o meio e cumprir o que for solicitado. Na Figura 5 está ilustrada a evolução da revolução industrial, assim como a linha do tempo das mesmas.

Atualmente, vemos o aparecimento dos primeiros estudos e conceitos sobre *Shipyard 4.0* (Estaleiros 4.0). Esse novo conceito tange a um estaleiro inteligente, herdando a metodologia de indústria 4.0 (Fraga-Lamas u. a., 2016). Com o crescimento dos estudos envolvendo I4, podemos salientar as seguintes tecnologias envolvidas nessa metodologia de produção (Ang u. a., 2017):

- Robôs inteligentes (RI) - Robôs dotados de autonomia, flexíveis e cooperativos. Nesse cenário, o contato com pessoas será menor, de forma gradativa a cada nova geração de robôs (Huang u. a., 2017);

- Simulações automatizadas (SA) - Capacitadas para automatizar o processo de teste e melhoria, reduzindo a margem de correções durante e pós produção em operações do estaleiro e da embarcação (Iwankowicz, 2016);

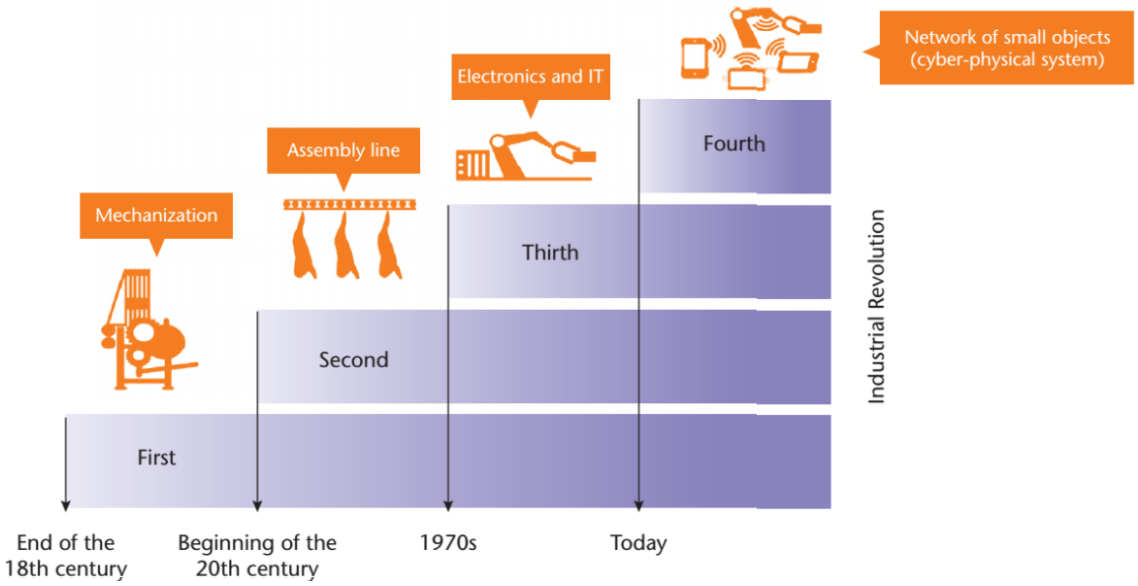

Figura 5: A quarta revolução industrial. Conhecida como indústria 4.0 será a era da rede formada por objetos inteligentes (Ang u. a., 2017)

- *Internet of Things* (IoT) - Ampliando a comunicação e a interação entre elementos, formando um ambiente inteligente e auxiliando na descentralização, para análise e tomada de decisões (Fortunato, 2015);

- *Cloud computing* (CC) - Disponibilizando serviços fornecidos através da internet, possibilita o escalonamento com maior facilidade e a integração entre os modais de produção (Triwilaswandio u. a., 2017);

- Fabricação aditiva (FA) - Também chamada de impressão 3D ou, por seu nome técnico, estereolitografia, é uma tecnologia que está mudando a forma como as pessoas se relacionam com o consumo e os processos de fabricação industrial. Ao produzir objetos adicionando material em camadas, a metodologia oferece vantagens na construção, como design complexo e velocidade de produção (Ford u. a., 2016) (Kurylev u. a., 2017);

- Realidade aumentada (RA) - A tecnologia possibilita uma experiência em um ambiente dual, inserindo objetos virtuais em um mundo real. Desta forma, será possível treinar funcionários a executar funções de produção com uma situação mais próxima as existentes no mundo real, assim como adicionar informações a um objeto como um elemento 3D da peça a ser produzida (Matsuo u. a., 2013);

- Big Data - É uma terminologia utilizada para descrever um grande volume de dados que podem ser complexos ou não. Através de algoritmos específicos, busca auxiliar na tomada de decisões através da aquisição de dados e avaliando os mesmos (Wang u. a., 2015) (Lee, 2017).

Segundo (Ang u. a., 2017), um estaleiro pode atender diversos clientes simultaneamente e cada um tem especificações únicas para serem atingidas. Por essa característica, entre outras, os estaleiros necessitam investir em inovação tecnológica, pensando em antecipar-se em relação as novas tendências e atualizar seus processos de projeto e/ou fabricação.

A inserção das tecnologias mencionadas, até o momento utilizadas de forma isoladas, podem auxiliar no processo de produção naval melhorando a eficiência energética dos processos. Porém, (Ang u. a., 2017) relata que um ambiente de CN necessita acoplar as tecnologias não apenas isoladamente em alguma fase do ciclo de vida específico, mas sim em todos. Ao alcançar esse objetivo, além de conseguir um aumento substancial em qualidade e redução de tempo, o local torna-se um Estaleiro 4.0. Na Figura 6 é demonstrado um *framework* que visa integrar várias tecnologias pertencentes ao escopo da I4, voltadas para um ciclo de vida em um estaleiro.

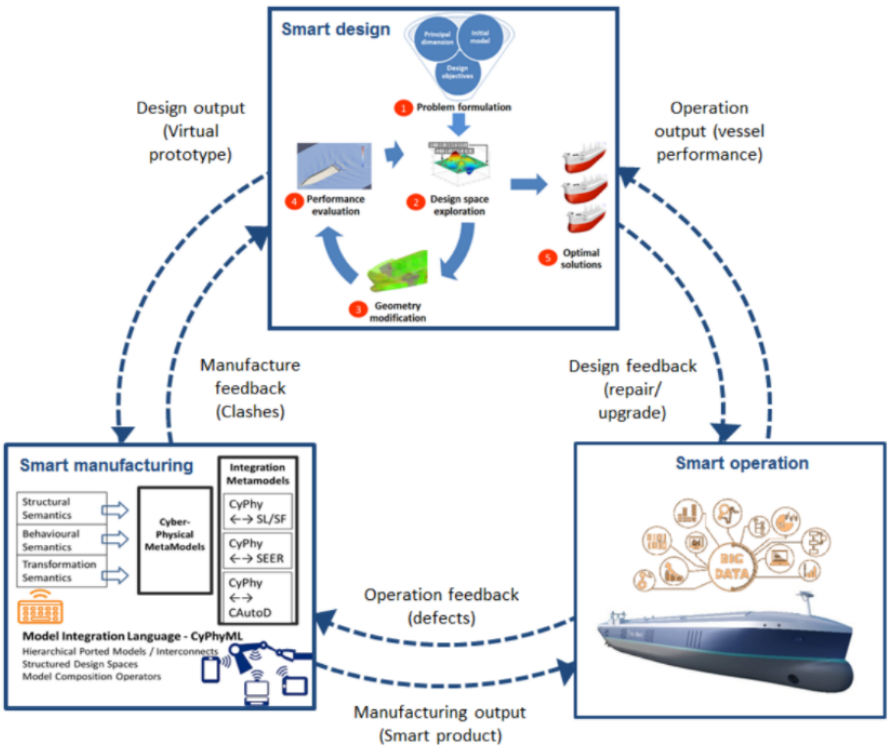

Figura 6: Um *framework* para *design*, fabricação e operação de navios baseado em I4 (Ang u. a., 2017)

A utilização da I4, como agente no desafio de interligar o processo de construção naval, algo recente e ainda em andamento, já mostra vasto potencial. Para (Ang u. a., 2017), um Estaleiro 4.0 tem como característica as integrações das etapas de: *Smart design*, *Smart manufacturing* e *Smart operation*. Os impactos gerados pela implantação das tecnologias acima mencionadas como parte integrante da I4, são ilustrados na Tabela 2.

É nesse contexto que o trabalho aqui apresentado se insere.

Tabela 2: Impactos gerados pela implantação das tecnologias I4 (Ang u. a., 2017)

Ciclo de vida	**Parâmetros**	**Curto prazo (1-2 anos)**	**Médio prazo (2-5 anos)**	**Longo prazo (5-10 anos)**
Smart design	Impacto	Ferramenta semi-automatizada de design e otimização de forma de casco (HFDO), com conexão limitada a sistemas de fabricação e operação	HFDO altamente automatizado com alguma conexão com sistemas de fabricação e operação	Design totalmente automatizado com conexão completa aos sistemas de fabricação e operação com capacidades de previsão baseado nas tendências do mercado e no feedback dos clientes
	Tecnologias envolvidas	SA	SA e IoT	CC, SA e Big data
Smart manufacturing	Impacto	CPS limitados com gerenciamento integrado de recursos para monitoramento e controle da mão-de-obra do projeto, custo e cronograma	CPS parcial através de SE em rede com sistema de monitoramento e controle altamente integrado e interface parcial com máquinas físicas	CPS completo através do sistema centralizado para monitoramento e controle de processos inteiros do estaleiro com interface das máquinas de oficina
	Tecnologias envolvidas	RI	IoT, RI e Big data	SA, IoT, FA, RI e Big Data
Smart operation	Impacto	Operação de navio semi-automatizada com monitoramento a bordo, dados de desempenho do navio para planejamento de embarcações e cronograma de manutenção	Operação de navio altamente automatizada com tripulações de bordo mínimas, com algum monitoramento remoto com dados de desempenho do navio e planejamento de viagem de onshore	Operação de navio totalmente autônomo e não tripulado através de monitoramento e planejamento remoto onshore
	Tecnologias envolvidas	SA	CC, SA e IoT	SA, IoT e Big data

3 REFERENCIAL TECNOLÓGICO

A seguir apresentam-se os conceitos importantes a respeito de *Radio Frequency Identification (RFID)*, *General Packet Radio System (GPRS)* e *Global Position System (GPS)*, *Framework*, *Internet of Things (IoT)* e *Middleware*, para facilitar o entendimento desta dissertação.

3.1 RFID

RFID é uma tecnologia usada para identificar objetos ou pessoas através de ondas de radiofrequência. Caracteriza-se pela utilização em operações automáticas, por ser flexível e de fácil aplicação.

Encontram-se no mercado etiquetas que lidam com métodos de leitura ou leitura e gravação, não requerendo contato ou *line-of-sight* para operar. Tem o potencial de funcionar em diversas condições climáticas, aliado ao um elevado nível de segurança capaz de fornecer solidez para a aplicação (Deshmukh, 2014).

Essa tecnologia oferece diversas possíveis contribuições para a automação de cadeias de suprimentos, devido as suas propriedades. Podemos citar algumas delas como sendo: identificação exclusiva de produtos; e facilidade de comunicação e informações em tempo real (Michael und McCathie, 2005) (Saygin u. a., 2007).

O progresso da RFID pode ser observado em diferentes tipos de cadeias de fornecimento, tais como: gestão de estoques, gestão de logística, programação da produção, gerenciamento de pedidos, gerenciamento de inventários e sistemas para gestão de ativos (Banks u. a., 2007).

Controlando a situação real da cadeia de fornecimento é possível gerenciar as demandas dos clientes e ajustar o plano de produção para melhorar a eficiência da indústria (Poon u. a., 2011) (Ko u. a., 2011) (Cheung u. a., 2012).

Segundo (Ustundag u. a., 2010), projetos que usufruem de RFID podem muitas vezes reduzir ou eliminar obrigações nas quais são utilizados trabalhos manuais. Dependendo do seu impacto, fornecem uma forte oportunidade para o *Return on Investment* (ROI) ser positivo.

(Lee und Lee, 2011) relata que o valor presente líquido e o ROI eram comumente usados para avaliar o investimento em novas tecnologias. Ressalta que RFID sofre influência dos seguintes aspectos: normalização global, preço dos chips, segurança, privacidade e custos de investimento.

A Figura 7 representa um sistema RFID, nos quais os equipamentos específicos para seu funcionamento são: antenas, leitores e etiquetas (*tags*).

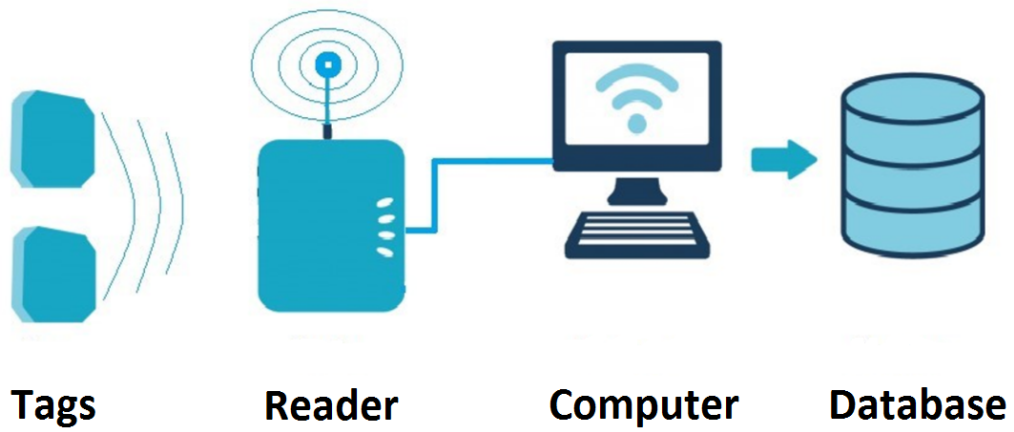

Figura 7: Sistema básico de RFID (De Grandi, 2015)

3.1.1 Antenas

A antena ativa a etiqueta através de um sinal de rádio, para enviar/trocar informações. Quando a antena, o *transceiver* e o decodificador estão no mesmo invólucro recebem o nome de leitor.

3.1.2 Leitores

O leitor emite frequências de rádio que são dispersas em diversos sentidos no espaço, desde alguns centímetros até alguns metros, dependendo da saída e da frequência de rádio utilizadas. Ao receber a influência de um campo eletromagnético a etiqueta RFID responde com o conteúdo contido na sua memória. Essa informação é coletada pelo leitor e disponibilizada para outros dispositivos através de uma interface.

3.1.3 Etiqueta (tag)

A etiqueta (tag) possui um código serial único que é utilizado para identificar objetos ou pessoas. Ao ser detectada na área de cobertura do leitor este decodifica os dados da etiqueta transmitindo-os para um computador que realiza o devido processamento (Bernardo, 2004).

Existem diferentes modelos de etiquetas para os diversos tipos de aplicação. As mais utilizadas são as passivas e as ativas. As passivas são menores e mais baratas por não

possuírem nenhuma bateria e uma capacidade de memória pequena. Seu funcionamento é simples. Ao receber sinal de radiofrequência do leitor, parte dessa energia é transformada em corrente elétrica dentro da etiqueta que irá gerar um sinal de resposta.

As ativas possuem uma bateria que alimenta tanto seu chip interno quanto o sinal de comunicação, conseguindo assim transmitir seu sinal de identificação (ID) periodicamente, independente do recebimento do sinal do leitor. As etiquetas ativas são mais caras por possuírem maior capacidade de armazenamento e alcance de leitura (Deshmukh, 2014).

Na tabela 3 são ilustrados os diversos tipos de etiquetas baseados em suas frequências, alcances de leitura e exemplos das suas aplicações, conforme a literatura.

Tabela 3: Tipos de etiquetas RFID e suas especificações

Banda	**Frequência**	**Alcance de leitura**	**Aplicações**
LF	125∼134 kHz	Abaixo de 30 centímetros	Rastreamento de animais
HF	13.56 MHz	Cerca de 1 metro	*Smart cards* e manutenção preventiva
UHF	315∼938MHz	Entre 10 e 100 metros	Rastreio de caixas e/ou *pallets*
MW	2.45 ou 5.8 GHz	Cerca de 30 metros	Controle de bagagens em aeroportos

3.2 GPRS

O GPRS (*General Packet Radio System*) (Heine und Sagkob, 2003) é um conjunto de protocolos de comunicação sem fio, disponibilizado para usuários GSM (*Global System for Mobile Communications*). Apresenta melhores resultados em relação ao GSM quanto ao atraso dos pacotes, disponibilidade do serviço e tempo de acesso.

A informação antes de ser transmitida é particionada em agrupamentos de *bits* (pacotes). O GPRS é caracterizado por um serviço de comutação de pacotes. Esses pacotes são enviados pela rede de forma embaralhada e ao chegar no destinatário a informação é remontada.

Uma das vantagens do GPRS está na área de cobertura desta tecnologia e o custo associado ao volume de dados transmitidos, e não pelo tempo de conexão à rede (Kalden u. a., 2000) (Nagy und Kotuliak, 2014). A tecnologia disponibiliza diferentes serviços como: SMS (*Short Message Service*), conexões ponto-a-ponto e ponto-a-multiponto e conexão "*always on*" com a internet. Suporta diferentes protocolos, tais como IP, PPP e X.25. A Figura 8 ilustra os procedimentos de uma conexão utilizando GPRS.

Podem-se descrever as seguintes vantagens e desvantagens no uso de GPRS (Liu und Guo, 2014):

- Vantagens:
  - Possui acesso imediato aos dados. O tempo necessário para se conectar à rede

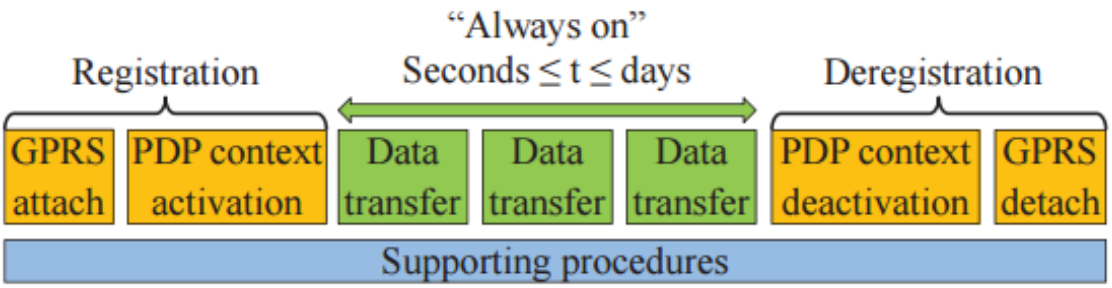

Figura 8: Elementos de uma conexão GPRS (Pauls u. a., 2013)

utilizando GSM é aproximadamente de 15 a 30 segundos, sendo esse tempo é consumido a cada reconexão;

  - Aumento significativo na velocidade de transmissão de dados (velocidade varia de 40 kbps até 144 kbps);
  - Redução de custos, tendo em vista que a tarifação é efetuada com base na quantidade de dados transmitidos;
  - Fácil conexão com internet ou intranets baseadas em IP.

- Desvantagens:
  - Consumo de energia elevado em relação ao outras protocolos de comunicação sem fio como ZigBee;
  - Depende do serviço de telefonia e cobertura de sinal.

3.3 GPS

GPS-NAVSTAR (*Global Position System - Navigation Satellite Time And Ranging*), é a evolução do sistema NNSS (*Navy Navigation Satellite System*). O GPS também é conhecido como TRANSIT e apresenta um sistema de posicionamento que utiliza sinais de rádio para navegação, fornecendo as coordenadas geográficas e a informação horária referente a posição de um aparelho receptor. Esta tecnologia foi desenvolvida para utilização militar pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos, devido ao seu alto grau de exatidão com uma baixa divergência.

No ano 2000, o GPS teve sua utilização pública liberada. A partir dessa data ficou disponível a todas as pessoas a capacidade de identificar a sua posição geográfica e a sua navegação através deste serviço. Hoje vemos em diversas aplicações civis a sua utilização.

O sistema NNNS/TRANSIT era constituído por 6 satélites. O GPS conta com 24 satélites em seis planos orbitais como é ilustrado na Figura 9. A condição mínima para determinar a posição de um elemento utilizando GPS é a cobertura de ao menos quatro satélites. Desta forma é possível identificar as coordenadas geográficas, mapear localização, reconhecer altimetria e aferir velocidade de deslocamento (Timbó, 2000).

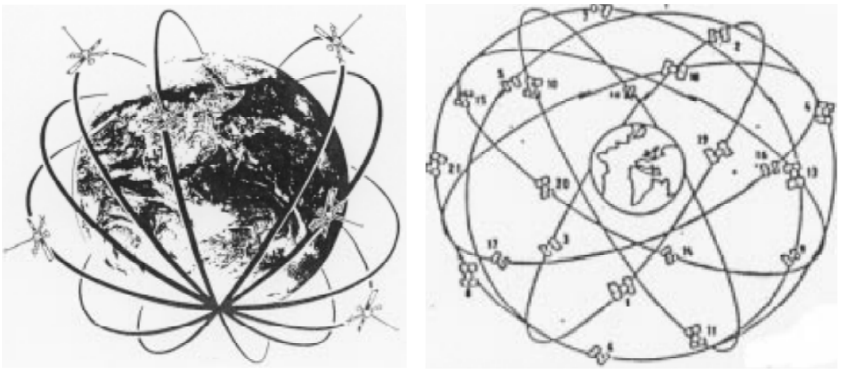

Figura 9: A esquerda o sistema NNSS e a direita o GPS (Timbó, 2000)

3.4 Framework

Um *framework* é um conjunto de soluções para um problema, podendo ser uma coleção de códigos fonte ou bibliotecas que provêm utilidades para uma classe de aplicações.

Diferente de uma biblioteca, que proporciona uma parte específica de uma funcionalidade, um *framework* oferece uma larga quantidade de recursos e máxima reutilização. Frequentemente são utilizadas por uma única aplicação.

Ao invés de reescrever o código e a lógica, o programador pode aproveitar uma estrutura que proporciona as funções mais utilizadas, diminuindo o tempo necessário para construir a aplicação (De Grandi, 2015).

Neste trabalho, o termo *framework* será adotado no sentido de uma abstração que agrega códigos comuns entre vários projetos de *software* provendo uma funcionalidade genérica.

3.5 Internet of Things

O conceito de *Internet of things* nasceu em 1999 na apresentação de Kevin Ashton para resolver um dos problemas da cadeia de suprimentos da Procter & Gamble, utilizando etiquetas RFID.

Podemos definir a IoT conforme (Kranenburg, 2008), como uma infraestrutura de rede global e dinâmica, com a capacidade de auto-configurar recursos com base em protocolos de comunicação padrão e interoperáveis.

Nesse ambiente, elementos físicos e virtuais têm identidades, consequentemente atributos físicos e virtuais estão perfeitamente integrados na rede, através de interfaces inteligentes.

A manipulação de objetos físicos a distância através da internet está cada vez mais presente no dia a dia das pessoas. Hoje vemos diversos dispositivos a venda para dar dinamismo ou trazer garantia de serviço as rotinas da população. Podemos citar como exemplo de IoT nesse cenário, fechaduras inteligentes, rastreadores de animais, controle

de temperatura e umidade.

Segundo (Da Xu u. a., 2014), IoT é vista como uma tecnologia emergente. Espera-se dela uma vasta oferta de soluções promissoras, capazes de transformar o funcionamento de muitos sistemas industriais existentes, principalmente na área de transporte.

Técnicas para rastreio, identificação e sistemas para apoio logístico na cadeia de manufatura são exemplos típicos. Ou seja, utilizando IoT é possível rastrear as posições dos equipamentos de transporte e suas cargas, acompanhar seus deslocamentos, prever suas localizações futuras, identificar eventuais problemas de tráfego, etc.

Na Figura 10, são apresentadas as tecnologias que fazem parte deste cenário. Na Figura 11 conseguimos ver a pluralidade da IoT. Ela ilustra os diversos tipos de equipamentos e serviços que compõem uma rede desse tipo.

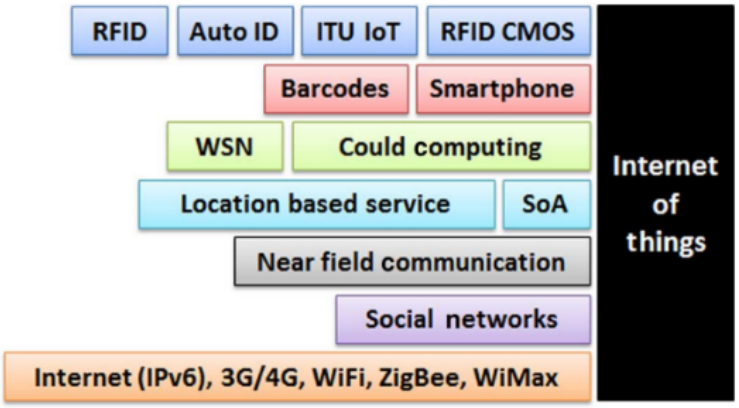

Figura 10: Tecnologias envolvidas em IoT (Khan u. a., 2012)

Figura 11: Cenário de utilização para IoT (Da Xu u. a., 2014)

No trabalho proposto aborda uma arquitetura que se enquadra no escopo de IoT. O sistema embarcado que foi desenvolvido utiliza-se dos conceitos e tecnologias associados ao termo, a fim de comunicar-se com outros nós da rede, com a intenção de transmitir os dados capturados.

3.6 Middleware

O termo *Middleware*, herdado da computação distribuída, é responsável por exercer uma função de mediador, através de protocolos padrões, entre aplicações desenvolvidas com escopos tecnológicos divergentes, fazendo a comunicação e/ou integração entre ambos.

A arquitetura descrita nesta proposta emprega uma estrutura de publicação e subscrição de mensagens. Para tal, é utilizado um *"message broker"* que recebe as mensagens enviadas pelo sistema embarcado que após as repassa para a próxima camada da aplicação, como ilustra a Figura 12.

O leitor RFID encaixa-se como um *middleware*, fazendo a comunicação entre as etiquetas e a microcontroladora, repassando as informações identificadas através de radiofrequência, por meio de um protocolo padrão.

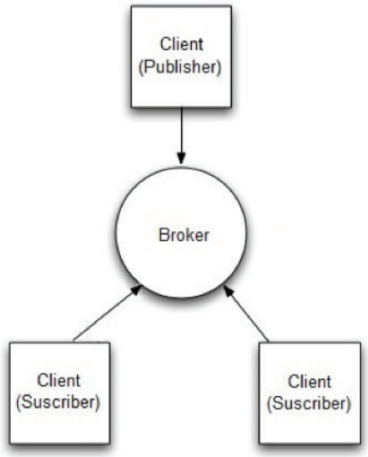

Figura 12: Arquitetura de publicação/subscrição de um *"message broker"* na nuvem

4 TRABALHOS RELACIONADOS

Os trabalhos abaixo são referências nas áreas abordadas por esta dissertação. Na descrição dessa seleção de referências são demonstrados seus pontos fracos e fortes, juntamente com as suas principais características.

O RFID vem popularizando-se na última década. Tais sistemas provêm grande confiabilidade na sua utilização. Hoje é uma das tecnologias chave para soluções em automação de logística (Prasanna und Hemalatha, 2012), que atualmente gira em torno de 9,2 bilhões de dólares por ano no mercado (IDTechEx u. a., 2014).

As tecnologias de identificação e rastreio estão em evidência. Etiquetas RFID operam, juntamente com sistemas de georreferenciamento, para localizar e mapear o deslocamento de insumos em diversas áreas industriais (Viani u. a., 2012) (Arebey u. a., 2010) (Sardroud und Limbachiya, 2010).

Ao consultar a literatura, encontramos diversos exemplos do uso de RFID no cenário de construção naval. As áreas que mais despontam são: segurança na atividade de construção; e identificação de equipamentos. Entretanto, existe uma escassez de trabalhos descrevendo a utilização de RFID em atividades de fabricação na indústria naval.

A aplicação dessas tecnologias possibilita um reconhecimento de forma precisa e dinâmica para localização de insumos, equipamentos e pessoas, permitindo um melhor acompanhamento e gerenciamento dos recursos necessários a uma linha de produção. Ao identificá-los e aplicá-los corretamente, em cada atividade nas fases de produção, aumenta-se a competitividade do processo, em decorrência do menor índice de retrabalho, desperdícios de material e uma modelagem do processo alinhada ao evento.

(a) Em (Min, 2008), são apresentadas as futuras perspectivas sobre Sistemas de Controle e Automação em Estaleiros Sul-Coreanos. É mostrada a necessidade de automatizar o processo de fabricação com o objetivo de aumentar a produtividade e a confiabilidade dos processos de construção naval.

    O artigo relata que, para alcançar essa confiabilidade, é necessário o uso de uma ampla gama de tecnologias, citando a indispensável adoção de um novo sistema de gestão para logística. A automatização desses processos otimizaria os tempos de transporte.

(b) Em (Vossiek u. a., 2010) são descritas técnicas para identificação e posicionamento através de RFID aplicadas em ambientes de processamento e produção de aço. Em virtude do alto grau de interferência, mostrou-se necessário combinar diferentes técnicas de rádio afim de acompanhar e rastrear os itens envolvidos no processo de manufatura, de modo a oferecer confiabilidade nos dados fornecidos.

É comentada a falta de automação no meio metalúrgico, no que corresponde a logística da cadeia de suprimentos e nas linhas de manufatura. Lembram que por causa dos cenários de produção caóticos, talvez não seja praticável automatizar toda a informação necessária utilizando RFID. Por isto, recomentam a necessidade de um alto nível de detalhamento na análise de requisitos do local onde o projeto será implantado.

(c) Os autores em (Held, 2010) apresentam algumas soluções de RFID na indústria naval. Citam a utilização de RFID em capacetes de todos os trabalhadores que atuam num estaleiro, sejam funcionários diretos ou indiretos. O objetivo é monitorar a construção de cascos de navios, com a intenção de auxiliar na evacuação dos trabalhadores e na coordenação do acesso de pessoas em caso de incêndio.

(d) No experimento descrito em (Park u. a., 2010) é mostrada uma alternativa para identificação e mapeamento de blocos em um estaleiro da Coréia do Sul. A solução apresentada utiliza dois tipos de etiquetas RFID para identificação. Uma para reconhecer o bloco e outra o seu caminho.

A metodologia desenvolvida para mapear o trajeto feito pelos blocos em um estaleiro consiste em fixar etiquetas RFID no solo, em trajetos programados. O veículo transportador portará leitores RFID, que irão reconhecer os pontos por onde ele transitou. A técnica utilizada para aferir a posição de um bloco será por trilateração de pontos, estimados pelo *Received Signal Strength Indicator* (RSSI).

(e) O artigo (El Ghazali u. a., 2011) apresenta uma metodologia para a indústria de construção, em gestão de materiais na cadeia de suprimentos com o uso de RFID. Ele visa a identificação e localização em tempo real, a fim de garantir precisão em seus relatórios, levar a reduções de custos, garantir um controle de qualidade e ter uma otimização na gestão.

Esse projeto propõe aplicar RFID em uma cadeia de produção de tubulações metálicas para refinarias de óleo e gás. Envolve essa solução no âmbito de quatro empresas. Um contratante, duas sub-contratadas e um consumidor, em suas três etapas de atividades: oficina de fabricação, oficina de pintura e instalação no cliente.

Apesar das empresas já utilizarem outras técnicas ou tecnologias para rastreabilidade, a transparência e visibilidade proporcionada pela implementação de um sis-

tema baseado em RFID permitiu um aumento elevado na estratégia operacional e tática entre as empresas do projeto. A integração dos fluxos de informação em toda a cadeia ficou de forma dinâmica, sem gargalos causados por atrasos de informação ou mal-entendidos. Os autores ressaltam que estes benefícios foram convincentes para implantação da tecnologia.

(f) Já em (Prasanna und Hemalatha, 2012), além de RFID são também utilizados outros dois meios de rastreamento, o GPS e o GSM. O artigo aborda problemas relacionadas a cargas embarcadas em veículos, como perda de mercadorias, sobrecarga, reconhecimento e localização.

Utiliza etiquetas RFID para identificação e GPS e GSM para rastreio dos veículos e envio periódico dos detalhes dos bens, respectivamente. Todos os dispositivos são conectados a um microcontrolador PIC, através de uma rede de sensores. O sistema verifica se existe excesso de peso e envia um sinal para acionamento de um alarme.

(g) Em (Andoh u. a., 2012) é descrita uma aplicação que utiliza RFID e GPS no auxílio da tomada de decisão na área de construção civil. Os autores elaboraram um framework para acompanhar o desenvolvimento das obras em tempo real e o deslocamento de objetos pelo canteiro de obras.

(h) Em (Yun und Park, 2012) é possível compreender o recente desenvolvimento da indústria naval mundial e nela o destaque da Coréia do Sul, que com seus resultados atualmente encontra-se em segundo lugar, perdendo somente para a China.

Entretanto, os índices de acidentes cresceram vertiginosamente lá, junto com o da produtividade.

O ambiente naval inclui diversos fatores de risco em potencial, no que tange à veículos operacionais como empilhadeiras, caminhões e equipamentos para transporte de cargas pesadas, como as Kamags. O artigo apresenta um sistema de segurança, composto de RFID e tecnologia *Ubiquitous Sensor Network* (USN) para identificação de empilhadeiras, com a intenção de impedir acidentes por movimentação ou operação de carga/descarga.

(i) Em (do Amaral Bichet u. a., 2013) são abordadas situações envolvendo indústrias de construção e montagem utilizando realidade virtual em uma solução que adota hiperambientes e RFID para acompanhamento e gerenciamento de processos e insumos. Através de uma compilação de: elementos reais sem capacidade de processamento ou atuação; nodos computacionais com capacidade de processamento; tecnologias gráficas e de simulação com habilidade de representação; e tecnologias de comunicação capazes de integrar os diferentes elementos, é apresentado o Toogle, hiper ambiente capaz de interagir e manipular itens do ambiente real em um

mundo digital. Ou seja, dentro da concepção de CPS.

(j) O trabalho descrito em (Duarte Filho u. a., 2013) mostra um sistema computacional para adquirir, armazenar e processar informações relativas a presença, localização e rastreio de componentes existentes em cenários industriais de construção e montagem, em particular na indústria naval e offshore. Apresenta uma solução de software e hardware para aquisição de informação e seu armazenamento em um banco de dados. O estudo de caso apresentado demonstrou um alto grau de dificuldade na utilização de RFID, onde se pôde avaliar as interferências de ondas eletromagnéticas espúrias, devidas à presença de grandes equipamentos de corte e soldagem e grandes quantidades de objetos metálicos.

(k) Em (Jung u. a., 2013) é citado o impacto do investimento em Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) em diversas áreas da economia na Coréia do Sul. Em busca do aumento da competitividade perante a outros países - Tigres Asiáticos - que dominam o bloco das Economias de Industrialização Recente (EIR), o artigo relata os investimentos nessa área a partir de 1990. Destacam-se nesse estudo os diversos casos de convergência tecnológica para construção naval. É notório perceber o investimento pesado na indústria coreana em software e hardware embarcados, para o aumento da qualidade e produtividade.

No artigo é comentado que em 2002, a SHI (Samsung Heavy Industries) investia em um sistema de construção naval digital com a intenção de reduzir custos e melhorar o tempo de produção. Em 2009, com o avanço dos estudos, tornou-se evidente o problema de estocagem de blocos durante o processo de construção naval. Os blocos ficam espalhados ao longo dos estaleiros, dificultando a logística interna nos locais de construção e montagem. A importância de identificar corretamente os itens durante o processo de manufatura, logística de materiais, componentes e blocos é reconhecida como um dos pilares para o aumento da qualidade e produtividade.

(l) Em (Su und Wei, 2014) pesquisadores chineses citam que, para a China manter sua supremacia na produção naval, é necessário se aproximar da tecnologia utilizada no Japão, Coréia do Sul, Estados Unidos e Europa. Seguindo a tendência do *cloud computing* é relatada uma ”nuvem de fabricação”. Uma plataforma de serviços embarcada em um ambiente de manufatura é analisada. O desenvolvimento desigual atrelado ao baixo nível de informação compartilhada a nível cooperativo são problemas na informatização da produção naval chinesa, segundo o estudo.

(m) Em (Akbari u. a., 2015) vemos uma aplicação de RFID para controle de processos com os objetivos de aumentar a produtividade, eficiência e diminuir o tempo ocioso

do sistema de produção. A intenção é evitar estações de trabalho mantidas no modo de espera, mas com uma taxa de utilização satisfatória.

Seu funcionamento é simples. Com uma etiqueta RFID em cada estação de trabalho como ponto de tomada de decisão, o sistema acompanha o uso das máquinas, aumentando a produtividade das mesmas. O artigo relata que com o uso da tecnologia atingiu uma taxa de 96% de utilização das máquinas, reduzindo, portanto, seu tempo ocioso.

(n) Em (Moller u. a., 2015) é descrita uma solução utilizando RFID e CPS para rastreamento de veículos em aplicações envolvendo gestão de frota, principalmente no rastreamento da frota. No artigo é possível reconhecer a integração entre ”coisas”e elas atuando com o mundo físico, aproximando do conceito de *Cyber-Physical System* (CPS).

O principal objetivo de implantação de RFID é fornecer um sistema de rastreamento para as empresas de transporte e logística, a qual disponibilize uma grande quantidade de dados para poder identificar a melhor forma de organizar a expedição e o roteamento da frota.

(o) Em (Abbassi u. a., 2015) é demonstrado a utilização de RFID para manutenção de instalações *offshore*. O estudo anexou etiquetas em itens existentes no processo para extração e processamento de petróleo, tais como bombas, atuadores e válvulas. Tem a intenção de facilitar seus manuseios em tarefas de manutenção, auxiliando na redução dos erros humanos na manipulação desses equipamentos.

(p) Em (Mansor u. a., 2015) é apresentado um estudo de caso em implementação de tecnologia RFID em estaleiros malaios. Inicialmente, encontra-se em desenvolvimento um sistema para medir a viabilidade de tal tecnologia no ambiente de construção naval malaio. O nível de viabilidade medido será crucial para apoiar a implementação da tecnologia. Também será mensurada a percepção das pessoas no que diz respeito a adequação em trabalhar com tais etiquetas inteligentes, com o objetivo de identificar se o aumento da produtividade poderia ser efetivamente rentável para os estaleiros.

O potencial de implementação de RFID na construção naval da Malásia é quiçá uma forma de aumentar a competitividade dos estaleiros navais. É proposta a sua integração em toda a linha de produção, bem como na complexa cadeia de suprimentos ao longo dos processos. O crescimento da atividade marítima na Malásia tem elevado o número de projetos na construção naval local. O governo e as empresas gestoras têm interesse em otimizar a qualidade na construção naval para atingir um maior nível de competitividade.

Com um crescimento sem planejamento, próximo ao visto no Brasil, houve diversos rompimentos de contratos nos estaleiros malaios. Em consequência, apesar de oitenta por cento do transporte de cargas na Malásia ser por via marítima, o país depende de embarcações construídas em estaleiros estrangeiros para transportar boa parte do seu comércio.

É ressaltado que, para o país, a importância da melhoria no nível da construção naval é decisório por fornecer empregos diretos em arquitetura naval, engenharia, fabricação, segurança e soldagem, entre outras.

Entretanto, os pesquisadores determinaram que a utilização de RFID não seria economicamente viável, devido a diversas razões. Algumas citadas são: custo elevado de implantação, pequeno número de trabalhadores em um estaleiro, número baixo de encomendas anuais de navios devido a baixa qualidade dos estaleiros, almoxarifados com pouco estoque, operando na metodologia "*just in time*".

O artigo identifica que a indústria naval malaia tem outras necessidades a serem supridas em um primeiro momento. A começar por investimentos na estrutura básica dos processos de manufatura dos navios. Somente após isso deve ser investido na ampliação dos estaleiros e na automação dos seus processos através de RFID.

(q) Em (Wang u. a., 2015) podemos identificar a percepção do autor no crescimento da BDA (*Big Data Analytics*) e IIoT (*Industrial Internet of Things*). O mesmo propõe um *framework* para gerenciar o grande volume de dados gerados pelos sensores e atuadores dos OSVs (*Offshore Support Vessels*). Para isso é mencionada uma arquitetura mista para o processamento de dados baseado em CPUs (*Central Processing Unit*)/GPUs (*Graphics Processing Unit*)/FPGAs (*Field Programmable Gate Array*), de modo a aumentar a competitividade da Noruega no cenário mundial nesse tipo de insumos, voltados a construção naval.

5 METODOLOGIA

A seguir, apresentam-se detalhadamente a metodologia a ser adotada no trabalho proposto, assim como seus componentes e o estudo de caso desenvolvido.

5.1 Metodologia proposta para rastreio de blocos em um estaleiro

Diversas atividades existem para construir um bloco, a divergência entre os autores é extensa e demonstrada através da subseção 2.1, onde estão descritos os processos de produção na indústria naval. Segundo (Maciel, 2016), é possível resumir o processo nas seguintes atividades de construção:

1. Armazenagem;
2. *Shotblasting*;
3. Processamento;
4. Painelização;
5. Submontagem;
6. Montagem;
7. Acabamento Avançado;
8. Pintura;
9. Edificação.

De acordo com (Lee u. a., 2013) a construção naval moderna é reconhecida pelo uso de blocos em seu processo de construção, pelo dinamismo que essa metodologia permite para um estaleiro. Utilizando essa metodologia é possível pré-fabricar blocos em diversas unidades de produção seja no estaleiro em questão ou terceirizando parte dessa produção. Na crescente da produção naval brasileira, era comum ter blocos ou constructos produzidos em outros estaleiros para acelerar o processo de fabricação de um casco.

A arquitetura para IoT denominada Smartlog, desenvolvida neste trabalho, envolve os processos a partir da fabricação de um bloco. Podemos assim dizer que o processo a ser analisado começa quando a linha de base (LB) ou painel inferior chega na atividade de montagem. Esse evento marcará o início da vida de um bloco e o sistema acompanhará a movimentação do mesmo ao longo do estaleiro. As atividades existentes entre o processo de montagem e edificação são demonstrados por (Lee u. a., 2013) na Figura 13.

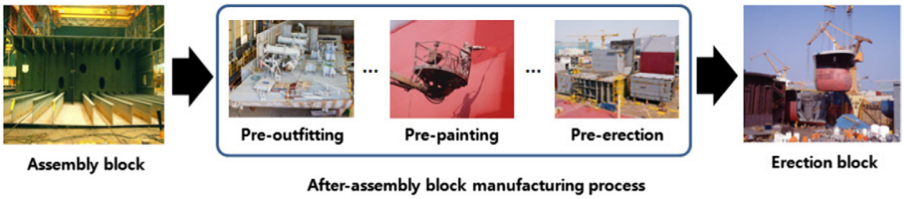

Figura 13: Processos que serão mensurados pela arquitetura, adaptado de (Lee u. a., 2013)

Com a intenção de mapear a produção a partir do processo de montagem, será instalado um arranjo contendo diversos Hotlogs, *framework* de *hardware*, para reconhecer cada bloco e sua respectiva posição de latitude e longitude. O Sistema Embarcado (SE), obtém o registro das atividades mencionadas, reconhecendo os itens através de etiquetas RFID.

Analisando a metodologia de produção dos estaleiros podemos identificar que, entre um processo e outro, um veículo transportador carrega os blocos entre as oficinas. No ponto onde é iniciada a montagem dos blocos será instalado um Hotlog. Serão também colocadas etiquetas RFID na linha de base (LB) dos blocos. Desta forma, anexando um SE em cada veículo transportador é possível gerar um *log* de eventos através de um sistema de rastreio inteligente.

A locomoção de um bloco dentro do estaleiro é realizado por diversos veículos de transporte. Escolhemos fixar o sistema embarcado em um veículo conhecido como Kamag. Desta forma será possível identificar o seu translado na planta industrial através de GPS. Os dados de localização são enviados através da internet e armazenados em um banco de dados para que possam ser acessados pela aplicação.

A aplicação *web*, denominada Applog, é do tipo multiplataforma. Sendo assim, o usuário poderá acessar o banco de dados por meio de um dispositivo móvel (*smartphone* e *tablet*) ou *desktop*, entre outros. No entanto, é necessário que o dispositivo contenha alguma capacidade computacional para interpretar linguagens de marcação *Hyper Text Markup Language* (HTML 5), linguagem de estilo *Cascading Style Sheets* (CSS 3) e linguagens de programação interpretada, como *Hypertext Preprocessor* (PHP) e JavaScript (JS).

Os dados capturados são mostrados em uma interface contendo o mapa do local de produção/montagem, de forma a auxiliar na visibilidade e controle da cadeia de manufatura. Um histórico do item obtido durante o processo também será gerado, assim como

possibilitadas buscas por etapa de produção ou item manufaturado.

Nas seções abaixo serão apresentados os componentes que integram este *framework*.

5.2 Smartlog

A arquitetura para IoT denominada Smartlog é composta por um *framework* de *hardware* e *software* para identificação, mapeamento e rastreio de blocos, utilizando RFID e GPS. Na Figura 14 podemos visualizar a integração dos componentes do Smartlog, bem como seu funcionamento e comunicação.

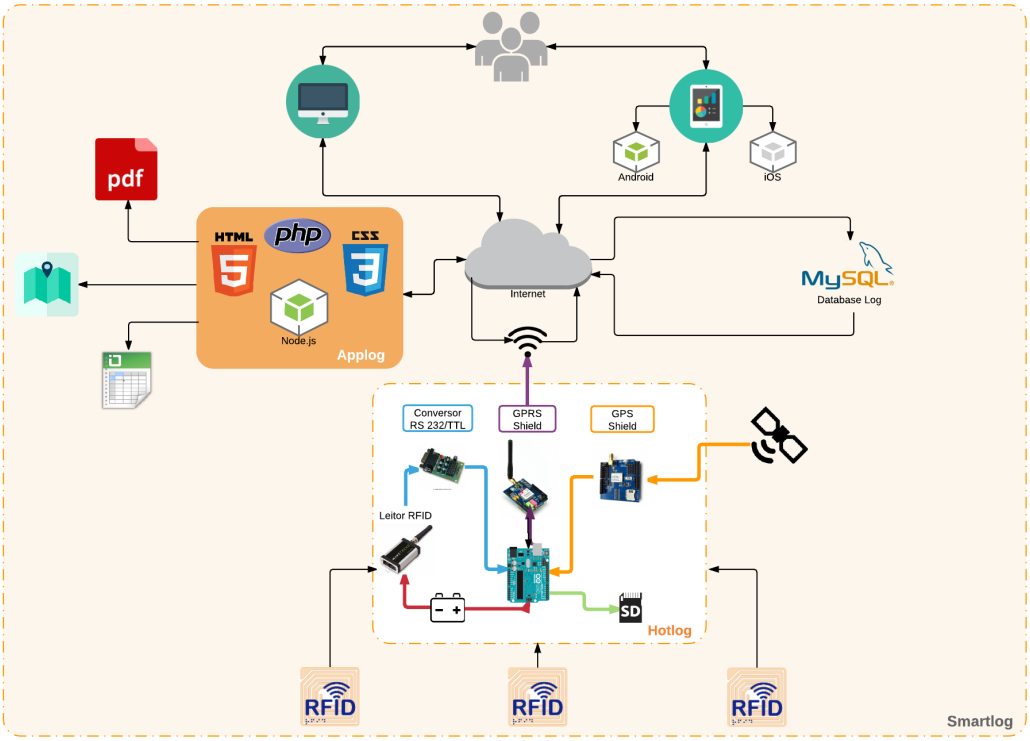

Figura 14: Integração entre os módulos da Smartlog

Com o advento da IoT, começou um grande movimento para desenvolver novas arquiteturas, modelagens, protocolos e tecnologias. Segundo (Khan u. a., 2012) uma arquitetura baseada em IoT fundamenta-se em diversos conceitos herdados de Sistemas Distribuídos, podemos citar entre eles escalabilidade, interoperabilidade, confiabilidade, *Quality of Service* (QoS) entre outros.

Conforme (Khan u. a., 2012) um sistema baseado em IoT para diferentes tipos de aplicações ou serviços tem as seguintes características:

1. Detecção, identificação e comunicação de objetos, as informações detectadas pelos sensores podem ser de diversas naturezas como por exemplo: temperatura, posição, movimento, vibração, aceleração, umidade, qualidade do ar entre outros.

Para concepção de um serviço inteligente, pode ser utilizada uma combinação com diversos sensores;

2. As informações dos objetos são recebidas e processadas por um dispositivo inteligente, o qual determina uma ação a ser tomada;

3. Um sistema inteligente traz em sua natureza a capacidade de informar ao administrador o status atual sobre o mesmo, assim como resultados de ações inesperadas.

A Smartlog é composta de um *framework* de *hardware* denominado Hotlog, um *middleware* para IoT, um banco de dados para salvar as informações adquiridas pelo SE e uma camada de aplicação denominada Applog. O Hotlog é um SE que contém uma solução utilizando RFID, GPRS e GPS para rastreara a movimentação de blocos em um ambiente de construção naval. Os dados capturados por ele são enviados para um *middleware* voltado para IoT.

O *middleware* para IoT escolhido para ser utilizado na arquitetura foi o MQTT (*Message Queue Telemetry Transport*), o qual é um protocolo ideal para ambientes que são formados por soluções de hardware com baixa capacidade de desempenho e redes de alta latência. O MQTT tem sua organização baseada em tópicos, é utilizado para publicação e subscrição de mensagens entre dispositivos, foi desenvolvido pelo Dr. Andy Stanford-Clark da IBM e Arlen Nipper de Arcomtem em 1999 e conta com larga apreciação na literatura (Hunkeler u. a., 2008).

O *broker* escolhido para a arquitetura foi o Mosquitto. Ele faz parte da coleção de protocolos e bibliotecas para IoT do projeto Eclipse (Dhall und Solanki, 2017). Conta com atualizações frequentes e uma fácil configuração. Seu grande diferencial é a existência de distribuições para diversos sistemas operacionais. Alguns *brokers* não contam com versões para sistemas operacionais Windows, sendo que, no Brasil, a maioria dos estaleiros contam com infraestrutura Microsoft/Windows. Nos testes relatados na seção 6.2 são ilustradas as características dos serviços oferecidos por essa ferramenta.

Após receber as mensagens, o *middleware* as encaminha ao banco de dados desenvolvido. Para esta aplicação, foi utilizado um banco de dados simples em MySQL, o qual recebe as mensagens enviadas pelos SEs distribuídos no estaleiro. Visto que os pacotes do SE são mutáveis conforme os dados desejados pelo usuário da arquitetura, como ilustrado na seção 5.3, possivelmente cada modelo tenha um banco de dados com características próprias.

A aplicação Applog gerencia as informações obtidas pelos elementos anteriores. Através dessa aplicação é possível reconhecer a última posição do bloco em um estaleiro, a vida útil das etiquetas conforme seu cadastro, o histórico dos processos de produção de um bloco. A saída desses dados é através de uma interface web, em arquivos editáveis, conforme especificado na seção 5.4.

Consoante com (Tan und Wang, 2010), (Miao u. a., 2010) e (Khan u. a., 2012), a estrutura de uma arquitetura de IoT divide-se em cinco camadas que são descritas abaixo, encontram-se ilustradas nas Figuras 15 e 16 e foram utilizadas neste trabalho:

1. Camada de Percepção: A camada de percepção consiste dos objetos físicos e sensores, os sensores podem ser RFIDs, códigos de barras ou sensores de infravermelho, dependendo do escopo tecnológico adotado e da metodologia aplicada. Esta camada é responsável basicamente por extrair informações dos sensores.

2. Camada de Rede: Esta camada é responsável pela transferência de informações a partir dos sensores para um sistema de processamento. O meio de transmissão pode ser cabeado, através de tecnologia sem fio como 3G, WiFi, Bluetooth, ZigBee entre outros. Desta forma, as informações são transferidas da camada de percepção para a de *middleware*.

3. Camada de *Middleware*: Dispositivos baseados em IoT implementam diferentes tipos de serviços e aplicações. Os dispositivos conectam-se apenas com outros que oferecem serviços em comum. Nesta camada é executado o processamento das informações enviadas pela camada de rede e disponibilizadas na camada de aplicação.

4. Camada de Aplicação: Fornece o gerenciamento total da aplicação, baseada nas informações adquiridas pelos objetos e processadas na camada de *middleware*.

5. Camada de Negócios: Nesta camada temos o controle total do sistema baseado em IoT, incluindo aplicações e serviços. Neste tipo de arquitetura esta camada deve fornecer ferramentas para modelos de negócios através de fluxogramas, gráficos, relatórios e tabelas, a fim de auxiliar a determinar ações futuras.

Para uma melhor compreensão, a Figura 17 e a Tabela 4 demonstram o fluxo e os elementos da arquitetura divididos em camadas, como descrito acima.

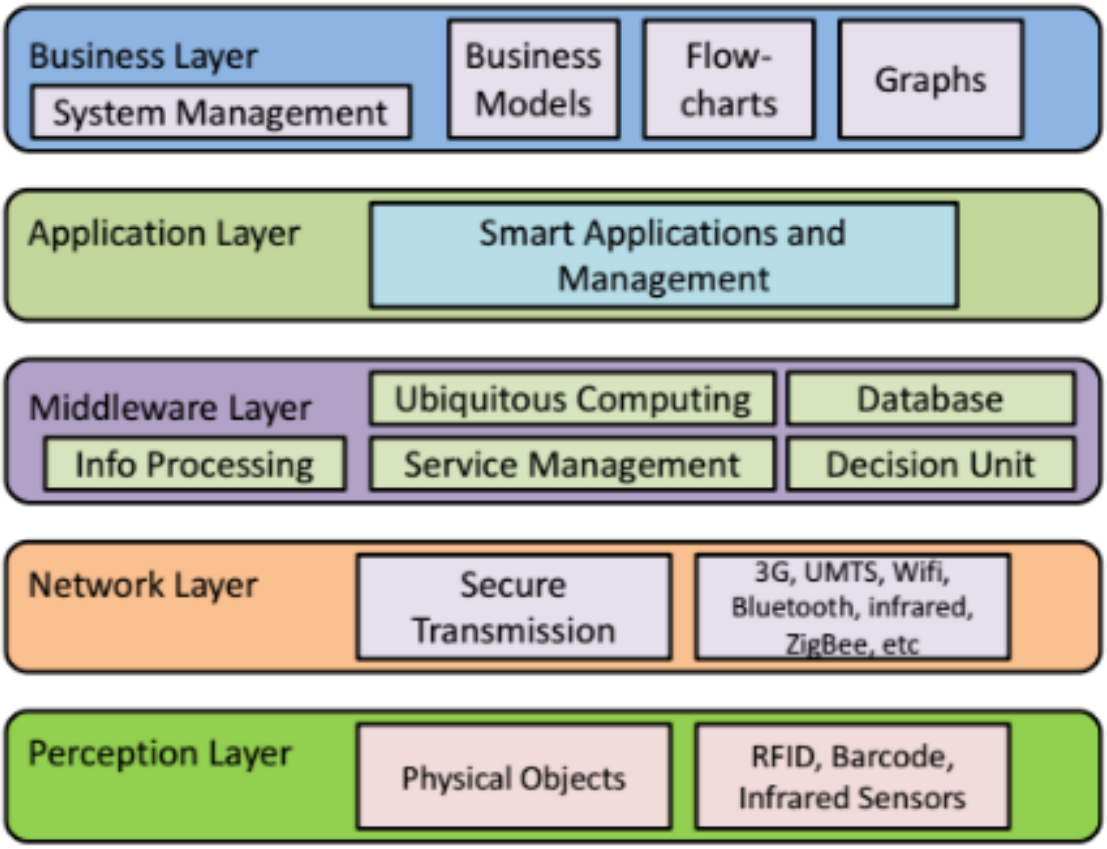

Figura 15: Arquitetura em camadas para IoT (Khan u. a., 2012)

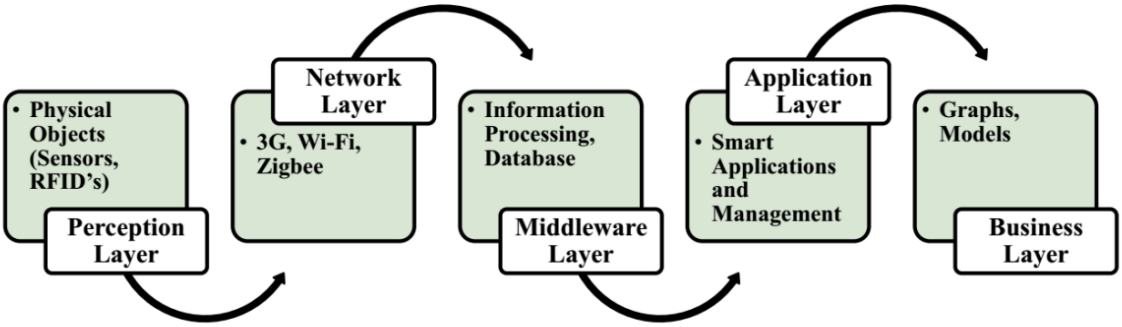

Figura 16: Arquitetura genérica para IoT (Muralidharan u. a., 2017)

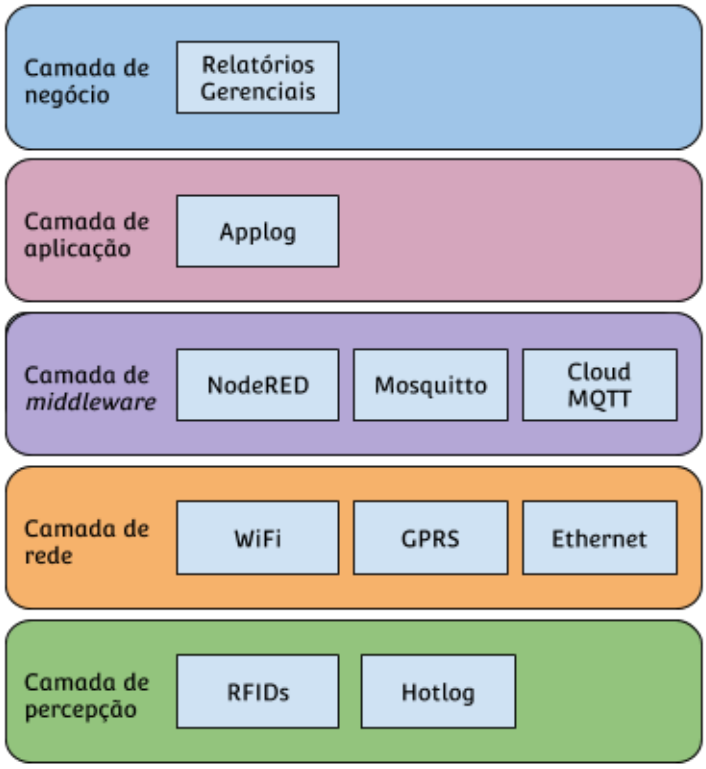

Figura 17: Arquitetura Smartlog em camadas, adaptado de (Khan u. a., 2012)

Tabela 4: Arquitetura Smartlog em camadas, adaptado de (Muralidharan u. a., 2017)

Camadas	**Propriedades**
Camada de percepção e dispositivos	Etiquetas RFID Hotlog O pacote de dados é formatado para envio
Camada de rede	Encaminhado para camada de transmissão Envio de informações dos sensores utilizando QoS Protocolos para transmissão com ou sem fios (GPRS, WI-FI, ZigBee) Transferência das informações para o *middleware* - MQTT
Camada de *middleware*	Processamento de informações específicas de objetos e identificação por sensores Mensagens serão filtradas nos tópicos recebidos - NodeRED
Camada de aplicação	Gerenciamento de aplicativos com base nos resultados do *middleware* Applog
Camada de negócio	Relatórios gerenciais

5.3 Hotlog

O Hotlog é um sistema de *hardware* embarcado com a finalidade de identificar itens que estejam com uma etiqueta RFID associada ao objeto a ser rastreado, atribuindo uma

identificação a ele.

Essa identificação será captada pelo leitor e transmitida através de um *middleware*. Trata-se de um conversor de sinais eletromagnéticos que repassa o valor das etiquetas para uma microcontroladora. Após, é identificada a sua localização, obtida através da latitude e longitude fornecidas pelo módulo GPS.

A microcontroladora é responsável por todo pré-processamento do sistema embarcado. Os sinais capturados pelo leitor RFID e o GPS são associados aos valores de data e hora da leitura e então armazenados em um microSD. A seguir, os dados capturados são formatados em pacotes no padrão do *middleware* para IoT. Neste caso, como já mencionado, foi escolhido o MQTT devido a sua estrutura de subscrição e publicação de mensagens.

Esses pacotes são enviados pela Internet através de GPRS. Este protocolo de comunicação foi escolhido por contar com vasta área de cobertura e pelo baixo custo de implementação. Hoje, no mercado brasileiro, contamos com diversas empresas de telefonia móvel oferecendo SIM Cards para conexões M2M, assim reduzindo o custo de manutenção.

O *framework* Hotlog é composto por:

- Bateria 12v;
- Leitor RFID (Wavetrend RX 210);
- Microcontroladora (Arduino UNO);
- Módulo Conversor RS 232/TTL;
- Módulo GPRS (IComSat V1.1 com interface SD);
- Módulo GPS (ITead Studio V1.0 com chip RTC integrado);
- Módulo microSD (integrado ao módulo GPRS);
- Módulo Ultrassônico (HC-SR04);
- SIM Card;
- Tags RFID (Wavetrend *Tag* TGA-A).

No modelo proposto no Hotlog para mensuração de localização são utilizadas coordenadas informadas pelo GPS. Não são empregadas técnicas de trilateração por RSSI como em (Park u. a., 2010), onde é utilizado um caminho demarcado por RFIDs. Ganha-se assim maior mobilidade e uma melhor precisão de posicionamento do item rastreado.

Após o usuário definir os parâmetros da comunicação GPRS (a operadora e o plano contratado para a conta) o sistema deve ser acionado para começar a captar as etiquetas e as suas coordenadas (latitude e longitude), montando um pacote contendo:

- Identificador do Hotlog;
- Data e hora;
- Coordenadas contendo latitude e longitude;
- Valor do ID contido na etiqueta RFID;
- O valor de RSSI;
- Número de vezes em que a mesma etiqueta apareceu;
- *Checksum* (bit validador).

Com o pacote montado busca-se um sinal da operadora para realizar o envio dos dados obtidos. Caso não seja encontrada a rede, os dados são armazenados em um microSD, até que a comunicação com a rede seja estabelecida e as informações enviadas para o banco de dados.

A Figura 18 apresenta a arquitetura do Hotlog. Na área tracejada estão representados os componentes de *hardware* e suas ligações internas. Na parte exterior são demonstrados os elementos de cenário que interagem com os componentes do *hardware*.

A figura 19 demonstra onde cada item comentado acima se enquadra em um sistema IoT, numa analogia a arquitetura do Hotlog, como podemos ver abaixo:

- Camada de objetos físicos é representada pelas etiquetas RFID;
- Camada de sensores é representada pelo leitor RFID e pelos sensores de GPRS e GPS;
- Camada de comunicação/infraestrutura é representada pelos protocolos de comunicação entre os sensores e a microcontroladora;
- Camada de computação e processamento é representada pela microcontroladora.

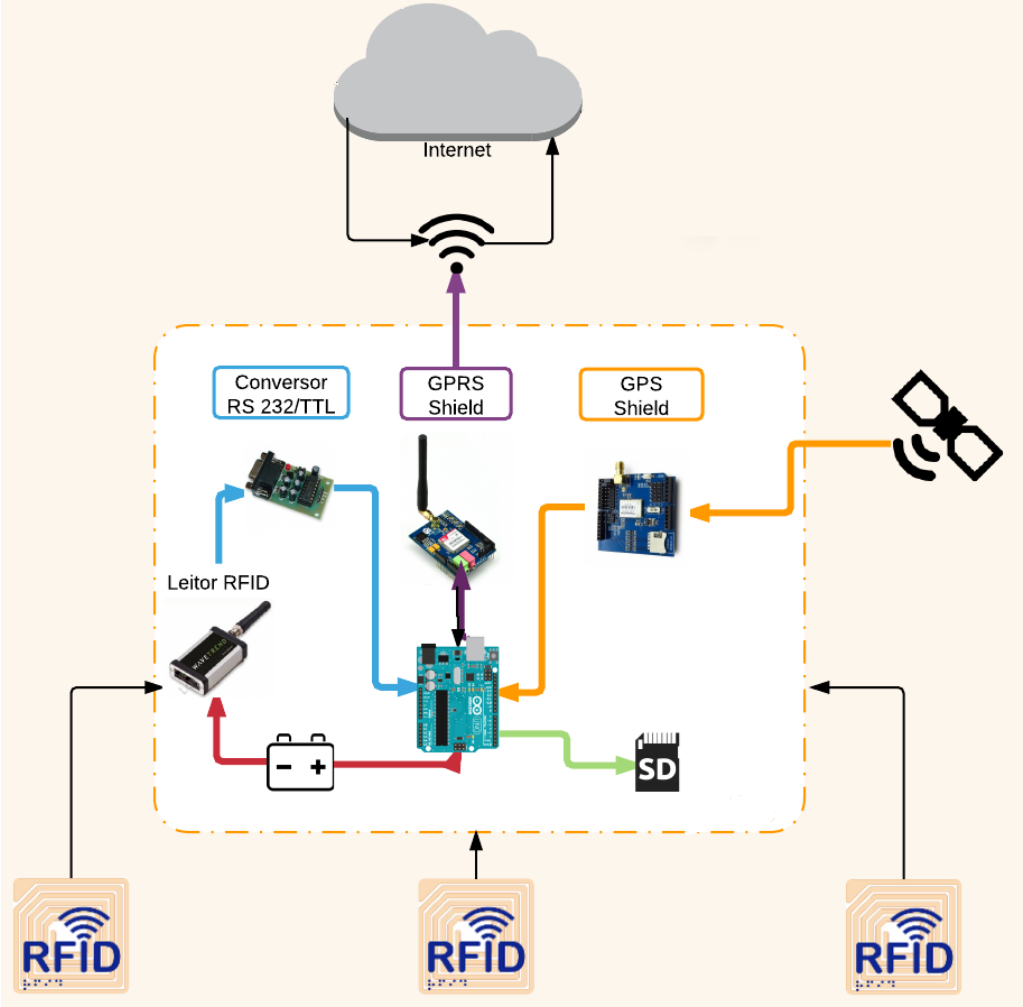

Figura 18: Arquitetura proposta pelo Hotlog

5.4 Applog

A Applog é a camada de aplicação da Smartlog, onde o usuário consegue interagir com os dados coletados pelo sistema embarcado Hotlog. Através da aplicação, o usuário consegue verificar os *logs* de movimentação dos itens que foram identificados e mapeados pelo SE, aferir a trajetória feita pelo agente transportador do Hotlog e analisar o fluxo de produção através de formulários fornecidos pelo sistema.

Com o aumento da popularidade em nível acadêmico e comercial da IoT, aliado ao crescimento constante na venda de dispositivos móveis, foi projetada uma aplicação enxuta com características multiplataforma e de portabilidade.

Foi escolhida uma estrutura que tem por característica a metodologia mista *client-side* e *server-side*. Assim, boa parte do processamento fica no lado do cliente. Ou seja, no computador ou dispositivo que o usuário realiza o acesso a aplicação. Consequentemente, as linguagens com essa característica em aplicações *web* utilizam-se do *browser* incluso no dispositivo para processar suas funções.

A Figura 20 mostra a arquitetura da Applog, que é muito simples. Utiliza uma lin-

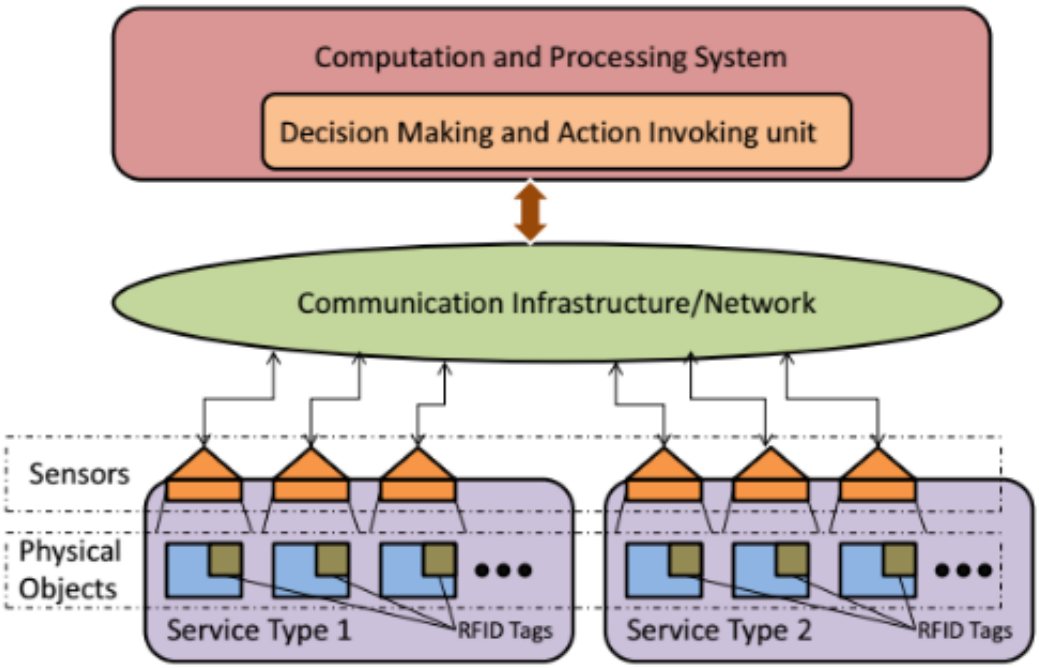

Figura 19: Sistema para IoT (Khan u. a., 2012)

guagem de marcação (*HyperText Markup Language* - HTML 5) (Lubbers u. a., 2011), uma linguagem de estilo (*Cascading Style Sheets* - CSS 3) (McFarland, 2012) e duas linguagens de programação interpretadas (Hypertext Preprocessor - PHP e JavaScript - JS) (Gavrin u. a., 2015) (Tilkov und Vinoski, 2010) (Lee u. a., 2013).

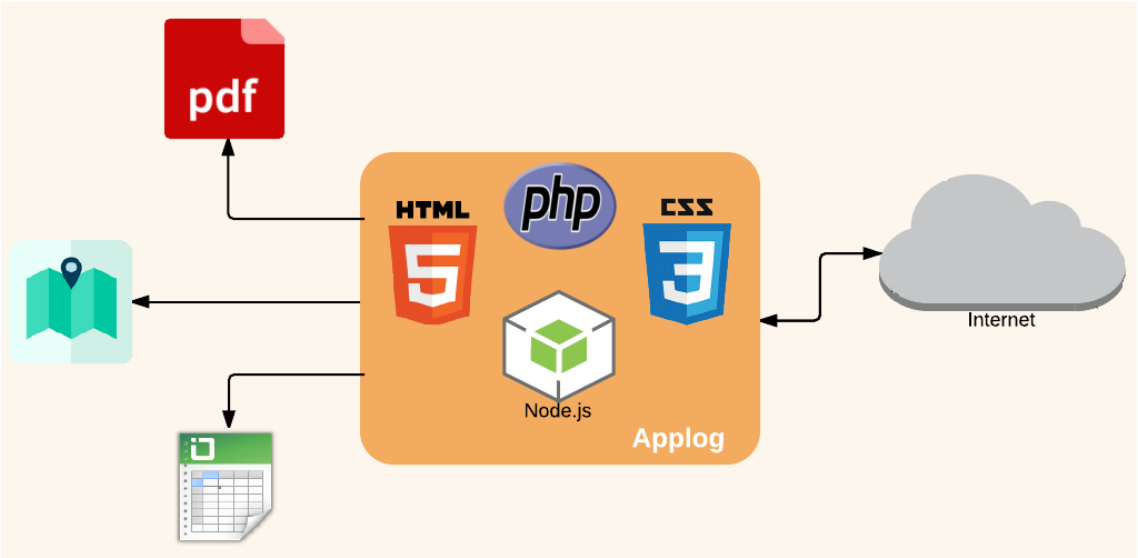

Figura 20: Arquitetura proposta pela Applog

Após o *login* do usuário, realizado ao acessar a aplicação através do JS, se estabelece a conexão até o banco de dados onde são salvos os *logs* do Hotlog. Após realizada essa conexão, a informação é carregada através de uma biblioteca chamada Moongose,

que oferece um mapeamento de objetos seguindo a metodologia *Object Data Mapping* (ODM), que traduz os dados do banco de dados para objetos JavaScript, para que possam ser utilizados na aplicação. O Moongose (Holmes, 2013) integra o *framework* NodeJS (McCool u. a., 2015).

A aplicação conta com uma interface utilizando alguns recursos pertencentes a *Application Programming Interface* (API) do *Google Maps* para mostrar as coordenadas atuais de um bloco dentro do estaleiro. Os relatórios contendo as informações dos blocos e suas respectivas atividades de montagem podem ser exportados nos formatos *Excel Binary File Format* (XLS) (Winston, 2016) ou *Portable Document Format* (PDF) (Hardy u. a., 2017).

Durante o desenvolvimento da aplicação optou-se por adotar conceitos de modularidade, para que os testes possam ser utilizados para aplicações futuras. Utilizando essa técnica para desenvolvimento do código-fonte ganha-se liberdade em desenvolver módulos que possuam a capacidade de funcionamento independente, ou conectados a outros módulos. Visando as funcionalidades propostas para o *software* foram criados os módulos/classes de comunicação, operacional, rastreio, relatórios e usuário. Nas próximas subseções os módulos serão detalhados, assim como todas as funções de cada uma das classes citadas.

5.4.1 Módulo de Comunicação

Este módulo tem a funcão de fazer a aplicação Applog se comunicar com os outros elementos da arquitetura Smartlog. Uma das funcionalidades implementadas neste módulo é a comunicação da aplicação com o *middleware* MQTT. Após a aplicação se conectar no *broker*, será possível publicar e subscrever em um tópico de mensagens, consequentemente configurar, editar e manipular parâmetros no *hardware* do Hotlog de forma amigável e intuitiva ao usuário.

Destaca-se a possibilidade de configurar o alcance do raio de leitura RFID do Hotlog através da Applog, após o usuário parametrizar este valor pela interface. A aplicação criará um pacote no padrão de publicação e subscrição do MQTT, em seguida irá se conectar a um *broker* no qual publicará no tópico de gestão de energia do leitor RFID contido no SE. Quando o Hotlog se conectar ao *broker*, receberá o novo valor de parametrização enviado pelo o usuário, armazenará em suas configurações e o hardware será reiniciado.

Neste módulo também está contida a funcionalidade para conexão ao banco de dados utilizando conexão direta da aplicação ao MySQL e a do Moongose, a qual fornece os dados em uma arquitetura *client-side* para que o navegador do usuário consiga manipular os dados que compõem o banco de dados da aplicação, garantindo persistência dos dados.

5.4.2 Módulo de Operacional

Este módulo tem a finalidade de oferecer as tarefas de cunho operacional para garantir a funcionalidade do sistema de rastreamento. Através da interface o usuário poderá

gerenciar etiquetas, Hotlogs e relacionar itens à etiquetas.

No que se relaciona as etiquetas, ao estarem disponíveis no almoxarifado serão adicionadas ao sistema para que possam ser utilizadas para rastreamento. Ao cadastrá-las o usuário terá que preencher as seguintes informações:

- Modelo e fabricante;
- Tipo de etiqueta RFID;
- Identificador da etiqueta (ID);
- Data de entrada no almoxarifado;
- Data de vencimento da etiqueta.

A fim de garantir um bom funcionamento da aplicação de rastreamento foram criados alertas que informam aos usuários que as etiquetas devem ser substituídas. Visto que o mercado de RFIDs conta com diversos fornecedores, não é estranho encontramos etiquetas com especificações de qualidade duvidosa ou incompletas, omitindo informações. Para as etiquetas as quais as suas especificações não contém a informação de data de validade da *tag*, a aplicação utilizará uma informação de data de validade baseada no tipo de etiqueta RFID e no prazo de garantia informado na literatura científica, para elas possam ser descartadas corretamente. Quando for descartar uma etiqueta seja pelo fim do seu ciclo de vida ou por acidentes operacionais, a aplicação irá gerar um alerta para compra de novas etiquetas ao administrador do sistema, para que não ocorram problemas na reposição.

Após cadastrar uma nova etiqueta, o usuário pode editar suas informações, exceto o valor do seu identificador. Caso seja necessário, terá que deletar o cadastro e criar um novo. Visto que o dado chave para o rastreamento é o identificador das etiquetas, foi escolhida essa metodologia para dar robustez a aplicação, uma vez que diversos tipos de usuários podem manipular esses dados em uma organização.

Devido a que a arquitetura para rastreio pode apresentar vários agentes rastreadores, foi desenvolvido um cadastro de Hotlog para poder pré-identificar onde encontram-se os SEs e facilitar as suas localizações em caso de falhas. As informações contidas no cadastro podem ser alteradas a qualquer momento, assim como serem excluídas.

Este módulo também compreende a relação item/etiqueta, uma vez que o ciclo de rastreio de um item depende do que está sendo rastreado. A aplicação trata isso de uma forma bem simples. Um item pode ter mais do que uma etiqueta associada. Ao chegar no fim do ciclo de rastreio, dependendo das etiquetas utilizadas, elas voltam para o almoxarifado com a finalidade de rastrear novos itens, ou são descartadas ao final do processo de rastreio. Como essas etiquetas tem um prazo de vida útil, ou podem sofrer acidentes que as inutilizem, um item pode trocar de etiqueta durante o ciclo de vida do seu rastreio.

5.4.3 Módulo de Rastreio

O módulo de rastreio foi projetado para que o usuário obtenha a rastreabilidade dos seus itens. Portanto, foram desenvolvidas ferramentas para que o mesmo consiga pesquisar por etiqueta, item ou veículo transportador, além de modelar as métricas para rastreabilidade contidas na aplicação.

Um dos problemas citados na literatura é que, em estoques volumosos, principalmente de itens manufaturados de grande tamanho, a estocagem dos mesmos se transforma em um grande problema (Varghese und Yoon, 2005). Na indústria naval os projetos têm por característica serem de longa duração, além de produzirem um número considerável de itens manufaturados. Normalmente este tipo de indústria trabalha com construções ou reparos em paralelo, o que torna o processo de busca física custosa em tempo e labor e deixa margem para imprecisões.

Desta forma, as ferramentas de pesquisa irão auxiliar diretamente no trabalho de localização em uma estação de estoque e em linhas de produção ou montagem. Ao procurar por item ou etiqueta, uma interface utilizando a API do Google Maps apresentará a última informação de latitude e longitude detectada por um Hotlog sobre o elemento pesquisado. Considerando que os itens são transportados por veículos portadores de um Hotlog, a informação da aplicação é fidedigna.

Considerando que a metodologia da aplicação é baseada em *checkpoints*, a modelagem das métricas para rastreabilidade é um ponto de suma importância para o funcionamento da aplicação. Essa modelagem em linhas de construção e montagem é baseada em sua cadeia de produção. Sendo que uma cadeia é formada por diversas atividades de produção. Para abranger as diversas regras de produção e ou negócio foi desenvolvida uma ferramenta para que o usuário modele a aplicação da sua maneira. Essa ferramenta conta com as opções de cadastro, edição e exclusão de *checkpoints*.

A inclusão de novos *checkpoints* é realizada através de uma interface amigável. Ao acessar a opção de cadastro, aparecerá um mapa do Google Maps, que pode ser pré-configurado para o mapa local ou global. Ao usuário localizar o local que deve ser um *checkpoint*, a aplicação oferecerá um marcador. Para garantir um bom funcionamento, o usuário deve manipular o marcador disponibilizado pela ferramenta, utilizando quatro pontos para cercar o local. Aparecerá uma área para informação textual com o nome do *checkpoint* criado e um campo numérico para indicar o peso daquele ponto, seguindo a regra de produção ou negócio.

A qualquer momento os dados dessa modelagem podem ser editados ou excluídos, facilitando a integração de novos *layouts* de ambientes industriais. Ao substituir as coordenadas de um *checkpoint*, as anteriores devem ser salvas com um novo nome para garantir a integridade dos dados dos formulários, já que algum item pode ser afetado por esta mudança durante o seu processo de fabricação.

5.4.4 Módulo de Relatórios

O módulo de relatório compreende os atos de rastreio. Tal módulo é o último a abranger procedimentos relativos ao conceito de rastreabilidade. Foi planejado para gerar diversos tipos de relatórios sobre a execução do sistema de rastreamento. A intenção é que o usuário consiga, através dessa ferramenta, visualizar as seguintes informações:

- Histórico de itens produzidos e em produção;
- Duração das atividades de construção e montagem;
- Tempo utilizado para transporte e sua distância estimada;
- Relatório geral cruzando todas as atividades e itens produzidos.

As informações obtidas pelos SEs instalados, que através de GPRS enviam pacotes com os dados de rastreio contendo hora, data, identificador da etiqueta e posição GPS, conectam-se a um *broker* que reenvia o pacote para um banco de dados. Pelo fato dos dados estarem armazenados em um banco de dados, é possível gerar relatórios a qualquer momento, sem causar impacto sobre as atividades de rastreio.

Serão desenvolvidos geradores de relatórios para itens, contendo todo histórico de movimentação, com data, hora, posicionamento contendo as coordenadas de latitude e longitude, assim como o identificador de qual veículo transportador foi encarregado pelo deslocamento. Será possível também gerar relatórios por atividades de produção ou por *checkpoints*, já que nessa abordagem as atividades tornam-se pontos de checagem, para confirmar se realmente o item está na atividade correta e mensurar o tempo de execução da mesma.

Os veículos transportadores terão seus relatórios contando o tempo utilizado para o deslocamento e a distância estimada. Servirá para as empresas compreendam a maneira com que sua logística está sendo executada, podendo ajustar a qualquer momento gargalos de transporte. Em empresas que contam com transporte terceirizado estes dados servirão para fazer uma análise contratual, envolvendo capacidade de carga dos veículos e distâncias percorridas.

A ferramenta também permitirá a extração de um relatório geral, cruzando informações de todos os módulos comentados, contendo informações sobre itens, atividades, veículos de transporte em um único arquivo, facilitando uma visualização global no ponto de logística, possibilitando assim as tomadas de decisão. Os formulários podem ser executados sobre um dia específico ou período qualquer escolhido pelo usuário. A interface não exigirá conhecimento profundo em informática. apresentando-se de forma intuitiva, possibilitando a escolha dos tipos de informação e o período sobre o qual elas devem ser apresentadas.

Com o objetivo de fornecer dados para outras ferramentas de gerenciamento de projeto, tomadas de decisões e mineração de dados, foram escolhidas como formato para saída de dados os padrões *Excel Binary File Format* (XLS) ou *Portable Document Format* (PDF), que são os mais utilizados por esses tipos de ferramentas.

5.4.5 Módulo de Usuário

O módulo de usuário trata do gerenciamento das pessoas que têm autorização para utilizar a aplicação. A partir de um cadastro de usuários convencional, foi escolhido um formulário de fácil preenchimento, contendo as seguintes informações:

- Nome;
- Cadastro de pessoa física (CPF);
- Registro geral (RG);
- Gênero;
- Data de nascimento;
- Endereço;
- Telefone;
- E-mail;
- Função na empresa;
- Perfil de usuário;
- Senha e confirmação de senha.

Algumas peculiaridades no formulário foram pensadas especificamente para a aplicação. No campo nome terá uma opção de marcar se é nome social utilizado pela pessoa, visando inclusão e padronização na forma de cadastro, assim como a opção de gênero que contará com quatro opções: agênero, feminino, masculino e outro.

Para obter uma melhor padronização, foi escolhido que o login do usuário será seu CPF e esses dados complementares não serão obrigatórios, sendo que muitas empresas contém essas informações em um banco de dados de forma mais complexa do que o gerenciamento aqui pretendido.

Como em algumas indústrias as pessoas são classificadas da mesma forma, mas com pequenas alterações nas suas funções, o nível de permissão de acesso será obtido a partir do perfil do usuário. O administrador poderá gerenciar a quais níveis da aplicação o usuário poderá ter acesso.

5.5 Estudo de caso

O estudo de caso ocorreu em um estaleiro brasileiro que tem como perfil a possibilidade de reparo ou construção naval, contando com algumas linhas de edificação e montagem.

Nesse estaleiro são construídas embarcações do tipo *Floating Production Storage and Offloading* (FPSO). Cada casco conta com 18 megablocos estruturais, cada qual correspondendo a uma seção transversal da plataforma, conforme ilustrado na Figura 21.

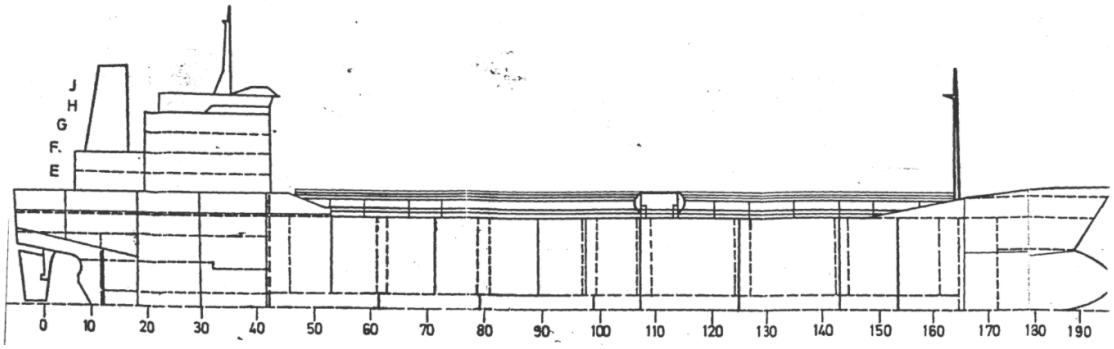

Figura 21: Divisão do navio em blocos (Gordo und Gonçalves da Clara, 2006)

Um megabloco é composto por 13 blocos menores, fabricados fora do dique seco. Após as etapas de construção, submontagem e montagem de um bloco, os mesmos passam por um tratamento de corrosão, são pintados e soldados em megablocos. A Figura 22 ilustra o método de produção citado.

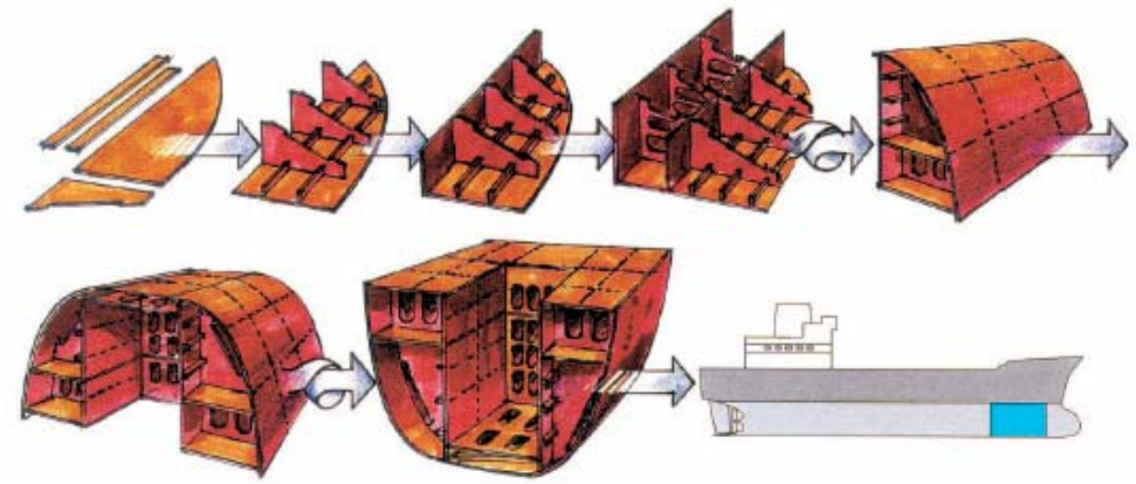

Figura 22: Método de produção por blocos (Amante, 2006)

A metodologia utilizada atualmente nesse estaleiro para rastreio de bloco é totalmente manual. São utilizados formulários de papel e quadros ilustrativos, como apresentado na Figura 23.

Analisando a Figura 23 podemos observar que o quadro possui uma planta baixa da área do estaleiro. Em pequenos pedaços de papel estão identificados os códigos utilizados

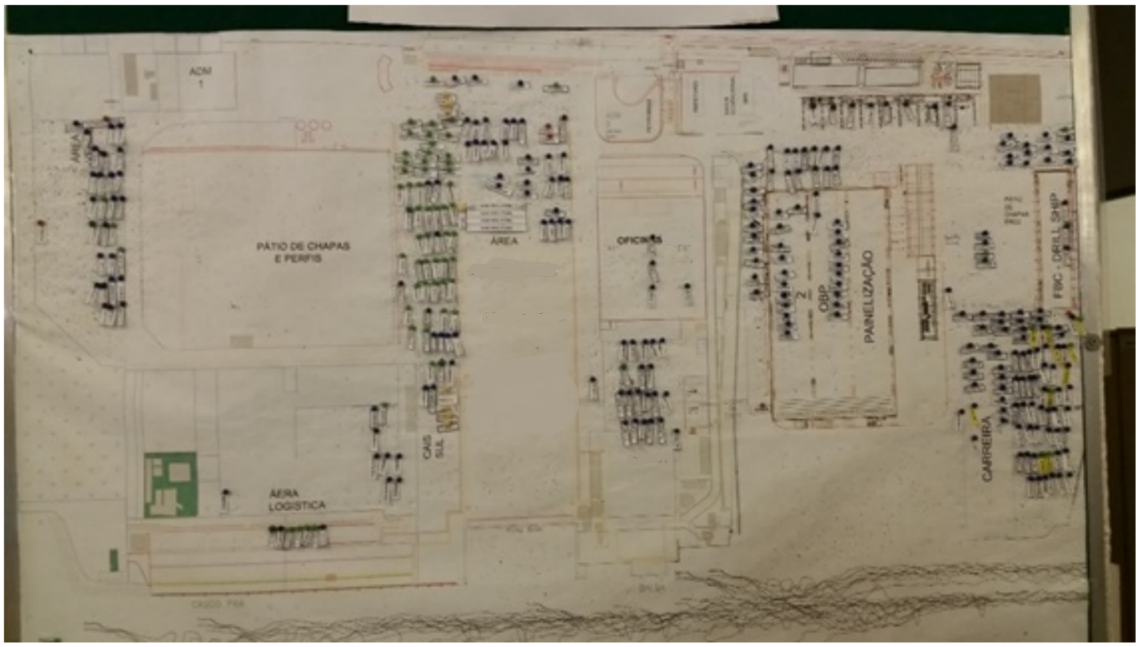

Figura 23: Metodologia utilizada para gerenciamento de blocos armazenados no Estaleiro

nos blocos que estão fixados por alfinetes de três cores distintas: azuis, verdes e amarelos, representando blocos não pintados, pintados e prontos.

A posição dos marcadores deveria se aproximar da posição real do bloco no estaleiro. A identificação do bloco é realizada através de um papel colado ao bloco como podemos ver na Figura 24.

Figura 24: Metodologia utilizada para identificar um bloco no Estaleiro

6 RESULTADOS

A seguir serão apresentam-se os resultados obtidos no âmbito do trabalho aqui descrito.

Foram realizados experimentos em três locais distintos. Primeiramente, o Hotlog foi testado isoladamente em um estaleiro. Posteriormente, foi realizado um teste utilizando as camadas de percepção, rede e *middleware* da Smartlog, no prédio do Centro de Ciências Computacionais (C3), localizado na Universidade Federal do Rio Grande (FURG). Finalmente, foi realizado um teste utilizando todas as camadas da Smartlog, no prédio da Secretaria de Educação a Distância (SEaD), também localizado na Universidade Federal do Rio Grande (FURG).

Cabe aqui salientar que esbarramos em inúmeras dificuldades burocráticas com o estaleiro onde ocorreu o estudo de caso, as quais não foram superadas até o momento da escrita desse texto. Isso esclarece o motivo pelo qual optou-se por realizar experimentos no C3 e na SEaD. Por outro lado, o uso de redes sem fio para rastreio tem diversos aspectos em comum, independente do ambiente predial em que elas são aplicadas.

6.1 Resultados do Hotlog em um estaleiro

Os resultados descritos a seguir correspondem a experimentos utilizando o Hotlog no estaleiro, com os seguintes objetivos:

- Detectar etiquetas estacionadas, simulando blocos espalhados no estaleiro;
- Identificar etiquetas instaladas em um bloco específico;
- Determinar a quantidade de etiquetas necessárias para identificar um bloco;
- Identificar o melhor posicionamento e verificar a dificuldade para instalação do Hotlog em um veículo transportador;
- Reconhecer pontos para instalação de Hotlogs com propósito de aferir o processo para montagem de um bloco.

Para realização dos experimentos o estaleiro disponibilizou dois tipos de deslocamentos típicos de blocos, pelas avenidas da planta industrial. O primeiro tipo inicia em uma localidade próxima a uma plataforma em construção em direção as oficinas e o segundo movimento no sentido inverso.

No momento inicial dos testes haviam poucos blocos posicionados na avenida onde ocorreria o transporte. Com a intenção de simular uma localidade povoada com diversos blocos estacionados, etiquetas foram instaladas em postes metálicos existentes ao longo dos traslado percorridos. Desta maneira, simulando a existência de um conjunto de blocos com tamanhos diversos e causando uma maior poluição de radiofrequência.

Foram inseridas na linha de base dos blocos três etiquetas em posições diversas, como pode ser visto na Figura 25. Esses experimentos tiveram como objetivo certificar o alcance do sinal emitido pelas etiquetas no local de teste e assim detectar a quantidade precisa de etiquetas instaladas em um bloco, necessária a garantir a robustez da aplicação.

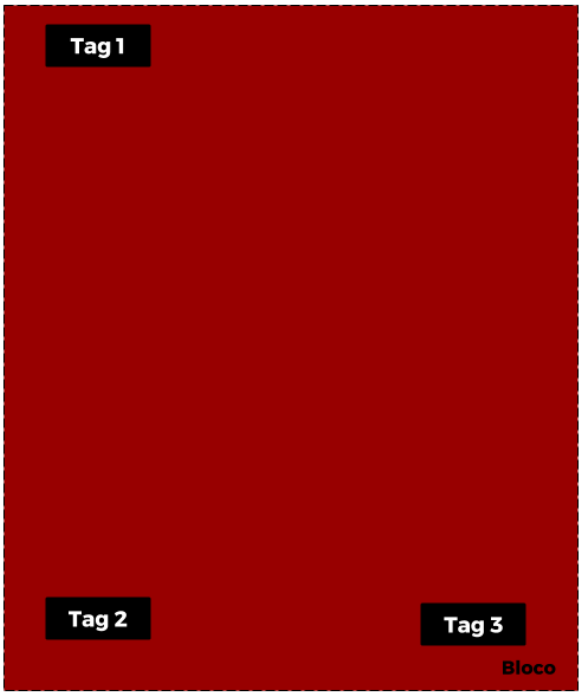

Figura 25: Posicionamento das etiquetas na linha de base do bloco

No primeiro tipo de deslocamento, o Hotlog foi instalado na lateral do veículo, como se pode ver na Figura 26. Nestes experimentos a antena do sensor GPS ficou na parte externa do veículo, com a intenção de verificar a intensidade do sinal e a disponibilidade do sistema. Na Figura 27 temos uma representação do arranjo entre as etiquetas (em preto), o SE (em cinza) e o veículo transportador (em laranja).

Identificamos, após os experimentos, que os *tags* 1 e 2 obtiveram uma taxa de leitura menor, quando comparada aos obtidos pela *tag* 3, conforme era esperado, pela proximi-

Figura 26: Instalação do Hotlog na lateral do veículo

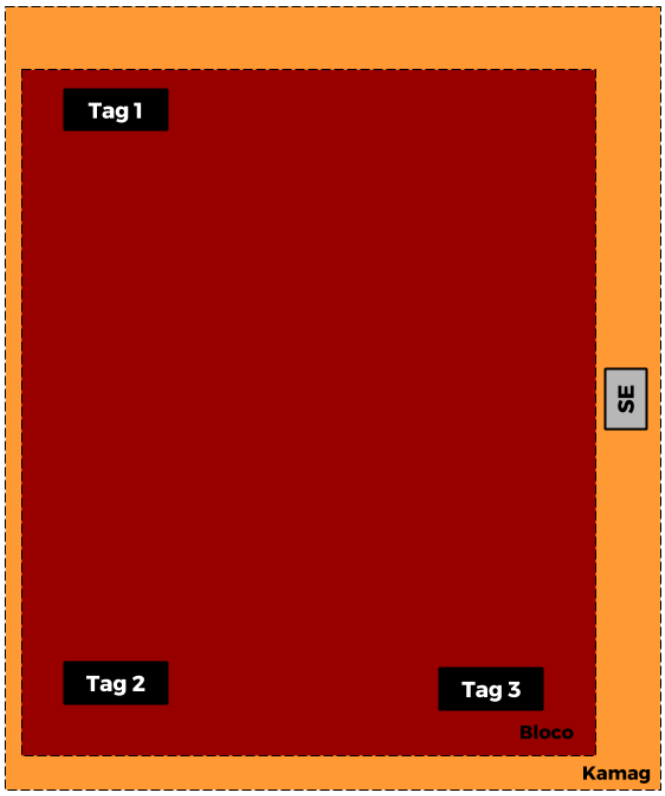

Figura 27: Arranjo dos elementos no veículo transportador: Hotlog na lateral do veículo e as etiquetas dispostas no bloco

dade do SE. O GPS, como também esperado, sincronizou-se com facilidade. Todas as etiquetas instaladas em pontos fixos, simulando blocos, foram reconhecidas pelo Hotlog.

No segundo tipo de deslocamento, o Hotlog foi instalado no interior da cabine do motorista, como se pode verificar na Figura 28. O sentido do translado foi das oficinas para dique seco. No momento encontrava-se um grande número de blocos estacionados, veículos de transporte, ferramental, chapas e *containers*. Por isso, nestes experimentos, a antena do sensor GPS ficou na parte interna do veículo, junto ao SE, com a intenção de verificar a intensidade do sinal e a disponibilidade do sistema. Na Figura 29 temos uma representação do arranjo entre as etiquetas (em preto), o SE (em cinza) e o veículo transportador (em laranja).

Figura 28: Hotlog instalado no interior do veículo, como podemos ver em cinza acima do painel

Os resultados foram considerados adequados. Foi possível identificar todos os *tags* estacionados durante os translados e o GPS funcionou apropriadamente. Nesses experimentos os *tags* 2 e 3 tiveram uma taxa de leitura menor do que a do *tag* 1, mas todos foram adequadamente identificados durante o deslocamento.

Sendo assim, podemos afirmar que o Hotlog pode ser instalado no interior da cabine junto com a antena do sensor GPS.

Como percebido nesse estaleiro, os veículos que transportam blocos possuem uma tomada de energia que pode ser utilizada para a alimentação do SE. Porém, nos testes, foi utilizada uma bateria de 9v (volts) com capacidade de 4Ah (ampere-hora).

Devido aos problemas de leitura com o *tag* 2, em ambos os tipos de experimento, foi repensada a forma de colocação das etiquetas em um bloco. Foi observado no estaleiro uma quantidade razoável de blocos estacionados nas avenidas. Conforme demonstrado

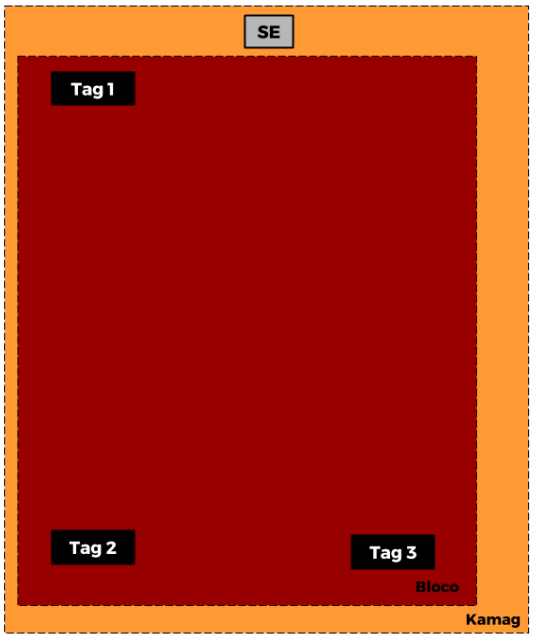

Figura 29: Arranjo dos elementos no veículo transportador: Hotlog centralizada no interior da cabine do veículo e as etiquetas dispostas no bloco

na literatura, a organização de blocos em um estaleiro é um problema real e recorrente (Park u. a., 2007) (Lee u. a., 2015) (Susilo u. a., 2017).

Considerando isso, foi projetado um arranjo mais adequado para posicionar as etiquetas na linha de base. Foram então utilizados dois ou quatro tags como mostrado nas Figuras 30 e 31. Utilizando quatro etiquetas independentes da posição do bloco, sob o veículo transportador, sempre haverá ao menos um tag no campo de leitura do Hotlog.

Com a intenção de reconhecer as etapas de início e fim dos processos de montagem, foram analisadas as instalações da oficina. Como as linhas de base chegam em lotes na oficina e aguardam o início das atividades, foi estabelecida a seguinte solução: um Hotlog será fixado no ponto onde começa o processo, no perfil inferior, e recebe suas respectivas etiquetas.

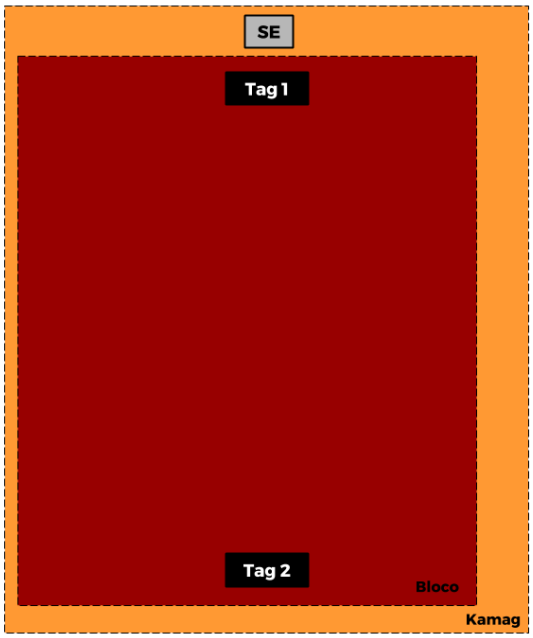

Figura 30: Metodologia utilizando dois tags em um bloco

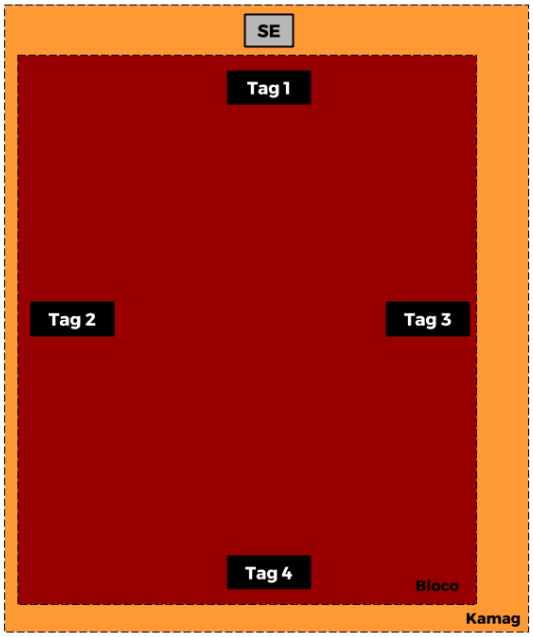

Figura 31: Metodologia utilizando quatro tags em um bloco

6.2 Resultados utilizando as camadas de percepção, rede e *middleware* da Smartlog no C3

Os resultados a seguir descritos correspondem a experimentos utilizando as camadas de percepção, rede e *middleware* da Smartlog, em um laboratório localizado no C3, com os seguintes objetivos:

- Realizar a comunicação entre as camadas de percepção e de rede;
- Analisar o tipo de pacote elaborado para envio de dados entre as camadas;
- Desenvolver o método para envio de pacotes do Hotlog através do protocolo ethernet e GPRS;
- Testar o envio de pacotes do Hotlog através de GPRS utilizando os brokers Mosquitto e CloudMQTT.

Este experimento foi realizado no laboratório B04, ocupado pela equipe do projeto Nautilus LOG, localizado no segundo piso do prédio pertencente ao C3. Nautilus LOG foi um projeto financiado pelo CNPq. O projeto tem como propósito o desenvolvimento de soluções voltadas para a identificação de insumos e avaliação de fluxo de produção, a fim de ampliar a competitividade da indústria naval brasileira.

Este experimento teve como propósito analisar e corrigir os procedimentos de comunicação entre as camadas de percepção, rede e *middleware* da Smartlog, utilizando redes com fio (*Ethernet*) e sem fio utilizando GPRS.

Diferente dos outros testes em que foram fixadas etiquetas RFID à uma distância considerável da Hotlog para reconhecer o raio de alcance das mesmas, nos testes documentados nesta seção foram utilizadas as *tags* próximas ao SE, por questão de comodidade, visto que as mensurações alvo do experimento eram as trocas de pacotes após a aquisição dos dados.

Após os testes do estaleiro, observou-se que os pacotes contendo os dados adquiridos pelo Hotlog necessitavam algumas alterações. Em um primeiro momento, foi definido que os SE ficariam instalados somente nos veículos de transporte para carga pesada. Após novas análises do processo de produção, optou-se por uma arquitetura mista entre SE móveis e estáticos. Isso tornou necessária a modificação dos pacotes.

Um campo contendo um valor de ID para cada Hotlog foi adicionado ao pacote. Essa identificação é inserida no código-fonte do *software* pertencente ao SE, e não será editável pela camada de aplicação, para que seja garantida a confiabilidade do sistema, independente da alteração feita no *framework* pertencente a essa camada.

Para a transferência dos pacotes entre a camada de percepção e a de rede, foram identificadas diversas dificuldades. A maioria delas causadas pela limitação da arquitetura utilizada pelo Arduino Uno, a qual não extrai todo o potencial do microcontrolador Atmel ATMega328 (Atmega328, 2016). No primeiro momento, esbarramos na quantidade de memória do microcontrolador. Como solução para este problema, buscou-se a redução do algoritmo que tinha como função o encapsulamento do pacote para o padrão exigido pelo MQTT.

Não identificou-se para o MQTT, apesar dele possuir uma comunidade extensa e contar com uma vasta biblioteca, casos análogos ao aqui tratado, com uma latência próxima

a do leitor RFID embarcado na solução. O leitor Wavetrend RX 210 adotado tem como característica a cada pulso ler até 800 etiquetas, dependendo das suas configurações de *software* e da alimentação aplicada.

Ao superar esse entrave inicial, foram desenvolvidos métodos para envio de pacotes através dos protocolos *Ethernet* e GPRS. Para o primeiro, utilizando as configurações padrões da biblioteca do *shield* utilizado no Arduino, e cumprindo o que é solicitado pela estrutura para publicação e subscrição de mensagens do MQTT, não ocorreram contratempos. O maior desafio foi no manuseio do MQTT com o GPRS, apesar da biblioteca do mesmo ser desenvolvida para comunicações com esse protocolo. Até o momento em que foi concebida essa solução junto a aplicação, não foi possível obter suporte do fornecedor do *shield* e da IBM, mantenedora do MQTT.

A versão da Hotlog utilizada no teste documentado nessa seção, conta com uma interface frontal composta de leds indicativos. A função deles é facilitar a interação com o usuário, para que não seja necessário que este tenha um grande conhecimento em informática. Ao ligar o equipamento todos os leds vermelhos ficam ativados e conforme seus serviços são sincronizados cada um é desligado, ligando-se o na cor verde, como podemos observar na Figura 32.

O primeiro teste foi executado na bancada existente na sala B04. Com as etiquetas dispostas em locais diversos dentro da sala, e sem precisar movimentá-las, a intenção era captar seus ID e enviá-los através da *Ethernet* até a camada de *middleware*.

O experimento utilizou a seguinte configuração:

- Hotlog conectada na em uma rede local (*Ethernet*);
- GPRS desativado;
- GPS ativado;
- Bateria 12v - 1 ampere-hora;
- *Broker* Mosquitto;

Com a intenção de simular o uso do Hotlog em pontos estáticos e com uma infraestrutura simples, optou-se como local de testes o C3, pelo intenso tráfego de rede nele existente. Por conter com uma vasta biblioteca, ser de fácil instalação e conter um vasto ferramental adicionado, o *broker* escolhido foi o Mosquitto.

Com a biblioteca para envio de dados através de GPRS desativada nesse teste e ainda portando um Arduino Uno, o SE iniciou mais rápido por haver mais espaço em memória disponível. Alguns problemas iniciais ocorreram com o funcionamento do Mosquitto junto a rede do C3. Atribui-se isso a algum *firewall* existente na rede. Após uma reconfiguração de portas no Hotlog e no *broker* consegui-se realizar a comunicação entre as camadas.

Figura 32: Hotlog com todos seus serviços sincronizados

Os pacotes foram monitorados através do Arduino IDE, como pode ser visto na Figura 33, que ilustra os pacotes enviados e recebidos através do SE. Desta forma, o experimento alcançou com sucesso os objetivos pretendidos.

O segundo teste seguiu o mesmo cenário do primeiro. Porém neste caso o objetivo era captar seus IDs e enviá-los através de GPRS até a camada de *middleware*.

O experimento a ser relatado utilizou a seguinte configuração:

- Hotlog conectada na em uma rede sem fio local através de GPRS;
- *Ethernet* desativado;
- GPS ativado;

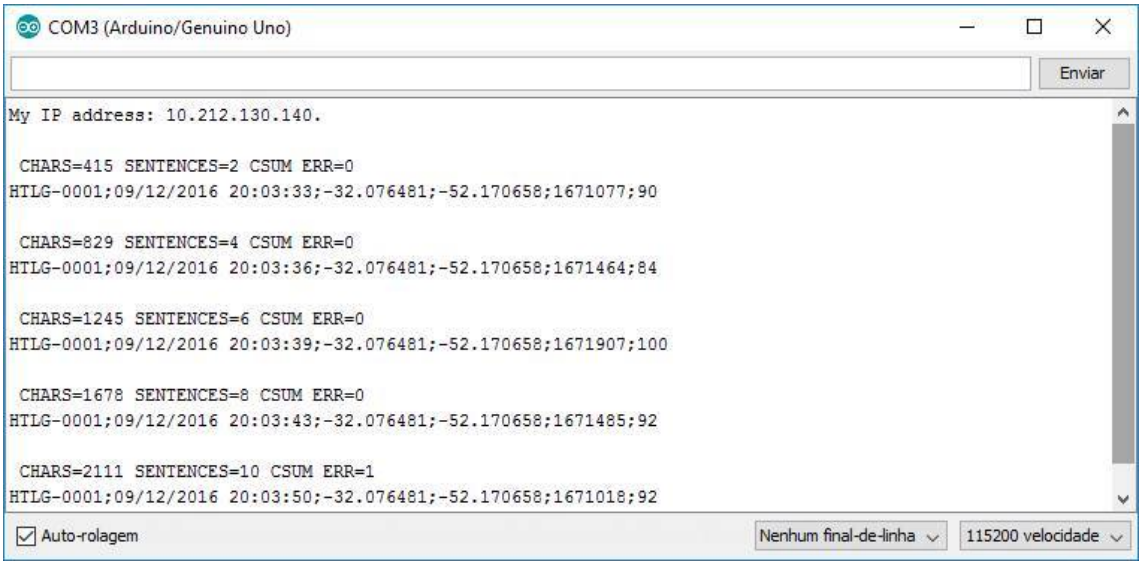

Figura 33: No Arduino IDE, conseguimos acompanhar os pacotes enviados e recebidos pelo Hotlog

- Bateria 12v - 1 ampere;
- *Broker* - Mosquitto;
- *Cloud-broker* - CloudMQTT (Mosquitto);

Diferentemente do primeiro experimento, a intenção foi simular o uso do Hotlog em veículos transportadores. Para isto foi utilizada uma infra-estrutura mais complexa. Neste caso, os dados capturados pelo SE são enviados para um serviço de *broker* hospedado na nuvem (*cloud-broker*) e após um computador com Mosquitto receberá as mensagens publicadas no tópico. Ao consultar o mercado sobre o serviço de *cloud-broker* com Mosquitto instalado, descobriu-se que o mais utilizado é o CloudMQTT.

O serviço conta com uma interface muito simples e intuitiva. Não é necessário um grande conhecimento em computação para utilizá-la e está hospedada e replicada em servidores da Amazon. Ela conta com uma opção sem custos com banda e tempo de conexão limitados, porém suficientes para testar uma aplicação que tenha poucos elementos na sua camada percepção. Como o experimento foi realizado com poucas etiquetas, configurou-se um cenário perfeito para testar o serviço.

No que diz respeito a comunicação GPRS, foi utilizado um chip de telefonia móvel 3G/4G da operadora Oi. No mercado brasileiro já existem chip para conexão M2M, porém são poucos divulgados e até o momento dos testes eram de difícil contratação, apesar do baixo preço para o consumidor. A única operadora no Brasil que divulga seus preços publicamente é a Vodafone. Ela cobra a partir R$8,30 por um mês de serviço e R$9,90 por chip.

O Hotlog foi ligado com as etiquetas estáticas dentro da sala e rapidamente os pacotes começaram a ser publicados no tópico criado no CloudMQTT. Num primeiro momento

não estavam sendo recebidas as mensagens no *broker* instalado no C3. Foi então percebido que pacotes com QoS 2 eram barrados pelas regras de rede existente do prédio. Ao alterar o nível de QoS teve início a recepção das mensagens publicadas pelo SE.

Os pacotes foram monitorados através da tela de comando do sistema operacional do *broker*, conforme ilustrado na Figura 34. O experimento alcançou com sucesso os objetivos pretendidos, enviando os dados do Hotlog para um *cloud-broker*.

```
HTLG-0001;09/12/2016 20:31:34;-32.076481;-52.170658;1671834;139
HTLG-0001;09/12/2016 20:31:39;-32.076481;-52.170658;1671229;82
HTLG-0001;09/12/2016 20:31:40;-32.076481;-52.170658;1671485;83
HTLG-0001;09/12/2016 20:31:42;-32.076481;-52.170658;1671485;83
HTLG-0001;09/12/2016 20:31:43;-32.076481;-52.170658;1671485;82
HTLG-0001;09/12/2016 20:31:47;-32.076481;-52.170658;1671485;82
HTLG-0001;09/12/2016 20:31:51;-32.076481;-52.170658;1671483;82
HTLG-0001;09/12/2016 20:31:53;-32.076481;-52.170658;1671931;89
HTLG-0001;09/12/2016 20:31:54;-32.076481;-52.170658;1605954;136
HTLG-0001;09/12/2016 20:32:05;-32.076481;-52.170658;1605954;122
HTLG-0001;09/12/2016 20:32:07;-32.076481;-52.170658;1671931;89
HTLG-0001;09/12/2016 20:32:20;-32.076481;-52.170658;1671018;88
HTLG-0001;09/12/2016 20:32:22;-32.076481;-52.170658;1671077;79
```

Figura 34: Na tela de comando, conseguimos acompanhar os pacotes recebidos pelo nosso servidor dentro do C3

6.3 Resultados utilizando todas as camadas da Smartlog na SEaD

Os resultados a seguir descritos correspondem a experimentos utilizando a Smartlog no prédio da SEaD, com os seguintes objetivos:

- Detectar e identificar etiquetas anexadas a itens no interior de prédios;
- Testar o envio de pacotes do Hotlog através de uma rede local (*Ethernet*);
- Desenvolver as conexões entre a camada de *middleware* utilizando o *broker* (Mosquitto) e a camada de aplicação (Applog);
- Testar o envio de dados da Hotlog para o Applog;
- Testar a utilização da API do Google Maps com os dados da Smartlog;

Este experimento foi realizado no interior do prédio da SEaD com o propósito de localizar ativos da FURG em locais *indoor*, utilizando etiquetas ativas e o Hotlog.

O prédio da SEaD tem cerca de $720m^2$ de área construída. Conta com diversas salas e uma grande quantidade de redes locais sem fio. Foram distribuídos sete itens com etiquetas RFID pelo interior do prédio. Os mesmos tiveram seus *tags* cadastrados previamente

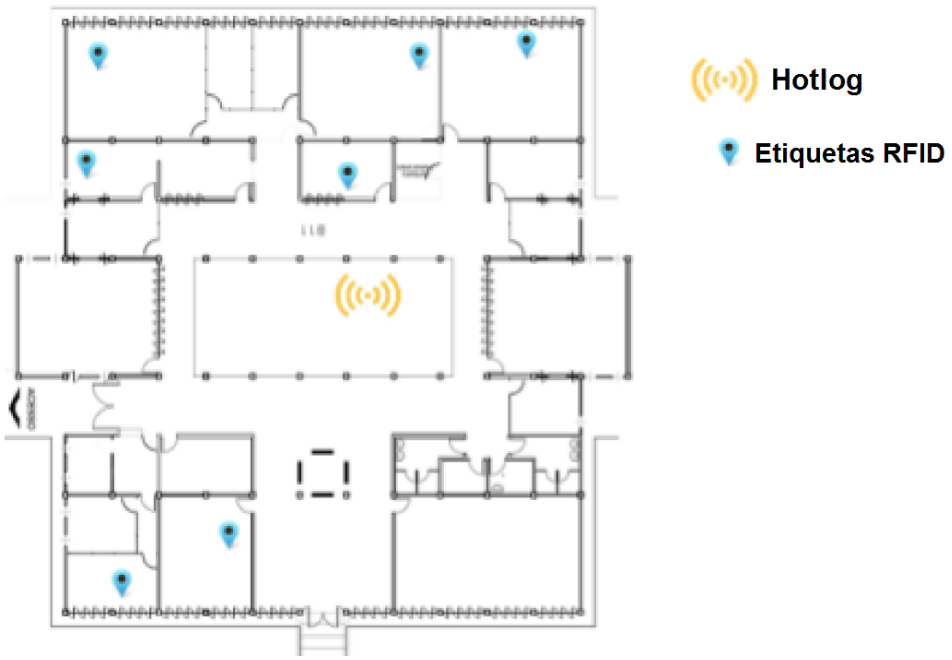

Figura 35: Representação do prédio da SEaD

no banco de dados da aplicação. A Hotlog foi instalada aproximadamente no centro do prédio principal, conforme ilustrado na Figura 35.

Diferentemente dos testes realizados no estaleiro, foi utilizada uma fonte chaveada de 9 volts e 1 ampere de corrente para alimentar o *hardware*. Para a comunicação entre a Hotlog com a Applog, foi utilizada uma rede local cabeada.

Para enviar os pacotes do Hotlog através de rede local, utilizando o Mosquitto (*broker*), foi criado o fluxo de informações entre a camada de percepção (Hotlog) e a de aplicação (Applog), ligando o *broker* ao banco de dados. Para programar esta estrutura foi utilizada uma ferramenta visual baseada em NodeJS, o Node-RED (Blackstock und Lea, 2014).

Na Figura 36 apresenta-se a estrutura desenvolvida no Node-RED. O fluxo contém cinco componentes, que são detalhados abaixo:

- Dados para conexão com o *broker* (Item 1);
- Uma função (*function*) onde é lapidada a informação recebida pelo tópico e gerada uma inserção via SQL (Item 2);
- Dois alertas de depuração (*debugs*) que indicam se a mensagem recebida não pertence ao tópico (Item 3) ou não é compatível com a configuração do banco de dados (Item 5);
- Dados para conexão com o banco de dados (Item 4).

Os resultados alcançados no experimento foram considerados adequados. Ao ligar o SE, em menos de um minuto começaram a ser observadas as leituras realizadas pelo

Hotlog, através da ferramenta Node-RED. Ao analisar-se o conteúdo, verificou-se que a restrição de *tags* funcionou corretamente, pois foram identificadas as etiquetas não cadastradas no banco de dados e aplicadas a elas a regra contida no *debug*. Utilizando esta técnica de inserir um código de depuração diretamente no *broker*, aumentou-se a confiabilidade da aplicação, se manteve a integridade dos dados de leitura e garantiu-se maior flexibilidade para o programador.

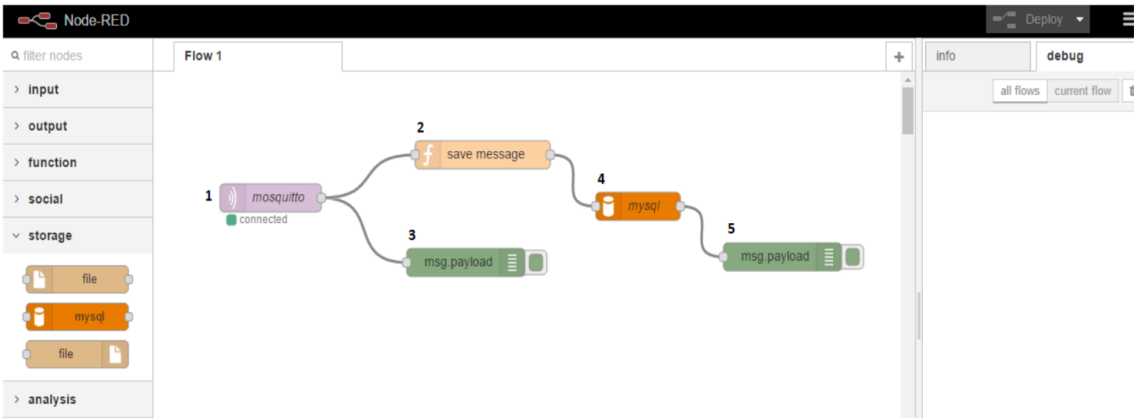

Figura 36: Estrutura desenvolvida utilizando a ferramenta Node-RED

Rapidamente o banco de dados foi populado com as leituras do SE. A configuração de tempo (*timer*) inserida no laço (*loop*) presente no código-fonte do Hotlog permitiu uma taxa de leitura de onze pacotes por minuto.

Ao utilizar-se o Applog, notou-se que, apesar da sua interface simples, ele apresentou bons resultados para *smartphones* e computadores pessoais. Foram identificados alguns problemas de integração com a API para deixar o sistema responsivo, sendo assim percebida a necessidade de uma futura reavaliação.

7 CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS

Apresentam-se a seguir uma conclusão sobre o que foi descrito nesta dissertação e alguns trabalhos que a partir dela podem ser desenvolvidos.

7.1 Conclusão

Inicialmente, foram apresentadas as necessidades de melhoria contínua da indústria naval mundial e, particularmente a nacional, em busca de uma maior produtividade dos estaleiros, a fim de aumentar a competitividade e a rentabilidade dos mesmos. Foi salientada a necessidade de convergência entre a tecnologia e os processos relativos a construção naval. Foi aqui proposto que, para alcançar estas melhorias, o foco do investimento deve concentrar-se nas áreas de controle, automação e otimização de processos.

Em segundo momento, foram relatados os elementos pertencentes a construção naval. Ao apresentar os processos de produção, a partir das etapas de construção, foi identificada uma certa divergência na literatura sobre o número de etapas e os seus métodos. Existindo algumas metodologias focadas somente no processo de construção ou montagem naval e outras inserindo atividades antes das etapas de fabricação, como: análise de requisitos, desenvolvimento do projeto e modelagem 3D.

Após, foi relatado brevemente a história da indústria naval brasileira, onde conseguimos identificar seus ciclos de alta e baixa produtividade. Através dessa seção, é possível compreender que as encomendas realizadas através de empresas estatais dominam predominantemente a carteira de clientes dos estaleiros brasileiros. A redução de encomendas e financiamentos através da parceria Transpetro/Petrobras determinou um novo ciclo na indústria naval do país, tendo o desemprego como um dos principais resultados imediatos observados na descontinuidade dos indicadores do setor.

O principal objetivo deste trabalho foi descrever uma proposta capaz de identificar, mapear e rastrear blocos, consequentemente os veículos transportadores que movem os mesmos, em um estaleiro naval. Para isto, foi apresentada uma solução utilizando etiquetas RFID para identificar os blocos e um sistema para reconhecer as etiquetas e coletar suas coordenadas geográficas, através de um sistema de georreferenciamento.

Com a intenção de atender os objetivos definidos, construiu-se uma arquitetura baseada em IoT, denominada Smartlog, que é constituída por um *framework* de *hardware*, o Hotlog, e um *framework* de *software*, denominado Applog. O Hotlog é um SE que conta com alguns sensores, entre eles um leitor RFID, GPS, GPRS, placa *Ethernet* e um Arduino Uno. Sua função é identificar o ID fornecido pelas etiquetas RFID e as coordenada GPS durante o translado. O Applog tem como suas principais funções apresentar os dados coletados pelo Hotlog ao usuário e fornecer uma tabela com as informações solicitadas sobre o translado.

A metodologia foi implementada em um estaleiro naval e em dois prédios da Universidade Federal do Rio Grande (FURG). A proposta foi testada e validada com dados reais. Os resultados das avaliações contribuíram para a chancela da proposta, indicando o potencial do seu uso em estaleiros navais, a despeito dos entraves ocorridos durante o desenvolvimento das atividades de pesquisa previstas para serem realizadas nas premissas do estaleiro em questão.

Para compensar tais entraves, foram realizados testes nos prédios do C3 e da SEaD, ambientes que não estavam no escopo dos experimentos previstos no primeiro momento. Porém, em decorrência dos excelentes resultados obtidos em ambos os testes, a Smartlog demonstrou capacidade de funcionamento em diversos situações. Comprovando assim a possibilidade da sua utilização em novas implementações, principalmente no escopo de Indústria 4.0.

7.2 Trabalhos Futuros

Com a ampliação de escopo da solução proposta, possibilitada principalmente pela camada de percepção da arquitetura, os trabalhos a seguir apresentados poderão ser realizados.

Primeiramente, poderão ser efetuados testes mais extensos em um estaleiro naval. Com novos experimentos, poderá ser ampliada a gama de resultados possíveis, e suas validações, além dos realizados até aqui.

Sobre os elementos desenvolvidos, e aqui apresentados, devem ser ressaltados alguns pontos que podem fomentar novos trabalhos.

Com o crescimento da Indústria 4.0, podem-se citar expansões em todos os componentes da arquitetura, assim como a criação de novos elementos.

Exemplos de expansões nos elementos que já integram a arquitetura:

- Criação de novos itens para a camada de percepção da Smartlog;
- Incorporação ao Hotlog de tecnologias para ampliar a sua capacidade de rastreio *indoor*, em ambientes com alto nível de interferência eletromagnética;
- Criação de novos modelos de relatórios gerenciais;

- Desenvolvimento de novos *scripts* para gerenciamento de todas as funções do *middleware* através do Applog;
- Desenvolvimento de uma interface para o Applog voltada ao uso em ambientes com um grau elevado de intempéries.

Exemplos de novos elementos na arquitetura, com fundamento na Indústria 4.0:

- Desenvolvimento de um SE, baseado em visão computacional, com o intuito perceber o aumento de volume nas atividades de montagem;
- Utilização de RFIDs passivos para associar tarefas aos usuários e por medidas de segurança;
- Desenvolvimento de uma interface utilizando mapa de calor para demonstrar fluxos de funcionários, itens e veículos, a fim de melhorar a logística interna;
- Desenvolvimento de uma aplicação utilizando Realidade Aumentada, contendo informações adquiridas pelo Hotlog e dos constructos utilizados nos blocos;
- Desenvolvimento de uma ferramenta para análise e acompanhamento da produção, a ser utilizada pelos supervisores de tarefas, com o objetivo de validar e atualizar a base de dados com as atividades de Planejamento e Controle da Produção (PCP) em andamento e/ou concluídas;
- Desenvolvimento de uma metodologia de identificação das peças após a atividade de corte, baseada nas informações contidas em arquivos *Computer Aided Design* (CAD) / *Computer Aided Manufacturing* (CAM) / *Computer Integrated Manufacturing* (CIM).

REFERÊNCIAS

[Van der Aalst 2011] AALST, Wil M. Van der: Data Mining. In: *Process Mining*. Springer, 2011, S. 59–91

[Abbassi u. a. 2015] ABBASSI, Rouzbeh ; KHAN, Faisal ; GARANIYA, Vikram ; CHAI, Shuhong ; CHIN, Christopher ; HOSSAIN, Khandoker A.: An integrated method for human error probability assessment during the maintenance of offshore facilities. In: *Process Safety and Environmental Protection* 94 (2015), S. 172–179

[Akbari u. a. 2015] AKBARI, Aliakbar ; MIRSHAHI, Shiva ; HASHEMIPOUR, Majid: Application of RFID system for the process control of distributed manufacturing system. In: *Electrical and Computer Engineering (CCECE), 2015 IEEE 28th Canadian Conference on* IEEE (Veranst.), 2015, S. 497–501

[Amante 2006] AMANTE, Diogo do Amaral M.: Imperfeições de fabricação na construção naval e offshore. In: *Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Naval e Oceânica)-Universidade Federal do Rio de Janeiro* (2006)

[do Amaral Bichet u. a. 2013] AMARAL BICHET, Marcos A. do ; FREITAS, Eduardo Kenji H. de ; ROCHA, Ricardo S. ; NÚÑEZ, André ; SCHROEDER, Greyce N. ; SANTOS, Rafael Augusto P. dos ; COSTA BOTELHO, Silvia S. da: Utilization of hyper environments for tracking and monitoring of processes and supplies in construction and assembly industries. In: *Computing and Automation for Offshore Shipbuilding (NAVCOMP), 2013 Symposium on* IEEE (Veranst.), 2013, S. 81–86

[Andoh u. a. 2012] ANDOH, Abdul R. ; SU, Xing ; CAI, Hubo: A framework of RFID and GPS for tracking construction site dynamics. In: *Proceedings of the ASCE Construction Research Congress (CRC)*, 2012

[Ang u. a. 2017] ANG, Joo H. ; GOH, Cindy ; SALDIVAR, Alfredo Alan F. ; LI, Yun: Energy-Efficient Through-Life Smart Design, Manufacturing and Operation of Ships in an Industry 4.0 Environment. In: *Energies* 10 (2017), Nr. 5, S. 610

[Arebey u. a. 2010] AREBEY, Maher ; HANNAN, MA ; BASRI, Hassan ; BEGUM, Rawshan A. ; ABDULLAH, Huda: Solid waste monitoring system integration based on RFID, GPS and camera. In: *Intelligent and Advanced Systems (ICIAS), 2010 International Conference on* IEEE (Veranst.), 2010, S. 1–5

[Atmega328 2016] ATMEGA328, Atmel: P datasheet complete, 2016-06 [Internet] URL: http://www.atmel.com/Images. In: *Atmel-42735-8-bit-AVR-Microcontroller-ATmega328-328P_datasheet.pdf [Hämtad: 2016-09-29].* (2016)

[Avila 2015] AVILA, Ariane Mello S.: A intervenção institucional como determinante da inovação: a indústria naval e Offshore no Brasil. (2015)

[Banks u. a. 2007] BANKS, Jerry ; PACHANO, Manuel ; THOMPSON, Les ; HANNY, David: RFID in Manufacturing. In: *RFID Applied* (2007), S. 321–324

[Bernardo 2004] BERNARDO, Cláudio G.: A tecnologia RFID e os benefícios da etiqueta inteligente para os negócios. In: *Revista Eletrônica Unibero de Iniciação Científica, São Paulo* (2004)

[Blackstock und Lea 2014] BLACKSTOCK, Michael ; LEA, Rodger: Toward a distributed data flow platform for the web of things (distributed node-red). In: *Proceedings of the 5th International Workshop on Web of Things* ACM (Veranst.), 2014, S. 34–39

[de Castro Júnior und Pasold 2011] CASTRO JÚNIOR, Osvaldo A. de ; PASOLD, Cesar L.: Direito portuário, regulação e desenvolvimento Editora Forum (Veranst.), 2011

[Cheung u. a. 2012] CHEUNG, Chi F. ; CHEUNG, CM ; KWOK, SK: A knowledge-based customization system for supply chain integration. In: *Expert Systems with Applications* 39 (2012), Nr. 4, S. 3906–3924

[Choy u. a. 2009] CHOY, King L. ; CHOW, Ka H. ; MOON, Ka L. ; ZENG, Xin ; LAU, Henry C. ; CHAN, Felix T. ; HO, George T.: A RFID-case-based sample management system for fashion product development. In: *Engineering Applications of Artificial Intelligence* 22 (2009), Nr. 6, S. 882–896

[Da Xu u. a. 2014] DA XU, Li ; HE, Wu ; LI, Shancang: Internet of things in industries: a survey. In: *Industrial Informatics, IEEE Transactions on* 10 (2014), Nr. 4, S. 2233–2243

[De Grandi 2015] DE GRANDI, P. B.; Parzianello L. B.; Fortunato T.; Botelho S. S. da C.; Duarte Filho N. L.: iTracking - Um framework para rastreio através de RFID. In: *XII Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente (SBAI)*, 2015, S. 1742–1747

[De Nigri u. a. 2009] DE NIGRI, J ; KUBOTA, L ; TURCHI, L: Inovação e a indústria naval no Brasil. In: *Agência Brasileira de desenvolvimento industrial* (2009)

[Deshmukh 2014] DESHMUKH, RM: Review on Radio Frequency Identification Technology. In: *International Journal of Electronics, Communication and Soft Computing Science & Engineering (IJECSCSE)* 3 (2014), Nr. 2, S. 1

[Dhall und Solanki 2017] DHALL, Rohit ; SOLANKI, Vijender: An IoT Based Predictive Connected Car Maintenance. In: *International Journal of Interactive Multimedia & Artificial Intelligence* 4 (2017), Nr. 3

[Dores u. a. 2012] DORES, Priscila Branquinho d. ; LAGE, Elisa S. ; PROCESSI, Lucas D.: A retomada da indústria naval brasileira. (2012)

[Duarte Filho u. a. 2013] DUARTE FILHO, Nelson L. ; COSTA BOTELHO, Silvia S. da ; SANTOS, Edevaldo B. dos: Rastreamento na Construção Naval e Offshore: Insumos Inteligentes através de RFIds. In: *Computing and Automation for Offshore Shipbuilding (NAVCOMP), 2013 Symposium on* IEEE (Veranst.), 2013, S. 1–4

[D'Avila und Bridi 2017] D'AVILA, Ana Paula F. ; BRIDI, Maria A.: Indústria naval brasileira e a crise recente: o caso do Polo Naval e Offshore de Rio Grande (RS). In: *Cadernos Metrópole* 19 (2017), Nr. 38, S. 249–268

[El Ghazali u. a. 2011] EL GHAZALI, Yassine ; LEFEBVRE, Élisabeth ; LEFEBVRE, Louis A.: RFID-enabled materials management in the industrial construction supply chain. In: *Proceedings of the 5th WSEAS international conference on Communications and information technology*, 2011, S. 79–84

[Eyres und Bruce 2012] EYRES, David J. ; BRUCE, George J.: *Ship construction*. Butterworth-Heinemann, 2012

[de Farias Fraga u. a. 2016] FARIAS FRAGA, Manoela A. de ; FREITAS, Matheus Menna Barreto C. de ; SOUZA, Gilson Paula L. de: LOGÍSTICA 4.0: CONCEITOS E APLICABILIDADE–UMA PESQUISA-AÇÃO EM UMA EMPRESA DE TECNOLOGIA PARA O MERCADO AUTOMOBILÍSTICO. In: *Caderno PAIC* 17 (2016), Nr. 1, S. 111–117

[Favarin u. a. 2009] FAVARIN, Julio Vicente R. ; HASHIBA, Tiffany I. ; BARACAT, Leonardo M. ; GOLDBERG, David Joshua K. ; PINTO, Marcos M.: Delineamento de políticas de estímulo à competitividade para a construção naval brasileira. In: *XXI Congresso Panamericano de Engenharia Naval*, 2009

[Ford u. a. 2016] FORD, David ; HOUSEL, Tom ; HOM, Sandra ; MUN, Jonathan: Benchmarking Naval Shipbuilding With 3D Laser Scanning, Additive Manufacturing, and Collaborative Product Lifecycle Management / Naval Postgraduate School Monterey United States. 2016. – Forschungsbericht

[Fortunato 2015] FORTUNATO, I.; Barbosa Jr A.: Sistema de Acompanhamento da Produção Baseado em Visão Indústrias de Construção e Montagem - Estudo de Caso em Estaleiro Naval e Offshore. In: *14º Mostra de Produção Universitária - FURG*, 2015, S. [S.I]]

[Fraga-Lamas u. a. 2016] FRAGA-LAMAS, Paula ; NOCEDA-DAVILA, Diego ; FERNÁNDEZ-CARAMÉS, Tiago M. ; DÍAZ-BOUZA, Manuel A. ; VILAR-MONTESINOS, Miguel: Smart Pipe System for a Shipyard 4.0. In: *Sensors* 16 (2016), Nr. 12, S. 2186

[Gavrin u. a. 2015] GAVRIN, Evgeny ; LEE, Sung-Jae ; AYRAPETYAN, Ruben ; SHITOV, Andrey: Ultra lightweight JavaScript engine for internet of things. In: *Companion Proceedings of the 2015 ACM SIGPLAN International Conference on Systems, Programming, Languages and Applications: Software for Humanity* ACM (Veranst.), 2015, S. 19–20

[Gordo und Gonçalves da Clara 2006] GORDO, JM ; CLARA, J Gonçalves da: Tecnologia de Estaleiros. In: *Textos de Apoio* (2006)

[Hardy u. a. 2017] HARDY, M ; MASINTER, L ; MARKOVIC, D ; JOHNSON, D ; BAILEY, M: The application/pdf Media Type. 2017. – Forschungsbericht

[Heine und Sagkob 2003] HEINE, Gunnar ; SAGKOB, Holger: *GPRS: gateway to third generation mobile networks*. Artech House, 2003

[Held 2010] HELD, Tobias: Supplier integration as an improvement driver–an analysis of some recent approaches in the shipbuilding industry. In: *Supply Chain Network Management*. Springer, 2010, S. 369–384

[Holmes 2013] HOLMES, Simon: *Mongoose for Application Development*. Packt Publishing Ltd, 2013

[Hu u. a. 2014] HU, Jinwen ; LEWIS, Frank L. ; GAN, Oon P. ; PHUA, Geok H. ; AW, Leck L.: Discrete-event shop-floor monitoring system in RFID-enabled manufacturing. In: *IEEE Transactions on Industrial Electronics* 61 (2014), Nr. 12, S. 7083–7091

[Huang u. a. 2017] HUANG, Haocai ; LI, Danhua ; XUE, Zhao ; CHEN, XianLei ; LIU, Shuyu ; LENG, Jianxing ; WEI, Yan: Design and performance analysis of a tracked wall-climbing robot for ship inspection in shipbuilding. In: *Ocean Engineering* 131 (2017), S. 224–230

[Hunkeler u. a. 2008] HUNKELER, Urs ; TRUONG, Hong L. ; STANFORD-CLARK, Andy: MQTT-S—A publish/subscribe protocol for Wireless Sensor Networks. In: *Communication systems software and middleware and workshops, 2008. comsware 2008. 3rd international conference on* IEEE (Veranst.), 2008, S. 791–798

[IDTechEx u. a. 2014] IDTECHEX ; HARROP, Peter ; DAS, Raghu: *RFID Forecasts, Players and Opportunities 2014-2024*. IDTechEx, 2014

[Iwankowicz 2016] IWANKOWICZ, Remigiusz R.: An efficient evolutionary method of assembly sequence planning for shipbuilding industry. In: *Assembly Automation* 36 (2016), Nr. 1, S. 60–71

[Jin u. a. 2016] JIN, Xue-Bo ; DOU, Chao ; SU, Ting-li ; LIAN, Xiao-fen ; SHI, Yan: Parallel Irregular Fusion Estimation Based on Nonlinear Filter for Indoor RFID Tracking System. In: *International Journal of Distributed Sensor Networks* 2016 (2016)

[Jung u. a. 2013] JUNG, Hyun-Joon ; NA, Kyoung-Youn ; YOON, Chang-Ho: The role of ICT in Korea's economic growth: Productivity changes across industries since the 1990s. In: *Telecommunications Policy* 37 (2013), Nr. 4, S. 292–310

[Kalden u. a. 2000] KALDEN, Roger ; MEIRICK, Ingo ; MEYER, Michael: Wireless Internet access based on GPRS. In: *Personal Communications, IEEE* 7 (2000), Nr. 2, S. 8–18

[Khan u. a. 2012] KHAN, Raees ; KHAN, Samee U. ; ZAHEER, Rifaqat ; KHAN, Sharifullah: Future internet: the internet of things architecture, possible applications and key challenges. In: *Frontiers of Information Technology (FIT), 2012 10th International Conference on* IEEE (Veranst.), 2012, S. 257–260

[Ko u. a. 2011] KO, Jong M. ; KWAK, Choonjong ; CHO, Youngho ; KIM, Chang O.: Adaptive product tracking in RFID-enabled large-scale supply chain. In: *Expert systems with applications* 38 (2011), Nr. 3, S. 1583–1590

[Kranenburg 2008] KRANENBURG, R v.: The Internet of Things: A critique of ambient technology and the all-seeing network of RFID. In: *Institute of Network Cultures* (2008)

[Kurylev u. a. 2017] KURYLEV, AS ; RUBAN, AR ; SHAKHOV, VV: BUILDING 3D-DESIGN COMPETENCIES IN TRAINING OF SHIPBUILDING STUDENTS. In: *Information Innovative Technologies* (2017), Nr. 1, S. 27–30

[Lacerda 2016] LACERDA, AC: A saída da crise ainda será demorada. Ponte para o passado. In: *Jornal dos Economistas* (2016), Nr. 324, S. 6–7

[Lee u. a. 2014] LEE, Dong K. ; KIM, Youngmin ; HWANG, In H. ; OH, Dae K. ; SHIN, Jong G.: Study on a process-centric modeling methodology for virtual manufacturing of ships and offshore structures in shipyards. In: *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 71 (2014), Nr. 1-4, S. 621–633

[Lee u. a. 2015] LEE, Philippe ; LEE, Jong-Hak ; NAM, Jong-Ho ; CHOI, Yang-Ryul u. a.: A Study of Data Qualification for Shipyard Manufacturing Scheduling Simulation. In: *The Twenty-fifth International Offshore and Polar Engineering Conference* International Society of Offshore and Polar Engineers (Veranst.), 2015

[Lee u. a. 2013] LEE, Seung-kyung ; KIM, Bongseok ; HUH, Minhoe ; CHO, Sungzoon ; PARK, Sungkyu ; LEE, Daehyung: Mining transportation logs for understanding the after-assembly block manufacturing process in the shipbuilding industry. In: *Expert Systems with Applications* 40 (2013), Nr. 1, S. 83–95

[Lee 2017] LEE, Yonghyeok: A Reference Model for Big Data Analysis in Shipbuilding Industry. (2017)

[Lee und Lee 2011] LEE, Young-Chan ; LEE, Seung-Seok: The valuation of RFID investment using fuzzy real option. In: *Expert Systems with Applications* 38 (2011), Nr. 10, S. 12195–12201

[Lima 2008] LIMA, Paulo César R.: Os desafios, os impactos e a gestão da exploração do pré-sal. In: *Estudo da Consultoria Legislativa da Câmara dos Deputados* (2008)

[Liu und Guo 2014] LIU, Tao ; GUO, Xuemei: Using ZigBee and RFID technology with GPRS to development of smart home system. In: *Journal of Chemical & Pharmaceutical Research* 6 (2014), Nr. 6

[Lubbers u. a. 2011] LUBBERS, Peter ; ALBERS, Brian ; SALIM, Frank ; PYE, Tony: *Pro HTML5 programming*. Springer, 2011

[Maciel 2016] MACIEL, Thales V.: *Simulação de logs de eventos com foco na análise de processos de construção na indústria naval brasileira*, FURG - Universidade Federal de Rio Grande, Dissertation, 2016

[Mansor u. a. 2015] MANSOR, Muhammad N. ; USTADI, Muna N. ; SHARIFFUDDIN, Muhammad A.: The Potential of Radio Frequency Identification (RFID) Technology Implementation in Malaysian Shipbuilding Industry. In: *Journal of Transport System Engineering* 2 (2015), Nr. 1, S. 31–36

[Matsuo u. a. 2013] MATSUO, Kohei ; ROTHENBURG, Uwe ; STARK, Rainer: Application of AR Technologies to Sheet Metal Forming in Shipbuilding. In: *Smart Product Engineering*. Springer, 2013, S. 937–945

[McCool u. a. 2015] MCCOOL, Michael ; PERI, Ramesh ; ST JOHN, Rex: Programming the Internet of Things Using Node. js and HTML5. (2015)

[McFarland 2012] MCFARLAND, David S.: *CSS3: the missing manual*. ”O’Reilly Media, Inc.”, 2012

[Miao u. a. 2010] MIAO, Wu ; LU, T ; LING, F u. a.: Research on the Architecture of Internet of Things [C]. In: *Proceedings of the 3rd International Conference on Advanced Computer Theory and Engineering: August* sn (Veranst.), 2010, S. 20–22

[Michael und McCathie 2005] MICHAEL, Katina ; MCCATHIE, Luke: The pros and cons of RFID in supply chain management. In: *Mobile Business, 2005. ICMB 2005. International Conference on* IEEE (Veranst.), 2005, S. 623–629

[Min 2008] MIN, Keh-Sik: Automation and control systems technology in korean shipbuilding industry: the state of the art and the future perspectives. In: *Proceedings of the 17th World Congress*, 2008, S. 7185–7190

[Moller u. a. 2015] MOLLER, Dietmar P. ; DERIYENKO, Tatiana ; VAKILZADIAN, Hamid: Cyber-physical vehicle tracking system: Requirements for using a radio frequency identification technique. In: *Electro/Information Technology (EIT), 2015 IEEE International Conference on* IEEE (Veranst.), 2015, S. 552–557

[Mukhopadhyay und Roy 2016] MUKHOPADHYAY, Joy ; ROY, Sancharan: Managing Disaster Supply Chains with RFID for Humanitarian Logistics. In: *Managing Humanitarian Logistics*. Springer, 2016, S. 115–127

[Muralidharan u. a. 2017] MURALIDHARAN, Shapna ; ROY, Abhishek ; SAXENA, Navrati: An Exhaustive Review on Internet of Things from Korea's Perspective. In: *Wireless Personal Communications* 90 (2017), Nr. 3, S. 1463–1486

[Nagy und Kotuliak 2014] NAGY, Martin ; KOTULIAK, Ivan: Utilizing OpenFlow, SDN and NFV in GPRS core network. In: *Testbeds and Research Infrastructure: Development of Networks and Communities*. Springer, 2014, S. 184–193

[Neto u. a. 2014] NETO, Campos ; SILVA, Carlos A. da ; POMPERMAYER, Fabiano M.: Ressurgimento da indústria naval no Brasil (2000-2013). (2014)

[Park u. a. 2007] PARK, C ; SEO, J ; KIM, J ; LEE, S ; BAEK, T-H ; MIN, S-K: Assembly block storage location assignment at a shipyard: a case of Hyundai Heavy Industries. In: *Production Planning and Control* 18 (2007), Nr. 3, S. 180–189

[Park u. a. 2010] PARK, Jeong-Ho ; LEE, Kyong-Hee ; JIN, Gwang-Ja ; OH, Moon-Kyun: Loading/Unloading Decision System of Ship Block in the Shipyard. In: *Journal of the Institute of Electronics Engineers of Korea CI* 47 (2010), Nr. 6, S. 40–46

[Pasin 2002] PASIN, Jorge Antonio B.: Indústria Naval do Brasil: panorama, desafios e perspectivas. In: *Revista do BNDES, Rio de Janeiro* 9 (2002), Nr. 18

[Pauls u. a. 2013] PAULS, Friedrich ; KRONE, Stefan ; NITZOLD, Walter ; FETTWEIS, Gerhard ; FLORES, Christopher: Evaluation of efficient modes of operation of GSM/GPRS modules for M2M communications. In: *Vehicular Technology Conference (VTC Fall), 2013 IEEE 78th* IEEE (Veranst.), 2013, S. 1–6

[Poon u. a. 2011] POON, TC ; CHOY, King L. ; CHAN, Felix T. ; HO, George T. ; GUNASEKARAN, A ; LAU, Henry C. ; CHOW, Harry K.: A real-time warehouse operations planning system for small batch replenishment problems in production environment. In: *Expert Systems with Applications* 38 (2011), Nr. 7, S. 8524–8537

[Prasanna und Hemalatha 2012] PRASANNA, KR ; HEMALATHA, M: RFID GPS and GSM based logistics vehicle load balancing and tracking mechanism. In: *Procedia Engineering* 30 (2012), S. 726–729

[Raj u. a. 2016] RAJ, Manish ; POTE, Sandeep ; MHASKE, Akshay ; MAHAKALE, Rajat: Bus Security And Attendance Management For School Children Using RFID. In: *Imperial Journal of Interdisciplinary Research* 2 (2016), Nr. 3

[Rossi und Mello 2017] ROSSI, Pedro ; MELLO, Guilherme: Choque recessivo e a maior crise da história: A economia brasileira em marcha à ré. In: *Centro de Estudos de Conjuntura e Política Econômica-IE/UNICAMP: Nota do Cecon* (2017), Nr. 1

[Roy und Sarkar 2016] ROY, Subhashis ; SARKAR, Subir K.: RFID based real time system for early detection of Avian Influenza for poultry based industry. In: *2016 International Conference on Microelectronics, Computing and Communications (MicroCom)* IEEE (Veranst.), 2016, S. 1–6

[Santos 2011] SANTOS, Gabriel S.: Análise da evolução da indústria naval. In: *Rio de Janeiro: TCC, Centro Universitário Estadual da Zona Oeste-UEZO* (2011)

[Sardroud und Limbachiya 2010] SARDROUD, J M. ; LIMBACHIYA, MC: Effective information delivery at construction phase with integrated application of RFID, GPS and GSM technology. In: *Proceedings of the World Congress on Engineering* Bd. 1, 2010

[Satoglu und Ustundag 2013] SATOGLU, Sule I. ; USTUNDAG, Alp: Value of RFID Enhanced Maintenance in Aerospace Industry. In: *The value of RFID*. Springer, 2013, S. 141–153

[Saygin u. a. 2007] SAYGIN, Can ; SARANGAPANI, Jagannathan ; GRASMAN, Scott E.: A systems approach to viable RFID implementation in the supply chain. In: *Trends in supply chain design and management*. Springer, 2007, S. 3–27

[Seol u. a. 2016] SEOL, Soonuk ; LEE, Eun-Kyu ; KIM, Wooseong: Indoor mobile object tracking using RFID. In: *Future Generation Computer Systems* (2016)

[Sha u. a. 2016] SHA, OP ; MISRA, SC ; GUPTA, Ashish: Simulation of Block Assembly Process in Shipbuilding by Petri-nets. (2016)

[Shin und Hwang 2013] SHIN, Jae-Hui ; HWANG, Suk-Seung: Design of RFID Packaging for Construction Materials. In: *The Journal of the Korea institute of electronic communication sciences* 8 (2013), Nr. 6, S. 923–931

[Souza 2009] SOUZA, CM d.: *Técnicas avançadas em planejamento e controle da construção naval*, Tese (Doutorado em Engenharia Naval). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Dissertation, 2009

[Su und Wei 2014] SU, Gao L. Wang W. ; WEI, L.: The Research on Service Platform of Ship Manufacturing in Cloud Manufacturing Environment. In: *International Conference on e-Education, e-Business and Information Management (ICEEIM), 2014* Atlantis Press (Veranst.), 2014, S. 236–241

[Susilo u. a. 2017] SUSILO, Trisno u. a.: Determining The Most Comprehensive Method of Material's Handling For Fabricated Ship's Blocks. In: *IJSEAT* 4 (2017), Nr. 12, S. 716–724

[Tan und Wang 2010] TAN, Lu ; WANG, Neng: Future internet: The internet of things. In: *2010 3rd International Conference on Advanced Computer Theory and Engineering (ICACTE)* Bd. 5 IEEE (Veranst.), 2010, S. V5–376

[Tilkov und Vinoski 2010] TILKOV, Stefan ; VINOSKI, Steve: Node. js: Using JavaScript to build high-performance network programs. In: *IEEE Internet Computing* 14 (2010), Nr. 6, S. 80–83

[Timbó 2000] TIMBÓ, Marcos A.: Levantamentos através do Sistema GPS. In: *Notas de aula do Departamento de Cartografia da UFMG. Belo Horizonte* (2000)

[Triwilaswandio u. a. 2017] TRIWILASWANDIO, WP ; ARIF, M S. u. a.: Computer-Based Applications for Quality Management Process in Shipbuilding. In: *IPTEK Journal of Proceedings Series* (2017), Nr. 2, S. 99–107

[Urien und Piramuthu 2013] URIEN, Pascal ; PIRAMUTHU, Selwyn: Framework and authentication protocols for smartphone, NFC, and RFID in retail transactions. In: *Intelligent Sensors, Sensor Networks and Information Processing, 2013 IEEE Eighth International Conference on* IEEE (Veranst.), 2013, S. 77–82

[Ustundag u. a. 2010] USTUNDAG, Alp ; KILINÇ, Mehmet S. ; CEVIKCAN, Emre: Fuzzy rule-based system for the economic analysis of RFID investments. In: *Expert systems with applications* 37 (2010), Nr. 7, S. 5300–5306

[Varghese und Yoon 2005] VARGHESE, Ranjan ; YOON, Duck Y.: Dynamic spatial block arrangement scheduling in shipbuilding industry using genetic algorithm. In: *INDIN'05. 2005 3rd IEEE International Conference on Industrial Informatics, 2005.* IEEE (Veranst.), 2005, S. 444–449

[Viani u. a. 2012] VIANI, Federico ; SALUCCI, Marco ; ROBOL, Fabrizio ; OLIVERI, Giacomo ; MASSA, Andrea: Design of a UHF RFID/GPS fractal antenna for logistics management. In: *Journal of Electromagnetic Waves and Applications* 26 (2012), Nr. 4, S. 480–492

[Vossiek u. a. 2010] VOSSIEK, Martin ; MIESEN, Robert ; WITTWER, Joachim: RF identification and localization-recent steps towards the internet of things in metal production and processing. In: *Microwave Radar and Wireless Communications (MIKON), 2010 18th International Conference on* IEEE (Veranst.), 2010, S. 1–8

[Wang u. a. 2014] WANG, Chuan ; GEORGE, Danielle ; GREEN, Peter R.: Development of plough-able RFID sensor network systems for precision agriculture. In: *Wireless Sensors and Sensor Networks (WiSNet), 2014 IEEE Topical Conference on* IEEE (Veranst.), 2014, S. 64–66

[Wang u. a. 2015] WANG, Hao ; OSEN, Ottar L. ; LI, Guoyuan ; LI, Wei ; DAI, Hong-Ning ; ZENG, Wei: Big data and industrial internet of things for the maritime industry in northwestern norway. In: *TENCON 2015-2015 IEEE Region 10 Conference* IEEE (Veranst.), 2015, S. 1–5

[Winston 2016] WINSTON, Wayne: *Microsoft Excel data analysis and business modeling*. Microsoft press, 2016

[Xie u. a. 2016] XIE, Lei ; SUN, Jianqiang ; CAI, Qingliang ; WANG, Chuyu ; WU, Jie ; LU, Sanglu: Tell me what i see: recognize RFID tagged objects in augmented reality systems. In: *Proceedings of the 2016 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing* ACM (Veranst.), 2016, S. 916–927

[Yun und Park 2012] YUN, Jung-Min ; PARK, Peom: Development of Industrial Safety Management System for Shipbuilding Industry Using RFID/USN. In: *Ubiquitous Intelligence & Computing and 9th International Conference on Autonomic & Trusted Computing (UIC/ATC), 2012 9th International Conference on* IEEE (Veranst.), 2012, S. 285–291

[Zhang u. a. 2012] ZHANG, Xiaoqiang ; DONG, Qin ; HU, Fangjie: Applications of RFID in Logistics and Supply Chains: An Overview. In: *ICLEM 2012: Logistics for Sustained Economic Development—Technology and Management for Efficiency* ASCE (Veranst.), 2012, S. 1399–1404