

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E  
TECNOLOGIA FLUMINENSE**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SISTEMAS APLICADOS À  
ENGENHARIA E GESTÃO**

**Marcus Vinícius das Neves Toffano**

**DIGITALIZAÇÃO PORTUÁRIA COM FOCO EM PORTOS 4.0:  
*Uma proposta de um Framework***

Rogério Atem de Carvalho  
(Orientador)

Henrique Rego Monteiro da Hora  
(Coorientador)

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, no Curso de Mestrado Profissional em Sistemas Aplicados à Engenharia e Gestão (MPSAEG), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Sistemas Aplicados à Engenharia e Gestão.

Campos dos Goytacazes / RJ  
2020

Biblioteca Anton Dakitsch  
CIP – Catalogação na Publicação

T322d Toffano, Marcus Vinicius das Neves  
DIGITALIZAÇÃO PORTUÁRIA COM FOCO EM PORTOS 4.0:  
Uma proposta de um Framework / Marcus Vinicius das Neves Toffano -  
2020.  
67 f.: il. color.  
Orientador: Rogério Atem de Carvalho  
Coorientador: Henrique Rego Monteiro da Hora  
Dissertação (mestrado) -- Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia Fluminense, Campus Campos Centro, Curso de Mestrado  
Profissional em Sistemas Aplicados à Engenharia e Gestão, Campos dos  
Goytacazes, RJ, 2020.  
Referências: f. 61 a 67.  
1. Digitalização Portuária. 2. Framework. 3. Indústria 4.0. 4. Portos 4.0.  
I. Carvalho, Rogério Atem de , orient. II. da Hora, Henrique Rego  
Monteiro, coorient. III. Título.

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA FLUMINENSE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SISTEMAS  
APLICADOS À ENGENHARIA E GESTÃO

MARCUS VINÍCIUS DAS NEVES TOFFANO

**DIGITALIZAÇÃO PORTUÁRIA COM FOCO EM PORTOS 4.0:  
Uma proposta de um *Framework***

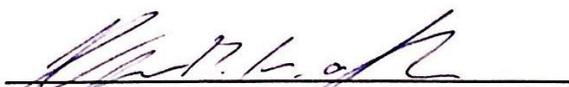
Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, no Curso de Mestrado Profissional em Sistemas Aplicados à Engenharia e Gestão (MPSAEG), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Sistemas Aplicados à Engenharia e Gestão.

Aprovado em 13 de MAEÇO de 2020.

Banca Examinadora:



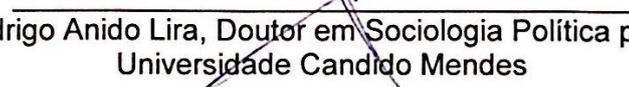
Prof. Rogério Atem de Carvalho, doutor em engenharia de produção pela UENF  
Instituto Federal de Educação, Ciência e tecnologia Fluminense  
(Orientador)



Prof. Henrique Rego Montêiro da Hora, doutor em engenharia de produção pela UFF  
Instituto Federal de Educação, Ciência e tecnologia Fluminense  
(Coorientador)



Prof. Francisco José Casarim Rapphan, Doutor em Propriedade Intelectual e  
Inovação pelo INPI  
Instituto Federal do Espírito Santo - IFES



Prof. Rodrigo Anido Lira, Doutor em Sociologia Política pela UENF  
Universidade Candido Mendes

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho a todos os meus professores, amigos e familiares que, de alguma maneira, me ajudaram a alcançar este Mestrado. Darei o meu melhor para que possam sempre se orgulhar de mim.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus por ter me fortalecido ao ponto de superar as dificuldades e também por toda saúde que me deu, permitindo-me alcançar esta etapa tão importante da minha vida. Ao Instituto Norte Fluminense e à toda a sua equipe de professores, eu deixo uma palavra de agradecimento pela oportunidade de concluir este curso de Mestrado. Aos meus professores, Doutores e Mestres, eu agradeço a orientação incansável, o empenho e a confiança que ajudaram a tornar possível este desejo tão especial. Ao meu professor e orientador Dr. Rogério Atem de Carvalho e ao Dr. Henrique Rego Monteiro da Hora, agradeço a ambos pelas dedicações à orientação do meu trabalho e pela compreensão quanto às minhas tentativas recorrentes de não ser trivial, até o final. À minha família e amigos que sempre me ofereceram apoio, eu deixo uma palavra e uma promessa de gratidão eterna. A todas as pessoas que de alguma forma fizeram parte do meu percurso, eu agradeço com todo meu coração.

## RESUMO

Os setores de transporte e logística no mundo estão adotando cada vez mais iniciativas de transformação digital para dar maior visibilidade às operações de negócios. A digitalização das operações de portos e terminais oferecem formas de realizar uma "4ª revolução industrial", trazendo benefícios seguros, operacionais e ambientais. Diante de tal significância, na busca por portos mais eficientes, a presente dissertação objetiva apresentar uma proposta de um *Framework* de Digitalização Portuária. Para tanto, para o embasamento teórico, realizou-se uma revisão da literatura sobre digitalização portuária (portos 4.0) utilizando-se as bases de pesquisa *Scopus*, *ScienceDirect*, *SciELO* e *Web of Science*. Já no estudo de campo, levou-se em consideração a vivência e atuação como Gerente de Projetos de TI, do autor, durante quatro anos no Terminal Multicargas do Porto do Açu (T-MULT) situado em São João da Barra/RJ, e também dois meses no Porto do Pecém, localizado no município de São Gonçalo do Amarante, litoral oeste do Ceará. Como resultado, obteve-se a identificação de estratégias que possam ser executadas pelos portos, para se tornar um Porto Digitalizado e operacionalmente eficaz; através da análise destas, propôs-se também um *Framework* de Digitalização Portuária, além de terem sido direcionados cinco estágios para sua implementação. Por fim, espera-se ter colaborado para o avanço das discussões teóricas da digitalização portuária, em função do diálogo estabelecido com as principais diretrizes do *Framework* e ter-se avançado no oferecimento de sistemática própria de aplicação da metodologia como principal contribuição.

**Palavras-chave:** Digitalização Portuária; *Framework*; Indústria 4.0; Portos 4.0.

## ABSTRACT

The transport and logistics sectors around the world are increasingly adopting digital transformation initiatives to give greater visibility to business operations. The digitization of port and terminal operations offers ways to carry out a "4th industrial revolution", bringing safe, operational and environmental benefits. Given this significance, in the search for more efficient ports, this dissertation aims to present a proposal for a Port Digitization Framework. Therefore, for the theoretical basis, a review of the literature on port digitization (ports 4.0) was carried out using the Scopus, ScienceDirect, SciELO and Web of Science research bases. In the field study, the author's experience and performance as IT Project Manager for 4 years at the Multicargas Terminal of Porto do Açú (T-MULT) located in São João da Barra / RJ, and also 2 months in Porto do Pecém, located in the municipality of São Gonçalo do Amarante, west coast of Ceará. As a result, it was possible to identify strategies that can be executed by the ports, to become a Digitalized and operationally effective Port, and through the analysis of these, a Port Digitization Framework was proposed, as well as 5 stages for its implementation were also directed. Finally, it is expected to have contributed to the advancement of theoretical discussions on port digitization, due to the dialogue established with the main guidelines of the Framework and to have made progress in offering the proper system for applying the methodology as the main contribution.

**Keywords:** Framework; Industry 4.0; Seaport Digitalization; Seaport 4.0.

## FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Resumo da classificação dos Portos. ....	21
<b>Figura 2:</b> Sistema Gestão Portuária. ....	40
<b>Figura 3:</b> Controles de Acesso. ....	42
<b>Figura 4:</b> Circuitos Fechados de TV. ....	44
<b>Figura 5:</b> CDS/Guindastes. ....	45
<b>Figura 6:</b> Balanças Rodoviárias. ....	46
<b>Figura 7:</b> Subprojetos identificados para digitalização portuária. ....	48
<b>Figura 8:</b> Estágios propostos para o Framework de Digitalização Portuária. ....	49
<b>Figura 9:</b> Integração dos Sistemas. ....	53
<b>Figura 10:</b> Diagrama de sequência. ....	55
<b>Figura 11:</b> Processo de descarga. ....	55
<b>Figura 12:</b> Framework de Digitalização Portuária. ....	56
<b>Figura 13:</b> Estágios para estrut. das ativid. do projeto de digitalização portuária. ....	57

## QUADROS

<b>Quadro 1:</b> Descrição das fases da estruturação para a digitalização portuária. ....	57
---	----

## **SIGLAS**

ADE-02 - Ato Declaratório Executivo da RFB

ANTAQ - Agência Nacional de Transportes Aquaviário

AP - Autoridade Portuária

CAP - Conselho da Autoridade Portuária

CD - Companhias Docas

CDS - Crane Data System

CFTV - Circuito fechado de TV

CO - Controle de Operação

IMO - Organização Marítima Internacional

ISPS CODE – International Ship and Port Facility Security Code

MCAs - Fechaduras Eletrônicas Acionadas por Crachás

OGMO - Órgão Gestor de Mão de Obra

OP - Operador Portuário

PNSPP - Plano Nacional de Segurança Pública Portuária

PSPP – Plano de Segurança Pública Portuária dos portos

RFB - Receita Federal do Brasil

SCA - Sistema de Controle de Acesso

SGP - Sistema de Gestão Portuária

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>13</b>
<b>1.1. Justificativa da Pesquisa</b> .....	<b>14</b>
<b>1.2. Objetivos</b> .....	<b>15</b>
1.2.1. Objetivos Gerais .....	15
1.2.2. Objetivos específicos .....	15
<b>1.3. Estrutura do Trabalho</b> .....	<b>16</b>
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>17</b>
<b>2.1 O Setor Portuário</b> .....	<b>17</b>
2.1.1 Formas de exploração dos portos .....	18
2.1.2 Agentes Portuários .....	18
2.1.3 Modelos de Administrativa Portuária por função .....	19
2.1.4 Infraestrutura e Organização Portuária .....	20
2.1.5 Sistema de Segurança Portuária Brasileiro .....	23
2.1.5.1 Código ISPS .....	24
2.1.5.2 PSPPP E PNSPP .....	25
2.1.5.3 Decreto N° 6.759/09 – Atividades Aduaneiras .....	25
2.1.5.4 Portaria RFB N°3.518/11 – Alfandegamento .....	26
2.1.5.5 Outras regulamentações .....	26
<b>2.2 Indústria 4.0</b> .....	<b>27</b>
2.2.1 Internet of Things and Services (IoT e IoS) .....	28
2.2.2 Sistemas Cyber-Physical .....	28
2.2.3 Big-Data .....	29
<b>2.3 Porto 4.0</b> .....	<b>30</b>
2.3.1 Digitalização Portuária .....	31
2.3.2 Perspectiva de Aplicação Digital nos Portos .....	32
<b>3. METODOLOGIA</b> .....	<b>34</b>
<b>3.1 Classificação da Pesquisa</b> .....	<b>34</b>
<b>3.2 Técnica da Pesquisa</b> .....	<b>35</b>
<b>3.3 Procedimentos Técnicos</b> .....	<b>35</b>

3.4	Características do Objeto de Estudo.....	36
3.5	Demanda da Pesquisa .....	37
<b>4.</b>	<b>PROPOSTA DE UM <i>FRAMEWORK</i></b> .....	<b>38</b>
4.1	Estratégias para Transformação de um Porto 4.0.....	38
4.1.1	Otimização do Tempo e Custos das operações .....	38
4.1.2	Controle e Integração dos Sistemas Portuários .....	39
4.1.2.1	<i>Sistema de Gestão Portuária (SGP)</i> .....	40
4.1.2.2	<i>Sistema de Controle de Acesso (SCA)</i> .....	41
4.1.2.3	<i>Circuito Fechado de TV (CFTV)</i> .....	42
4.1.2.4	<i>Guindastes - Crane Data System (CDS)</i> .....	45
4.1.2.5	<i>Balança Rodoviária (TCP-IP)</i> .....	46
4.1.3	Principais pontos de atenção dos processos portuários .....	47
4.1.4	Diretrizes Para Tomada de Decisão.....	48
4.1.4.1	<i>Matriz da Subdivisão do Pátio</i> .....	49
4.1.4.2	<i>Identificação automatizada de caminhões nas pilhas</i> .....	50
4.1.4.3	<i>Células de Carga Integradas</i> .....	51
4.1.4.4	<i>Integração de Informações</i> .....	52
4.1.4.5	<i>Otimização Global das Operações (OGO)</i> .....	53
4.2	O Framework para Digitalização Portuária .....	55
4.3	Estágios de Implementação do Framework Portuário.....	56
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>59</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>61</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Os sistemas portuários experimentaram um período de crescimento e desenvolvimento significativos nos últimos anos, estimulados principalmente pela Indústria 4.0, e esse avanço vem interferindo diretamente na extensão e modernização de sua infraestrutura, aumento do número de serviços disponíveis e melhoria da sua qualidade (BARON; MATHIEU 2013). De fato, os portos são diferentes em seus ativos, papéis, funções e organização institucional e, mesmo dentro de um único porto, as atividades ou serviços executados são amplos em escopo e natureza, podendo o porto ser uma empresa de estivagem, um operador de terminal, uma autoridade pública, uma empresa privada ou até um *cluster* com diferentes atores e operadores (TALLEY; MARSILLAC, 2014).

Considerando esse contexto na Europa, a fim de facilitar as relações entre todos os atores de um sistema portuário, a Diretiva da União Europeia de nº 2010/65/EU, impôs a adoção de procedimentos digitais relativos a documentos e informações (BISOGLIO *et al.*, 2015). Já no Brasil, em um cenário de extremo déficit de infraestrutura portuária, em 2013, foi promulgada a Lei nº 12.815/2013 (Nova Lei dos Portos), a fim de revogar a Lei nº 8.630/1993 (Lei de Modernização dos Portos) e dar novo tratamento legal ao regime jurídico de exploração direta e indireta de portos e instalações portuárias e às atividades desempenhadas pelos operadores portuários (FREZZA, 2016).

Deve se destacar que a intenção do governo brasileiro com a aplicação da nova Lei dos Portos, justifica-se por ampliar os investimentos privados e modernizar os terminais a fim de baixar os custos de logística e melhorar as condições de competitividade da economia brasileira, trazendo melhorias ao setor portuário (SANTOS, 2018).

Na prática, os portos estão cada vez mais investindo em sistemas integrados de informações operacionais por uso de plataformas eletrônicas para a integração de dados entre os terminais portuários, recintos alfandegados, agentes públicos de fiscalização das atividades portuárias e agências de comércio exterior. É, através da integração dos sistemas, que se torna possível rastrear as etapas percorridas pelos diversos tipos de cargas, em importação e exportação, desde o porto de origem até o destinatário final (BICHOU, 2013).

Em busca dessa modernização, os portos informatizados estão crescentemente adotando iniciativas de transformação digital para dar maior visibilidade às operações de negócios,

melhorando a eficiência em torno de elementos frequentemente complexos envolvidos com o comércio internacional e a integração (THOMAS, 2018). No estágio de modernização 4.0 em que o país se encontra, essa integração destaca-se como um fenômeno facilitado pela adoção em larga escala da digitalização das empresas marítimas e portuárias, realizando uma mudança importante no modelo de gestão (ASCENCIO, 2018).

Para Theodossopoulos (2018), a necessidade de satisfazer os requisitos legais e regulamentares, mostra-se uma tendência na indústria portuária de se tornar mais sensível e também alavancar as tendências tecnológicas em desenvolvimento. No lado do monitoramento, a evolução de sensores inteligentes e sistemas de aquisição de dados, juntamente com telecomunicações avançadas para transferência de dados de tais sistemas (manual ou automaticamente) para a gestão, fornece uma base sólida para a fonte primária de informações necessárias. No entanto, a falta de dados não é tipicamente a fonte da barreira para um gerenciamento eficaz de desempenho de ativos e monitoramento de condições. “Tudo está registrado” é a reclamação típica de um gerente técnico portuário. O problema é que os dados disponíveis não são compreendidos, interpretados ou usados corretamente.

Efetivamente, a inovação técnica e a digitalização não só têm impacto imediato nos transportadores, autoridades portuárias e operadores dos terminais, mas também, em um nível macro, na economia global; o surgimento de tecnologias online, baseadas na nuvem e na tecnologia móvel, permite que as empresas não só conduzam seus negócios sozinhas, como também otimizem a forma como seus negócios são executados pela simplificação dos processos, obtendo inteligência organizacional e de mercado, aprimorando relatórios e outras tarefas que exigem muitos dados (THOMAS, 2018).

Não somente, Sant’Anna (2018) defende que as soluções adotadas cada vez mais assentes na digitalização, respondem às necessidades de segurança, ao excesso de capacidade instalada no transporte marítimo e à necessidade de modelos de negócio mais precisos.

### **1.1. Justificativa da Pesquisa**

Entende-se que a transformação digital seja de extrema importância no mundo dos negócios, causando grandes impactos em qualquer um de seus setores. De fato, os portos e a

logística no transporte marítimo, como atores das cadeias de suprimentos mundiais, são particularmente afetados pelas mudanças tecnológicas e, devido aos altos requisitos do setor logístico, a inovação digital torna-se essencial para se manterem competitivos, fazendo deste tema uma abordagem de total importância ((RAZALI; DAHALAN, 2012).

Diferentes estudos anteriores se preocuparam em demonstrar como a inovação digital é capaz de moldar a modernização dos portos e, para entender os desafios dessa área, fez-se inevitável analisar os resultados de desenvolvimentos anteriores e seu impacto nas operações portuárias (HEILIG, VOß, 2017).

Neste sentido, Schwarze, Heilig e Voß (2017), desenvolveram uma análise extensiva das transformações digitais em portos marítimos, fornecendo uma visão geral abrangente sobre o desenvolvimento de portos, com especial atenção à integração e transformação digital, os níveis e as inter-relações da perspectiva de um porto e atores envolvidos, como também identificando e explicando implicações importantes, em particular no que diz respeito às vantagens dos portos digitalizados. No entanto, esses autores não apresentaram o caminho a ser seguido para o alcance da digitalização portuária.

## **1.2. Objetivos**

### 1.2.1. Objetivos Gerais

Diante todo o contexto e da importância significativa da integração e da digitalização dos portos, em busca por Portos 4.0, a presente dissertação objetiva apresentar uma proposta de um *Framework* de Digitalização Portuária.

### 1.2.2. Objetivos específicos

- Caracterizar o setor Portuário, a Indústria 4.0 e o Porto 4.0;
- Identificar estratégias que possam ser executadas pelos portos para se tornar um Porto digitalizado, de forma independente;
- Apresentar um modelo de *Framework* de Digitalização Portuária;

- Direcionar cinco estágios para a implantação do *Framework* de Digitalização Portuária.

### 1.3. Estrutura do Trabalho

Este trabalho está organizado em cinco (05) capítulos:

- 1) O 1º capítulo se refere à parte introdutória da pesquisa, na qual estão descritos a justificativa da pesquisa, os objetivos (principal e específicos), e a estrutura deste trabalho;
- 2) No 2º capítulo, apresentou-se uma revisão de literatura do setor Portuário, da Indústria 4.0 e o de Portos 4.0;
- 3) No 3º capítulo, apresentam-se a metodologia utilizada para desenvolvimento desta dissertação, sua classificação e seus procedimentos técnicos;
- 4) No 4º, é apresentada a proposta do *Framework* de Digitalização Portuária;
- 5) Por fim, no 5º e último capítulos, são apresentadas as considerações finais da pesquisa em relação aos objetivos propostos.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 O Setor Portuário

O transporte tem a característica importante de transportar bens, tornando-os disponíveis à sociedade e, além de transpor barreiras, permite o escoamento da produção e serviços, garantindo a manutenção da economia. Já o sistema portuário é um dos integrantes do sistema de transporte, e tem a função de transportar pessoas e cargas, podendo ser definido como o portão de entrada e saída das riquezas de um país, sendo o local onde se realizam atividades aduaneiras, alfandegárias, comerciais, entre outras, como também é o ponto estratégico da segurança nacional e principal interface da cadeia logística com a sociedade (COLLYER, 2016).

Por certo, o dicionário de língua portuguesa brasileiro, define um porto como uma pequena baía ou parte de grande extensão de água, protegida natural ou artificialmente das ondas grandes e correntes fortes, que serve de abrigo e ancoradouro a navios, e está provida de facilidades de embarque e desembarque de passageiros e carga (MICHAELIS, 2019).

No mesmo sentido, Bisogno *et al.* (2015), configuram os portos como peça-chave de competitividade em um contexto de integração econômica e globalização, com profundas mudanças nos modelos de organização industrial e aumento da concorrência dos mercados internacionais, sendo uma característica importante a sua capacidade de estoque temporário de mercadorias e a existência de instalações apropriadas para a movimentação de pessoas e cargas ao redor do setor portuário (BISOGNO *et al.*, 2015).

Para Silva (2010), as principais funções de um sistema portuário, diante os desafios na busca de uma operação portuária eficiente, podem ser defendidas como:

- Prover facilidades adequadas e eficientes para o escoamento das cargas;
- Promover acesso marítimo adequado aos navios visando atender ao mais eficiente ciclo operacional dos mesmos;
- Garantir a segurança dos navios no acesso e na saída, no interior da bacia portuária bem como a segurança da vida dentro dos limites do porto;
- Garantir adequada e eficiente proteção ao meio ambiente.

Na prática, no Brasil, o sistema portuário é um dos mais tradicionais segmentos da economia nacional, tendo origem nos primórdios da colonização do país, dado que o transporte aquaviário era utilizado para comercializar mercadorias entre a colônia e Portugal (MICHAELIS, 2019).

### 2.1.1 Formas de exploração dos portos

De acordo com Mayer (2009), há três modalidades de transferência da operação das áreas portuárias públicas para o setor privado, que revelam a visão mais privativista da nova legislação do setor:

- ❑ **Concessão da administração portuária:** Na concessão, a licitação é realizada na modalidade de concorrência e, nesse caso, a exploração de portos públicos poderá ser exercida por qualquer entidade privada que vencer a licitação.
- ❑ **Qualificação e atuação de operadores portuários privados:** Nessa forma, há um ato administrativo da autoridade portuária, para cumprimento de normas, para a qualificação e para a prestação de serviços de movimentação de cargas, efetuados exclusivamente pelos operadores privados;
- ❑ **Arrendamento de áreas e instalações portuárias:** A exploração de atividades portuárias é efetuada com seleção por meio de licitação nas modalidades de concorrência ou leilão, exceto quando o interessado for titular do domínio útil da área, caso em que necessitará de autorização apenas na Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ).

### 2.1.2 Agentes Portuários

Galani (2015) cita como os principais atores públicos e privados introduzidos pela Lei de Modernização dos Portos:

- ❑ **Autoridade Portuária (AP):** Administra o porto organizado, cuida do investimento e manutenção da infraestrutura portuária e de acessos, planejamento estratégico do porto, promoção e marketing, fiscalização dos operadores portuários privados na execução dos contratos, regulação e controle etc.;
- ❑ **Conselho da Autoridade Portuária (CAP):** É composto por 26 membros em quatro blocos de atores participantes do porto: o Bloco do Poder Público, o dos Operadores Portuários, Bloco da Classe dos Trabalhadores Portuários e o Bloco dos Usuários dos Serviços Portuários. Note-se que o CAP é um órgão com múltipla representação de interesses interferindo sobre concessionários privados e sobre definição de estratégia, regulação e fiscalização.
- ❑ **Operador Portuário (OP):** É o órgão executivo de gerência, fiscalização, regulamentação, organização e promoção da atividade portuária. Dele depende a gestão de recursos humanos efetivos e prestadores de serviços, atividade realizada pelo Órgão Gestor de Mão de Obra;
- ❑ **Órgão Gestor de Mão de Obra (OGMO):** Administra a contratação, a escala e a alocação de trabalhadores portuários e de trabalhadores portuários avulsos;
- ❑ **Companhias Docas (CD):** Empresas públicas estaduais que, mediante delegação por parte do Ministério dos Transportes, assumem o papel de autoridade portuária nos portos sob sua jurisdição.

### 2.1.3 Modelos de Administrativa Portuária por função

No Brasil, existem portos com titularidade pública federal, estadual, municipal e privada, sendo predominante o modelo Público Federal como as Companhias Docas, sociedade de economia mista com capital majoritário da União. Os portos públicos podem ser operados por concessão a empresa pública ou privada mediante prévia licitação. Já as instalações portuárias de uso privativo dependem unicamente de autorização por parte do poder público para que operem (SALGADO, 2012).

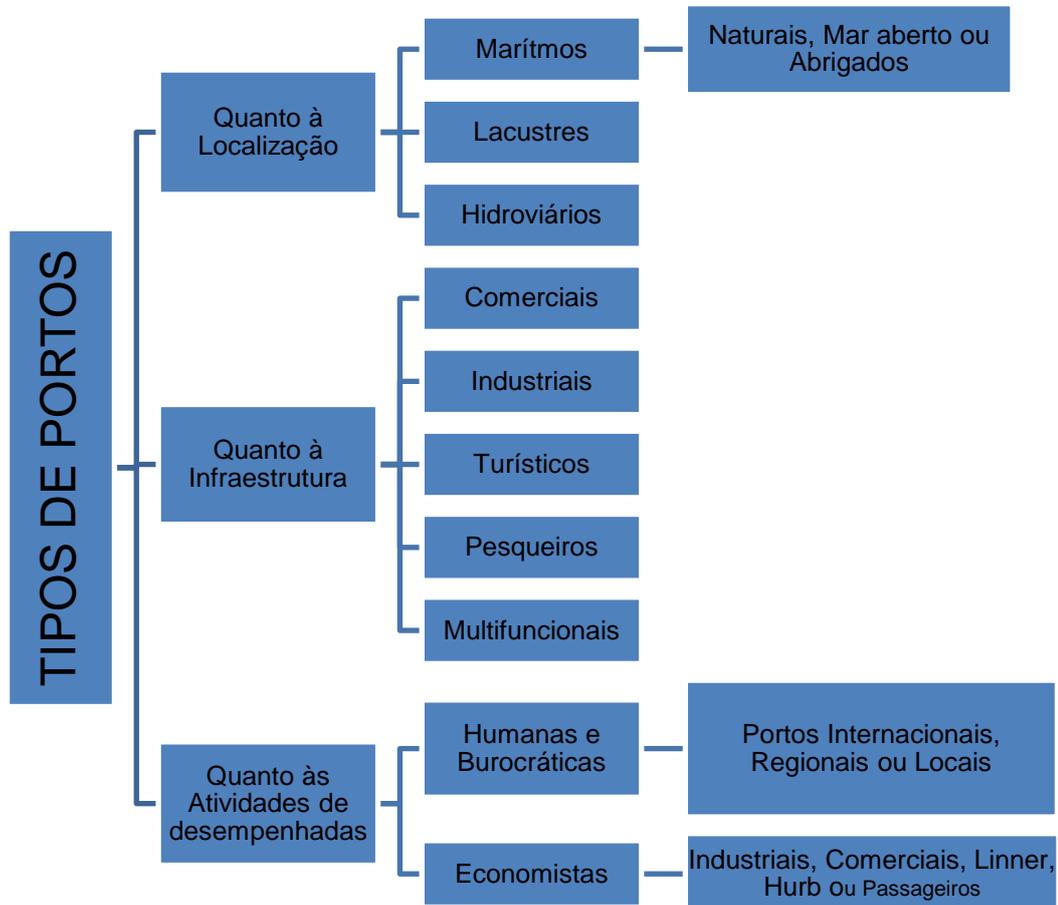
Destes, os principais modelos administrativos, são classificados abaixo conforme (ALFREDINI; ARASAKI 2014)

- ❑ **Public Service Port:** Este modelo é caracterizado como um porto predominantemente público em que a Autoridade Portuária é proprietária do terreno, de todos os ativos e desenvolve todas as funções portuárias. Neste tipo de modelo, um único órgão é responsável pela gestão e pelas operações, realizando funções de regulação, desenvolvimento da infraestrutura, superestrutura e executando as atividades operacionais, em que os serviços de manipulação da carga são realizados por operadores diretamente ligados à Autoridade Portuária. Esse tipo de porto é controlado pelo Ministério dos Transportes, e o principal ponto forte desse modelo é a concentração da responsabilidade em uma única entidade.
- ❑ **Toll Port:** Este modelo é caracterizado pela divisão das atividades operacionais, em que a Autoridade Portuária é proprietária e desenvolve a infraestrutura e superestrutura do porto. Os equipamentos de propriedade da Autoridade Portuária são operados pelos próprios empregados, enquanto as operações de cais e pátio são executadas por empresas privadas.
- ❑ **Landlord Port:** Neste modelo, a Autoridade Portuária, como representante público, mantém a titularidade do porto e arrenda os terminais para operadores privados. A manutenção da infraestrutura básica do porto, incluindo aspectos como acessos viários, canais de navegação, sinalização marítima e berços de atracação, é responsabilidade da Autoridade Portuária, enquanto os operadores privados são responsáveis por adquirir, instalar e operar os próprios equipamentos, facilitando o atendimento às demandas operacionais de mercado. Esse modelo foi o adotado pelo governo brasileiro para a exploração do Sistema Portuário Nacional.
- ❑ **Private Service Port:** Neste modelo, o porto é inteiramente administrado pelo setor privado, sendo este o responsável tanto pela gestão quanto pelas operações portuárias. As instalações privadas, denominadas TUP (Terminais de Uso Privativo), devem estar devidamente autorizadas pelo poder público.

#### 2.1.4 Infraestrutura e Organização Portuária

A infraestrutura portuária é composta pelos ativos fixos, sobre os quais é realizada a movimentação de cargas entre os navios e os modais terrestres. Os componentes da infraestrutura são imobilizados, isto é, não podem facilmente ser colocados em uso em outros lugares ou em outras atividades (LACERDA, 2015). Barros (2013) classifica os portos em três

tipologias: quanto à localização, quanto à infraestrutura e quanto à atividade, conforme mostra a figura 1.



**Figura 1:** Resumo da classificação dos Portos.

**Fonte:** Adaptado de BARROS (2013).

De acordo com Barros (2013), os portos classificados quanto à sua localização estão subdivididos em:

- ❑ **Portos Costeiros ou Litorâneos:** São os que estão localizados em contato com o mar, e podem ser subdivididos em Portos Naturais, Portos de Mar Aberto e Portos Abrigados;
- ❑ **Portos Lacustres:** São os que estão localizados em contato com lagos e com o mar através de canais de navegação;
- ❑ **Portos Hidroviários:** São os que estão localizados em rios.

Quanto à infraestrutura, Barros (2013) classifica os portos em:

- ❑ **Portos Comerciais:** São aqueles que se limitam a receber e distribuir mercadorias, sem desenvolver atividades especializadas;
- ❑ **Portos Industriais:** São aqueles que desenvolvem atividades de movimentação de produtos (matéria-prima ou semiacabados) para abastecimento da indústria;
- ❑ **Portos Turísticos:** São aqueles voltados para atividade de turismo e entretenimento;
- ❑ **Portos Pesqueiros:** São aqueles utilizados para o manejo de mercadorias pesqueiras;
- ❑ **Portos Multifuncionais:** São aqueles que movimentam diversos tipos de cargas.

Barros (2013) classifica ainda os tipos de portos quanto às atividades desempenhadas, sendo:

- ❑ **Portos de atividades humanas e atividades burocráticas:** Portos internacionais, portos regionais e portos locais;
- ❑ **Porto de atividades econômicas:** Porto industrial, porto comercial, porto *linner* (utilizados para paradas de navios, segundo uma programação preestabelecida pela empresa de navegação), porto de passageiros (ou turístico) e porto *hub* (portos concentrados).

Lacerda (2015) defende que a infraestrutura terrestre permite o transporte de bens entre os navios e os limites da área do porto por meio não só de vias ferroviárias e rodoviárias, dutos e correias transportadoras, mas também dos pátios dos terminais de embarque e de desembarque de cargas e de passageiros e dos pátios das áreas de armazenagem.

A ANTAQ (2013) apresenta a caracterização das instalações portuárias da seguinte forma:

- ❑ **Terminal portuário:** É a menor unidade em que o porto é dividido e tem, geralmente, especialização em alguns tipos de navios ou cargas. Os terminais ou conjuntos de berços do porto são classificados de acordo com seu uso ou nível de especialização, podendo existir terminais de contêineres e de *roll on roll off* (veículos), de granéis sólidos (grãos, açúcar, minérios e fertilizantes), terminais de carga geral não containerizada (produtos refrigerados, siderúrgicos, papel e

celulose), terminais de graneis líquidos, terminais de múltiplo uso e, finalmente, terminais não especializados;

- ❑ **Berço de atracação:** Cada terminal possui no mínimo um berço de atracação, também denominado Cais ou Píer de atracação, que é uma espécie de plataforma onde é efetuado embarque e desembarque de passageiros e/ou cargas. Eles diferem em profundidade e extensão e, por isso, comportam diferentes tipos e tamanhos de navios;
- ❑ **Instalações de estocagem:** Os portos contam com instalações de estocagem como pátios ou armazéns de carga geral, de cargas frigoríficas, de grãos, silos, pátios de contêineres e de veículos, e outros; são locais destinados à acomodação de cargas a serem embarcadas ou desembarcadas. Essas instalações diferenciam-se pela área, localização, destinação, capacidade estática, alturas de empilhamento e equipamentos de manuseio;
- ❑ **Equipamentos portuários:** São as estruturas destinadas à movimentação, embarque, desembarque de cargas e pessoas, como os guindastes, empilhadeiras, transportadores, correias, tubulações, os terrenos utilizados para a movimentação de cargas, as esteiras, os carregadores de navios (*shiploaders*), tratores de terminal, caminhões, reboques, *reach stackers* e transtêineres, carretas, elevadores e outros, com as respectivas capacidades nominais;
- ❑ **Recepção rodoferroviária:** São as formas de recepção das cargas, podendo receber quantidades diferentes de veículos ao mesmo tempo, considerando-se os tipos e tamanhos que frequentam o terminal e o modal de transporte utilizado.

### 2.1.5 Sistema de Segurança Portuária Brasileiro

O sistema de segurança portuária tem o objetivo de oferecer um ambiente livre de atos criminais de qualquer tipo, como terrorismo, roubos, sabotagem, entre outros. Porém, a implantação desse sistema pode acarretar alterações na cadeia logística, sendo que o sistema de segurança implantado deve estar adequado com as exigências dos departamentos de polícia e os departamentos de segurança marítima, prevenindo, detectando, detendo e minimizando riscos de segurança (DAVID, 2016).

De fato, as instalações da segurança portuária devem causar o menor número possível de interferências na logística de transporte, devendo ser controlado o acesso às instalações portuárias, a ancoragem e atracação, áreas restritas, e também haver supervisão no manuseio das cargas e lojas dos navios e a garantia da comunicação de segurança, como também se dispor de um plano de instalações portuárias (MILESKI, MEJIA, FERRELL, 2015).

O Sistema de Segurança Portuária Brasileiro é regido por diferentes normas, se destacando entre elas o IPSP *Code*, o Plano de Segurança Pública (PSPP), o Plano Nacional de Segurança Pública Portuária (PNSPP), o Decreto N° 6.759/09 das Atividades Aduaneiras, a Portaria RFB N°3.518/11 sobre Alfandegamento, entre outras (RAZALI; DAHALAN, 2012).

#### 2.1.5.1 Código ISPS

No Brasil, as inspeções dos terminais e as concessões dos certificados são responsabilidades da Comissão Nacional de Segurança Pública nos Portos, Terminais e Vias Navegáveis (CONPORTOS), seguindo o código internacional passado pela *Organização Marítima Internacional* (IMO). O *International Ship and Port Facility Security Code* (ISPS Code), Código Internacional para Segurança de Navios e Instalações Portuárias, é uma norma internacional de segurança para controle de acessos e monitoramento. Suas medidas foram adotadas pelo Brasil em dezembro de 2002 pela IMO a partir de sua 22ª Assembleia/IMO, em resposta ao atentado do dia 11 de setembro aos EUA (RAZALI; DAHALAN, 2012).

Esse código consiste em duas partes, uma parte obrigatória (A) e a outra (B) recomendável. Para David (2016), as duas medidas se referenciam a navios de passageiros, navios de carga de mais de 500 GT ou mais, bem como instalações portuárias que atendam navios internacionais, viagens e unidades móveis *offshore*. A parte A do *ISPS Code* está relacionada às responsabilidades e obrigações das diferentes esferas do governo envolvidas na segurança (Estados-Membros, companhias de navegação, capitães e instalações portuárias). A parte B leva em consideração a pós-implementação do Capítulo XI-2 da SOLAS (Convenção Internacional para Salvaguarda da Vida Humana no Mar) e as disposições da Parte A, uma vez que a Parte B é apenas recomendável (DAVID, 2016).

O ISPS Code segue basicamente as seguintes exigências:

- ❑ Estabelecimento de maior controle de entrada e saída de pessoas e veículos nas instalações portuárias;
- ❑ Delimitação do perímetro do porto;
- ❑ Instalação de sistema de vigilância dos limites do porto e do cais;
- ❑ Necessidade de cadastramento das pessoas e veículos que entram na instalação portuária.

#### *2.1.5.2 PSPPP E PNSPP*

De acordo com Carvalho (2014), o PSPP – Plano de Segurança Pública Portuária dos portos foi elaborado seguindo as provisões e recomendações do ISPS Code, de acordo com exigências da Resolução nº 2 da Conferência Diplomática sobre proteção marítima, seguindo a IMO. Já o PNSPP – Plano Nacional de Segurança Pública Portuária, aprovado pelo CONPORTOS, em 02 de dezembro de 2002, foi adotado como a diretriz essencial para o aperfeiçoamento do sistema e segurança da portaria brasileira, integrando estas legislações da segurança portuária nacional.

O PNSPP deve estabelecer todas as medidas de segurança aplicável a toda a área portuária, e incluirá tudo o que for necessário para a coordenação de todos os planos de segurança para instalações portuárias existentes no Porto. É viável que esse plano seja realizado com a participação de todas as entidades (DAVID, 2016).

#### *2.1.5.3 Decreto Nº 6.759/09 – Atividades Aduaneiras*

O Decreto nº 6.759/09 consolida a legislação sobre a administração das atividades aduaneiras, a fiscalização, o controle e a tributação das operações de comércio exterior. Em seu art. 2º, estabelece que se considera como “território aduaneiro” todo o território nacional, isto é, todo o Brasil, sendo passível de ocorrência de operações de comércio exterior e consequentemente, de atuação da portaria da Receita Federal do Brasil (RFB) (BRASIL, 2009).

#### 2.1.5.4 Portaria RFB N°3.518/11 – Alfandegamento

O art. 2º da Portaria RFB n°3.518/11, que estabelece requisitos para o alfandegamento de recintos, determina que o ato de se alfandegar um recinto consiste na autorização, por parte da RFB, para que as operações de trânsito de veículos, pessoas e mercadorias, inclusive sob regime aduaneiro especial, ocorram sob controle aduaneiro (BRASIL, 2011).

Para um porto operar, ele precisa receber uma certificação de Alfandegamento da RFB. Para isto, precisa atender às exigências do ADE-02 (Ato Declaratório Executivo), resumidas abaixo:

- Monitoramento por câmeras em toda a área alfandegada;
- Relatórios disponibilizados via web contendo toda a movimentação de pessoas, veículos e carga no Porto;
- Controle de pesagens/peso declarado para importação e exportação.

#### 2.1.5.5 Outras regulamentações

Em uma breve citação das leis e normas que regulamentam os portos brasileiros, Kappel (2016) destaca as seguintes regulamentações:

- A **Constituição Federal de 1988**, elencando portos entre serviços públicos (art.175);
- Lei 8630/93**, “Lei da modernização dos portos”, estabelecendo dois tipos de instalação portuária: terminais de uso público e de uso privativo;
- Lei 10.233/2001**, criando a ANTAQ e ANTT, para implementar políticas públicas traçadas;
- Lei 11.518/2007**, a qual cria a SEP/PR para assessorar a PR na formulação de políticas e diretrizes para o fomento do setor de portos e terminais portuários

marítimos, promover a execução e avaliação de medidas de apoio ao desenvolvimento de infraestrutura;

- ❑ **Decreto 6.620/2008**, que estabelece formas de exploração dos portos e instalações portuárias de uso público ou privativo. Regula a concessão de portos organizados.

## 2.2 Indústria 4.0

A proposta dos modelos de Indústria 4.0 foi lançada na Alemanha durante a Feira de Hannover em 2011, com o objetivo de fortalecer a competitividade do setor de manufatura e tornar o país pioneiro na produção, apresentando uma nova realidade onde tudo está conectado para que as melhores decisões possam ser tomadas, tudo sob demanda e em tempo real (SCHWAB, 2016).

Por certo, a Indústria 4.0, ou 4ª Indústria, é uma expressão que engloba um conjunto de tecnologias para automação e troca de dados e prevê a digitalização ou virtualização dos processos de manufatura de uma organização, permitindo a fusão do mundo físico, digital e biológico (TAMASHIRO, GANAKA, CARDOSO, 2016). Nesse cenário, pode-se afirmar que a abordagem principal da Indústria 4.0 seja equipar futuros produtos e sistemas de produção com sistemas embarcados, baseados em sensores e atuadores inteligentes para possibilitar a comunicação e o controle de operação inteligente (ANDERL, 2015).

Brettel *et al.* (2014) complementam que, ao incluir Sistemas Físico-Cibernéticos, a comunicação avançada entre máquinas é o mesmo que o seu diálogo com os seres humanos, demonstrando assim, a possibilidade de uma produção totalmente automatizada e autônoma, sem intervenções humanas.

Não somente, Ang, Goh e Li (2016) defendem que a indústria 4.0 está fortemente focada na melhoria contínua em termos de eficiência, segurança, produtividade das operações e especialmente no retorno do investimento, sendo várias as tecnologias e tendências facilitadoras disponíveis consideradas como os principais pilares da indústria inteligente: *Internet of Things and Services* (IoT e IoS), *Sistemas Cyber-Physical* e *Big-Data*.

### 2.2.1 Internet of Things and Services (IoT e IoS)

Para Sing, Tripathi e Jara (2014), a *Internet of Things* (IoT) (Internet das coisas) é a convergência da Internet com RFID, sensores e objetos inteligentes. Para esses autores, ela pode ser definida como "coisas pertencentes à *Internet*" visando fornecer e acessar todas as informações do mundo real. De fato, espera-se que bilhões de dispositivos estejam associados a esse sistema e que exijam enorme distribuição de redes, bem como o processo de transformar dados brutos em inferências significativas. Tem sido a maior promessa da tecnologia atual, mas ainda falta um mecanismo novo, que pode ser percebido através das lentes da *Internet*, coisas e visão semântica.

Praticamente, na IoT, sensores e atuadores se misturam perfeitamente ao ambiente que nos rodeia, e as informações são compartilhadas entre plataformas para desenvolver uma imagem operacional comum, impulsionada pela recente adaptação de uma variedade de tecnologias sem fio capacitadores, como etiquetas RFID e sensores incorporados e nós de atuadores (ANDERL, 2015).

Para Gubbiet *et al.* (2013), a IoT saiu da sua infância, sendo a próxima tecnologia revolucionária na transformação da Internet em uma Internet do Futuro totalmente integrada. De tal forma, à medida que passa de *www* (*web* de páginas estáticas) para *web2* (redes sociais) e para *web3* (*ubiquitous computing web*), a necessidade de dados sob demanda usando consultas intuitivas sofisticadas aumenta significativamente.

A partir de então, as organizações podem passar a usar a *Internet* para construir e fornecer um grande número de novos tipos de serviços, que estão disponíveis na *Web* em separado, combinados e ligados entre si, resultando em serviços agregados de valor acrescentado (LIN, CHEN, YANG, 2016). Esta nova abordagem por *Internet of services* (IoS), a evolução natural da IoT, com conectividade e interação das coisas criando serviços de valor perceptível para o cliente, tem sido um dos mais fortes suportes da revolução que vem abrindo um mundo de oportunidades e desafios (COSTA, 2017).

### 2.2.2 Sistemas Cyber-Physical

Forschungsunion (2013) apresenta os *Cyber-Physical Systems* (CPS) como sistemas que integram computação, redes de comunicação, computadores embutidos e processos físicos interagindo entre si e influenciando-se mutuamente, sendo o resultado da evolução tecnológica dos computadores, dos sensores e das tecnologias de comunicação que, ao evoluírem no sentido de maior agilidade, capacidade de processamento e preços cada vez mais acessíveis, tem permitido a sua conjugação de forma efetiva e em tempo real.

Ao se considerar as redes de comunicação apenas como um poderoso facilitador, o coração dos *Cyber-Physical Systems* são os sistemas de computação embarcados (*Embedded Systems*), caracterizados como sistemas de processamento de informação incluídos em outros produtos ou equipamentos principais (FORSCHUGSUNION, 2013).

A partir de então, as tarefas que eram desempenhadas por sistemas dedicados apenas à aquisição de informação proveniente da automação tradicional podem ser transferidas para estes novos sistemas com dimensões e performance ajustada às novas necessidades, sendo que os sistemas, tais como os conhecemos, tendem a desaparecer criando espaço para um novo conceito de *Ubiquitous computing* (Computação omnipresente) (COSTA, 2017).

### 2.2.3 Big-Data

Já o *Big Data* se refere a conjuntos de dados complexos e de grande volume, com várias fontes autônomas, que tem um rápido desenvolvimento de redes, armazenamento e capacidade de coleta de dados, que está se expandindo em todos os domínios da ciência e engenharia, incluindo as ciências físicas, biológicas e biomédicas (WU *et al.*, 2014).

Dumbill (2013) traz a definição precisa de *big data* como um dado que excede a capacidade de processamento dos sistemas de banco de dados convencionais, sendo que os mesmos são muito grandes, muito rápidos ou não se encaixam nas restrições de suas arquiteturas de banco de dados. Assim, para obter valor a partir desses dados, deve-se escolher uma maneira alternativa de processá-los.

Contudo, é preciso muita atenção quanto à privacidade e ao direito da informação, pois a tendência atual é que, com o *Big Data*, as fronteiras entre dados públicos e privados diminuam significativamente e as organizações que forem capazes de dominar todos esses dados e informações, dominarão o mercado mundial público e privado (DORÓ *et al.*, 2018).

### 2.3 Porto 4.0

Para Lamas *et al.* (2018), um Porto 4.0 é o porto do futuro. Esses autores defendem que o modelo atual de negócio dos portos está em evolução, pois vive-se em tempos de inovação, em que todos os setores estão à procura da integração de serviços e plataformas que tirem partido das vastas possibilidades criadas pelo mundo digital.

Constatou-se que, durante a década de 90, o processo de modernização dos portos promovido pela Lei 8630/93 desencadeou avanços consideráveis, permitindo a expansão da participação privada, a queda de preços de serviços portuários e o aumento da oferta, sendo que atualmente o setor portuário ainda representa um inequívoco gargalo ao desenvolvimento econômico (SALGADO *et al.*, 2012).

No entanto, de acordo com Morais e Monteiro (2016), o avanço de sistemas inteligentes adotados de tecnologias digitais em todos os segmentos industriais no mundo já reflete no setor portuário brasileiro, sendo que os sistemas desse segmento têm boas expectativas e projetam manter crescimento nos processos e serviços.

De fato, integrando a Indústria 4.0, os sistemas portuários atuais devem apostar no desenvolvimento de *softwares* e serviços automatizados e integrados para reduzir custos, aumentar a eficiência, a produtividade e a competitividade. Devem ser desenvolvidas soluções cognitivas com foco na produtividade e na redução de custos de todos os intervenientes da cadeia: agentes de carga, exportadores, importadores e despachantes aduaneiros. Todas as soluções integradas, de maneira inteligente, devem prover informações online e em tempo real a serem distribuídas pela cadeia, permitindo a rápida tomada de decisões tanto pela indústria quanto pelo prestador de serviços (FRUT; TEUTEBERG, 2017).

Para Forschungsunion (2013), as tecnologias da informação e de automação cada vez mais integradas animam desenvolvedores e integradores de sistemas, evoluindo para um fator

de sucesso indispensável para a competitividade portuária, facilitando a comunicação e tomada de decisões para aumentar a visibilidade, produtividade, eficiência, e segurança nos procedimentos portuários que são afetados por várias condições. Além disso, uma melhor integração dos órgãos governamentais para padronizar e harmonizar as formalidades de apresentação de relatórios torna-se cada vez mais importante.

Conforme aponta Koch (2014), não somente os portos, mas as cidades portuárias, ainda residem na cooperação entre tráfego integrado, infraestrutura e dados que atualmente ainda são coordenados por pessoas. No entanto, espera-se que o compartilhamento de informações digitais melhore os processos, sendo que o maior desafio que se coloca à frente das cidades e portos inteligentes é a transparência.

Têm-se os dados, mas não há estrutura para o quê e quanto compartilhar com terceiros. Nesse sentido, em busca dos Portos Digitalizados, esforços estão sendo feitos para revitalizar os sistemas portuários, sendo ainda necessário desenvolver várias políticas e tecnologias relacionadas à indústria 4.0 (SCHWAB, 2016).

### 2.3.1 Digitalização Portuária

Entende-se que o ingresso ao Porto 4.0 e às vantagens competitivas e propostas de valor diferenciadas na atividade portuária dependem, entre outros fatores, da digitalização, e as soluções tecnológicas de vanguarda são incontornáveis para uma nova realidade de ecossistemas portuários e logísticos, servidos por sistemas em rede hiperconectados (LAMAS *et al.*, 2018). De fato, o desenvolvimento de um novo conceito de digitalização portuária a nível nacional vai permitir elevar os portos a uma nova era de digitalização das redes multimodais (SIMÃO, 2018).

Efetivamente, os desenvolvimentos passados mostram como a inovação digital pode moldar a modernização dos portos, sendo que, a partir de uma metaperspectiva, os governos e os formuladores de políticas exigem informações acessíveis e confiáveis, como para atender às exigências regulatórias relacionadas à importação, exportação e transbordo (WIEGMANS, HOEST, NOTTEBOOM, 2015). De tal modo, uma infinidade de sistemas de informação e tecnologias tem sido adotada nas operações portuárias nas últimas décadas, permitindo que cada

vez mais transações sejam realizadas eletronicamente, trazendo benefícios seguros, operacionais e ambientais (HEILIG; VOß, 2017).

No entanto, para Lakshimi (2019), os desafios macros mais amplos enfrentados pelo setor de portos e terminais, incluem a regionalização dos fluxos comerciais, a interrupção do mercado de trabalho, mudanças regulatórias, padrões comuns de análise de dados, auxílio estatal e investimento privado, o surgimento de novos modelos de negócios, colaboração competitiva e a sustentabilidade.

Constatou-se que vários são os catalisadores que impulsionam o surgimento de iniciativas de digitalização nos Portos e terminais globais. Por um lado, os processos estão se tornando cada vez mais complexos, dando origem a uma necessidade de digitalizar fluxo de dados e informações. Por outro, a análise e a troca de dados tornam-se diferenciais importantes para a introdução de Portos 4.0, providenciando em tempo real visibilidade e controle (THOMAS, 2018).

### 2.3.2 Perspectiva de Aplicação Digital nos Portos

Entende-se que a transformação digital nos portos leva a mudanças extensas em todas as áreas de criação de valor, resultando em processos de produção mais eficientes, maior foco no cliente e novos modelos de *marketing* e negócios, ou, em outras palavras, em eficiência, agilidade e inovação, sendo que algumas organizações portuárias já estão investigando desenvolvimentos que lhes oferecem uma vantagem sobre seus concorrentes (GOOLBERG, 2014).

No entanto, enquanto a maioria das partes interessadas no setor portuário ainda está discutindo termos como IoT, *Big Data*, *Analytics*, computação móvel e computação em nuvem, veem-se as primeiras implementações dos Portos 4.0 no mundo (CHO, 2018).

Para Costa (2017), o impacto da Indústria 4.0 vai muito além da simples digitalização, passando por uma forma muito mais complexa de inovação baseada na combinação de múltiplas tecnologias, que forçará a organização a repensar a forma como gerem os seus negócios e processos, como se posicionam na cadeia de valor, como pensam no desenvolvimento de novos produtos e os introduzem no mercado, ajustando as ações de

*marketing* e de distribuição. É preciso perceber que as alterações irão se verificar em ambos os lados da cadeia de abastecimento, tanto no nível das exigências dos clientes como no dos parceiros de negócio.

No Porto de Hamburgo, por exemplo, a Autoridade Portuária de Hamburgo (HPA) iniciou o projeto *SmartPORT Logistics* (SPL), em 2010, com o objetivo de melhorar os fluxos de tráfego e cargas dentro da área portuária, investindo em modernos sistemas de informação e infraestrutura portuária. A ideia principal do SPL foi integrar dois centros de controle de tráfego (rodoviário, marítimo, ferroviário) num centro de tráfego principal que permitisse a tomada de decisões e a interação contínua com atores envolvidos ativamente em atividades de transporte com base em dados em tempo real. Isso incluiu uma integração do gerenciamento de tráfego e infraestrutura, permitindo, assim, rotear os fluxos de tráfego de acordo com a situação do tráfego na porta. Com isso, o porto de Hamburgo conquistou melhoria na acessibilidade, implantando pontos de acesso de rede sem fio (SCHWARZE, HEILIG, VOß, 2017).

Rumo ao Porto 4.0, de acordo com Schwarze, Heilig e Voß (2017), a Baía do Porto de Algeciras, na Espanha, também impulsionou um programa de digitalização: o *Algeciras BrainPort 2020* (ABP 2020), desenvolvido para soluções de dados para a reengenharia de processos e ferramentas de gerenciamento. No mesmo contexto, algumas outras autoridades portuárias e operadores de terminais também desenvolveram alguns aplicativos para melhorar os fluxos de informações.

Evidentemente, ao mesmo tempo que se vê o sucesso dessas iniciativas, elas são bastante dependentes da disposição da participação dos seus autores. É notável que, enquanto a troca tradicional de informações permite aos atores realizar atividades e decisões de forma quase autônoma, novas abordagens dos portos 4.0 exigem uma colaboração ativa e contínua entre o porto e os atores envolvidos para contribuir parcialmente para o bem comum. Embora isso cause não apenas entusiasmo, fica claro que os portos precisam continuar trabalhando em soluções para se tornarem desenvolvidos (CHO, 2018).

### **3. METODOLOGIA**

#### **3.1 Classificação da Pesquisa**

O presente estudo se classifica com uma pesquisa de cunho exploratório-descritivo com abordagem qualitativa, na modalidade estudo de campo, fundamentada por pesquisas bibliográficas, uma vez que busca explorar os conceitos de Portos 4.0 e de digitalização portuária com a finalidade de propor um modelo de análise e digitalização portuária.

Como o próprio nome indica, a pesquisa exploratória permite uma maior familiaridade entre o pesquisador e o tema pesquisado, visto que este ainda é pouco conhecido, pouco explorado. Por ser uma pesquisa bastante específica, pode-se afirmar que ela assume a forma de um estudo de caso, sempre em consonância com outras fontes que darão base ao assunto abordado (DUARTE, 2017).

A pesquisa descritiva tem por objetivo descrever as características de uma população, de um fenômeno ou de uma experiência. Esse tipo de pesquisa estabelece relação entre as variáveis no objeto de estudo analisado. Variáveis relacionadas à classificação, medida e/ou quantidade que podem se alterar mediante o processo realizado (DUARTE, 2017).

Paiva, Leão, Mello (2010) classificam uma pesquisa sendo de teor qualitativo quando os dados analisados visam descrever a qualidade ou estado do objeto de estudo e tem seus próprios critérios de rigor científico que asseguram a legitimidade dos dados gerados em sua utilização. Nessa abordagem, valoriza-se o contato direto e prolongado do pesquisador com o ambiente e a situação que está sendo estudada.

O estudo de campo examina um único grupo ou comunidade em termos de sua estrutura social, ou seja, ressaltando a interação de seus componentes. Assim, esse estudo tende a utilizar muito mais técnicas de observação do que de interrogação. Procura muito mais o aprofundamento das questões propostas. Ele se dá quando há um grupo definido de pessoas, e se vai aplicar o instrumento e realizar observações pessoalmente (GIL, 2008).

Gil (2008) considera uma pesquisa bibliográfica quando a sua fonte de dados é composta por materiais que já foram publicados, como artigos científicos, livros ou teses. Já a pesquisa exploratório-descritiva, é considerada pelo mesmo autor quando o seu foco é trazer um melhor conhecimento sobre o objeto de estudo para, a partir de então, torná-lo mais visível ou até levantar hipótese sobre o mesmo.

### 3.2 Técnica da Pesquisa

Para composição teórica foram utilizados elementos bibliográficos, como artigos científicos, livros, dissertações e teses. Tal procedimento se deu através de buscas para identificação de produções científicas utilizando-se como bases de pesquisa o *Scopus*, *ScienceDirect*, *SciELO* e *Web of Science*, pelo período de publicação nos últimos 10 anos (2009-2019).

Como palavras-chave foram definidas: Indústria 4.0, Porto 4.0, Digitalização dos Portos, *Framework* Portuário, seguindo para estratégia de pesquisa a *string*: ( *TITLE-ABS-KEY ( seaport OR harbor OR port OR Anchorage OR harborage or maritime ) AND TITLE-ABS-KEY ( Industry 4.0 OR port 4.0 OR digitalizat\* OR IoT OR “internet of Things” ) AND TITLE-ABS-KEY ( port framework ) AND NOT TITLE-ABS-KEY ( vessel ) AND PUBYEAR > 2009* ).

### 3.3 Procedimentos Técnicos

O primeiro passo para composição desta dissertação correspondeu a revisão completa da literatura sobre portos na indústria 4.0, a partir de uma perspectiva. Por meio dos procedimentos de pesquisa bibliográfica, procurou-se identificar na literatura fundamentação para a formulação e definição das fronteiras do problema de pesquisa. Através da pesquisa bibliográfica, foram levantados os elementos de análise do modelo de *Framework* proposto.

Em segundo lugar, levou-se em consideração a vivência e atuação como Gerente de Projetos de TI, do autor, durante 4 anos no Terminal Multicargas do Porto do Açu (T-MULT), situado em São João da Barra/RJ, na região Norte Fluminense, o qual pretende ser o maior

empreendimento de infraestrutura multimodal das Américas, idealizado segundo o moderno conceito de integração porto-indústria, tendo como Plano Diretor o desenvolvimento de diversos empreendimentos/terminais dentro de 90 Km<sup>2</sup> de área, firmando-se como um eficiente conexão das demandas brasileiras com o comércio internacional, e que serviu como campo base para análise dos processos dos terminais portuários.

Também se levou em consideração a vivência e atuação como Gerente de Projetos de TI, do autor, durante 2 meses no Porto do Pecém, que é um terminal portuário da costa do Nordeste brasileiro, estilo "*OFF SHORE*", localizado em um acidente geográfico denominado "Ponta do Pecém", local onde foram construídas as obras do terminal portuário, no distrito de Pecém no município de São Gonçalo do Amarante situado no litoral oeste do estado do Ceará, dentro da Região Metropolitana de Fortaleza a cerca de 60 quilômetros.

No Porto do Açú e no Porto do Pecém, observações diretas e participação dos projetos de implementação foram realizados. Houve uma interação cotidiana com diferentes agentes portuários, entre eles: transitários, autoridades portuárias e operadores. No período de vivência, pôde-se adquirir informações aprofundadas acerca do funcionamento portuário, diante da perspectiva de atores que atuam nos principais setores internos, contribuindo no seu dia a dia para a ocorrência de mudanças na política que permeia o subsistema, podendo-se identificar: i) os procedimentos internos e gargalos dos processos dos terminais portuários; ii) o nível de investimento em novas tecnologias; iii) o recebimento e tratamento dos dados operacionais com vistas à orientação do processo de digitalização.

Todas as informações coletadas por meio dos processos descritos acima foram a base dos conteúdos apresentados neste trabalho, com composição nas observações realizadas na formulação conceitual inicial e no levantamento realizado junto aos terminais portuários.

### **3.4 Características do Objeto de Estudo**

Como resultado esperado, propôs-se um *Framework* de Digitalização Portuária com foco na disseminação do conhecimento, possibilitando auxiliar os gestores a identificar e qualificar o seu posicionamento frente a planejar e coordenar a movimentação física e o fluxo

de informações sobre as operações dos processos terminais portuários e suas necessidades intermodais, buscando aumento de sua eficiência e redução no custo operacional.

Uma estrutura ou um conjunto de princípios norteadores foram descritos de tal forma que forneçam orientação e direção em como conduzir a digitalização portuária, contudo não foi objetivo deste trabalho teorizar a respeito das várias correntes de gargalo logístico portuário, nem tratar das questões que envolvem meios de acesso. Tampouco o desenvolvimento de um modelo ou método, mas sim um *Framework*.

D'avillar (2018) classifica um *Framework* como um conjunto de técnicas, ferramentas ou conceitos pré-definidos usados para resolver um problema de um projeto ou domínio específico. É, basicamente, uma estrutura de trabalho que atua com funções pré-estabelecidas que se adapta à situação e à organização em questão e que são muito úteis para definir estratégias iniciais de processos.

A partir do entendimento de que uma organização é um conjunto de processos, entende-se que é possível e necessário utilizar ferramentas que melhorem o desempenho desses projetos. Ao aperfeiçoar as etapas dos processos, são entregues melhores resultados. A padronização é necessária e útil para muitos âmbitos e sistemas. Os *Frameworks* certamente contribuem para o alinhamento e melhoria de diferentes partes dos incontáveis processos e elementos dentro de uma organização, desde o início até o fim das fases que a movimentam diariamente.

### **3.5 Demanda da Pesquisa**

A partir da busca literária, foi identificada uma escassez de trabalhos acadêmicos que tratem de Portos 4.0 com foco no desenvolvimento portuário, ou seja, elaborando requisitos que promovam a disseminação à introdução de digitalização na era portuária global atual, dificultando o embasamento teórico desta dissertação.

## **4. PROPOSTA DE UM *FRAMEWORK***

Em busca pelo aumento da eficiência e a redução no custo operacional, deve-se compreender a complexidade que representa alterar os processos de terminais portuários. No entanto, o intuito desta proposta foi (1º) identificação de estratégias que possam ser executadas pelos portos, para se tornar um Porto Digitalizado e operacionalmente eficaz e, baseados nelas, (2º) propôs-se um *Framework* de Digitalização Portuária, como também (3º) direcionar cinco estágios para sua implementação.

### **4.1 Estratégias para Transformação de um Porto 4.0**

A transformação digital portuária representa um conjunto de novas oportunidades para o seu desenvolvimento, que nascem graças à evolução tecnológica. Representa uma mudança que não é apenas tecnológica, mas que também implica em dotar os profissionais de novas competências e também implementar inovações organizacionais que afetam tanto os processos como o próprio modelo de negócio e a prestação de serviços.

Essas mudanças estão inter-relacionadas a várias áreas, e reiteram que a transformação sofrida em uma área geralmente necessita de mudança em outras áreas da organização. Por sua vez, as mudanças de objetivos e de estratégias organizacionais são o passo preliminar para as mudanças subsequentes, devendo este processo desenvolver-se a partir de uma perspectiva estratégica abrangente, que deve responder a um processo de construção com base nas identificações de diferentes etapas.

#### **4.1.1 Otimização do Tempo e Custos das operações**

A primeira etapa é deixar claro que o objetivo do gerenciamento de um Porto digitalizado deve ser otimizar o tempo e custo das operações. Com a logística toda automatizada, além de garantir segurança das informações, traz agilidade ao recebimento e

movimentação das cargas, e torna o Porto valorizado pelo seu público alvo: os clientes (exportadores/importadores) e as transportadoras.

Mudar processos e pensar novas opções para o sistema de um Porto 4.0 é um desafio constante para os seus gestores. Porém não é impossível. Existem maneiras de manter a qualidade, melhorar o resultado operacional, otimizar o tempo e não aumentar seus gastos. Com isso, a visão tem que deixar de ser completamente operacional e passar a focar nos processos e no que deve ser feito para melhorá-los.

De fato, os procedimentos logísticos demandam a aplicação de variados meios, como custo, mão de obra e tempo. Ao administrar essas operações, é viável diminuir os custos e aumentar a lucratividade Portuária. Simultaneamente, consegue-se minimizar os desperdícios de tempo e diminuir os gastos relativos aos gargalos.

Por meio do controle e da integração dos Sistemas Portuários, essa se torna uma conjuntura conveniente para aperfeiçoar a execução portuária e preservar a subsistência do sistema no mercado por meio da ampliação da vantagem competitiva.

#### 4.1.2 Controle e Integração dos Sistemas Portuários

O conceito de atividades fragmentadas está sendo alterado para funções portuárias integradas, com uma nova visão de otimização de sistemas da cadeia de distribuição, de modo a serem projetadas operações e serviços adotando critérios que englobem vários elementos da cadeia logística.

Levando-se em consideração que todo o planejamento para um Porto 4.0 é voltado para a criação de um porto moderno, ágil e com informações que circulem de forma rápida, atualizada e de forma integrada, os principais sistemas que suportam um porto e que têm como condição obrigatória os seus dados circulando entre si de forma rápida, atualizada e integrada, são o Sistema de Gestão Portuária, o Sistema de Controle de Acesso, os Circuitos Fechados de TV, o Guindaste - *Crane Data System* e a Balança Rodoviária.

#### 4.1.2.1 Sistema de Gestão Portuária (SGP)

O Sistema de Gestão Portuária (SGP) visa unir o atendimento às normas de forma simultânea para os pontos comuns, como, por exemplo, no processo de aquisição em que deve ser verificado tanto as especificações técnicas como as especificações ambientais e de saúde e segurança no trabalho, além de incluir os valores não contemplados em alguma norma de forma que sejam vistos como um só processo de garantia de qualidade.

O SGP para uma Porto digitalizado, deve ser responsável por toda a logística do mesmo, e está representado na Figura 2.



**Figura 2:** Sistema de Gestão Portuária.

Fonte: Openport (2018).

As suas principais características devem ser:

- Gerenciar a movimentação e armazenamento da carga para importação e exportação;
- Disponíveis para os clientes das informações para os mesmos, para a Receita Federal do Brasil e para a equipe de Segurança e Operação do Porto;
- Agendamento da chegada e saída das cargas por meio rodoviário, pelo cliente;
- Integração com o Controle de Acesso, CFTV, guindastes e balanças rodoviárias.

#### 4.1.2.2 *Sistema de Controle de Acesso (SCA)*

O Sistema de Controle de Acesso (SCA) acontece via plataforma de gestão integrada de segurança e controle de acesso. Operando em ambiente 100% web e com gestão em tempo real, o SCA oferece segurança total do ambiente controlado. Através dele, pode-se gerenciar, monitorar, reduzir custos e tomar as melhores decisões com informações dinâmicas de ponto, acesso, eventos de alarmes, e atue somente nas exceções.

As suas principais características são:

- ❑ Controlar o acesso de pessoas a áreas restritas no porto por meio de MCAs (fechaduras eletrônicas acionadas por crachás) nas portas, e liberar as catracas e cancelas.
- ❑ As pessoas precisam estar previamente cadastradas (funcionários ou prestadores de serviço) ou autorizadas (visitantes). Todos, antes de ingressar na área alfandegada do terminal pela primeira vez, devem apresentar documentação para recebimento do crachá, e registrar suas digitais (biometria) que ficarão associadas ao mesmo.
- ❑ Os veículos devem estar programados, tanto os de cargas quanto os prestadores de serviço, veículos próprios ou de visitantes.

Para um Porto digitalizado, deve-se gerenciar toda entrada e saída de veículos e pessoas do porto, como mostra a representação da Figura 3.



**Figura 3:** Controles de Acesso Portuários.  
**Fonte:** Winner Technology (2019).

#### 4.1.2.3 Circuito Fechado de TV (CFTV)

O sistema de Circuito Fechado de TV (CFTV) representa uma importante ferramenta de gestão de tráfego portuário, permitindo a visualização de ocorrências, a dinamização dos serviços de emergência, a segurança e o acompanhamento das condições de fluidez no seu fluxo.

Define-se basicamente que o sistema CFTV é composto de três elementos: áudio e imagem, cabeamento e armazenamento.

A captação de áudio e imagens pode ser feita por câmeras analógicas ou digitais desenvolvidas para esse fim, fixas ou móveis (PTZ), ligadas ao sistema operacional, possibilitando a transmissão de sinais de vídeo para a sala de operações. As imagens são transmitidas à central e exibida em monitores voltados para vídeo-vigilância.

Na sala de operações, enquanto essas imagens são exibidas, sistemas de armazenamento como *hard disks* ou *storages* registram todos os vídeos exibidos para posterior verificação. Esses equipamentos concentram e guardam as imagens gravadas pelas diversas câmeras espalhadas dos ambientes monitorados, com funcionamento ininterrupto da solução durante as 24 horas do dia.

Os sistemas de armazenamento mudam de nome de acordo com o tipo de tecnologia empregada. Para imagens capturadas por câmeras analógicas, utiliza-se o DVR (*Digital Video Recorder*), que permite gravar e processar imagens também de câmeras superanalógicas e HDs. Em ambientes onde as imagens são gravadas por câmeras digitais no padrão IP, o sistema de armazenamento é conhecido como NVR (*Network Video Recorder*). Alguns sistemas menos comuns de CFTV que permitem a gravação de imagens de câmeras analógicas e digitais são conhecidos como HVR (*Hybrid Digital Recorder*).

A principal função de um CFTV é oferecer tecnologia que permita monitorar um ambiente, com o objetivo de manter a segurança do local e evitar possíveis atividades ou ações ilícitas.

Geralmente, uma equipe de segurança é responsável por observar as imagens transmitidas pelo sistema CFTV, tanto presencialmente quanto à distância, fazendo o monitoramento 24h em tempo real. Dessa forma, caso seja identificado qualquer movimento suspeito, esses funcionários podem tomar atitudes de forma mais rápida e eficaz identificando situações de risco, inclusive prevenindo crimes de várias instâncias ou até aplicando multas, como no caso do monitoramento de rodovias.

O CFTV para um Porto digitalizado, representado na Figura 4, deve controlar todas as câmeras da área do Porto – portaria, além de áreas externas e internas.



**Figura 4:** Circuito Fechado de TV.

**Fonte:** Projesa Engenharia (2019).

As suas principais características são:

- ❑ A Sala de Segurança e a Sala da RFB têm estrutura para monitoramento, com imagens em mosaicos, que podem ser selecionadas pelo operador. Também é possível dar *zoom* e parar as imagens.
- ❑ Somente a RFB terá acesso ao CFTV de fora do Porto, através de IP previamente definido.
- ❑ Dependendo da exigência (ISPS Code ou Alfandegamento), as câmeras têm visão noturna e/ou sensor de movimento.
- ❑ Todas as imagens são gravadas e podem ser recuperadas a qualquer momento.
- ❑ Funcionam 24 horas.

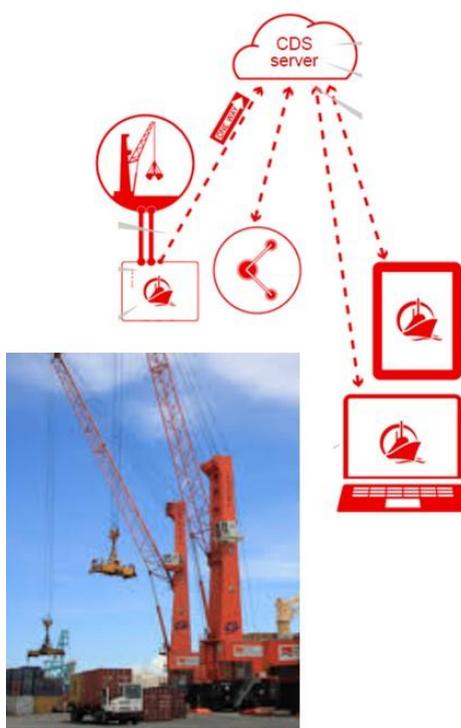
#### 4.1.2.4 Guindastes - Crane Data System (CDS)

Os guindastes de terra trabalham associados ao CDS (*Crane Data System*). Através dele, o fornecedor pode monitorá-los remotamente (*via web*) para manutenção preventiva. Além disso, existe a pesagem da carga que é feita através de dinamômetro preso na ponta do guindaste, aferindo o peso da carga a ser embarcada. Este dinamômetro é conectado ao Sistema de Gestão Portuária via *wi-fi*.

O CDS também controla a operação, e recebe informações dos guindastes, tais como peso, número do porão do navio, data/hora de início e fim do ciclo (tempo de transposição da carga do caminhão para o porão do navio ou vice-versa).

O Sistema de Gestão Portuária tem integração com o CDS, onde todas as informações de operação são repassadas, tanto para conferência das cargas quanto para monitoramento da ação dos guindastes. A partir dessa integração, a equipe de Operação, via SGP, tem capacidade de verificar eventuais paradas dos guindastes, percebendo um intervalo longo entre os ciclos, e atuar na causa do problema.

A Figura 5 representa um CDS/Guindaste para Portos digitalizados.



**Figura 5:** CDS/Guindastes para Portos digitalizados.

**Fonte:** Indiamilana (2016).

#### 4.1.2.5 Balança Rodoviária (TCP-IP)

No processo de pesagem, deve ser implementada a possibilidade de Captura de Peso de uma balança rodoviária via conexão TCP-IP e, para isso, é necessário que o cadastro de balança seja configurado para Tipo de Leitura TCP-IP, IP. Após o cadastro da balança, utilizar a Ação Relacionada, uma vez ser necessário testar para averiguar se a conexão com a balança está ok, e também gerar o *script* de captura de peso.

Nesta solução, as balanças informam o peso aferido via TCP-IP para o Sistema de Gestão Portuária. Todo caminhão que entra ou sai com carga de exportação ou importação respectivamente é pesado na entrada e na saída, para que a diferença entre as pesagens seja registrada como a carga movimentada.

As balanças rodoviárias (uma de entrada e outra de saída) para um Porto digitalizado, representadas na Figura 6, devem ser aferidas pelo INMETRO.



**Figura 6:** Balanças Rodoviárias para Portos digitalizados.  
**Fonte:** Klitex (2019).

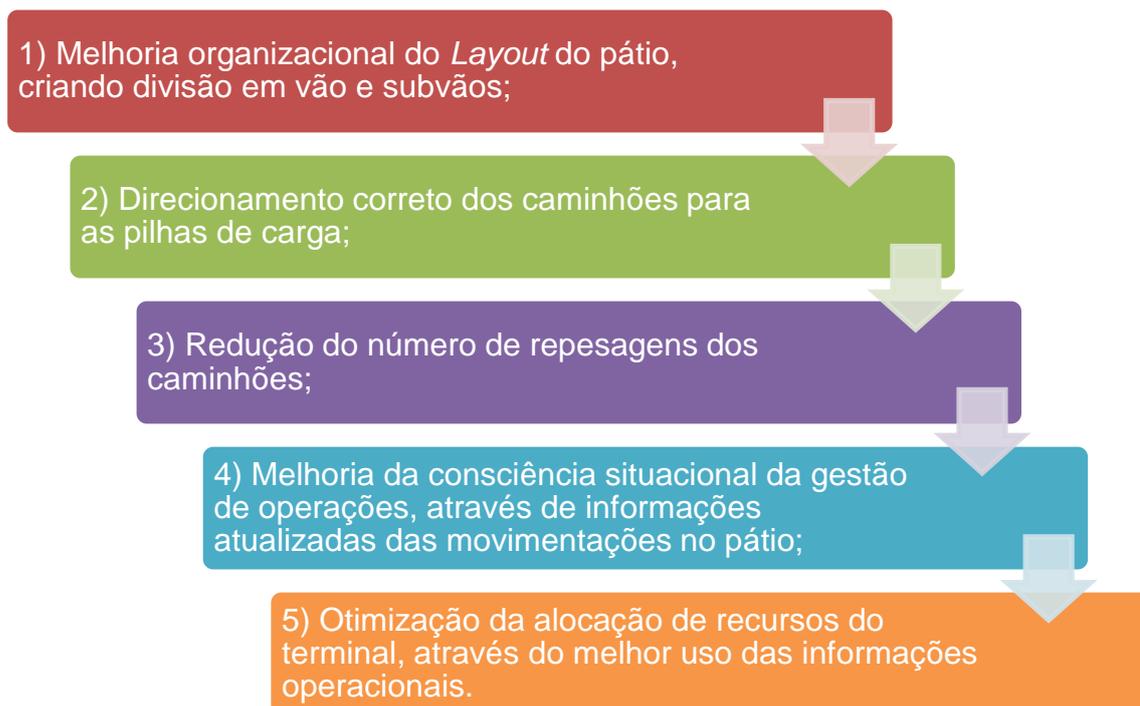
#### 4.1.3 Principais pontos de atenção dos processos portuários

Em um ambiente portuário, a identificação dos pontos críticos que envolvem o inter-relacionamento entre os diversos componentes da sua estrutura (Sindicatos, Operadores Portuários, Autoridade Portuária, Alfândega, Receita Federal, Órgão Gestor de Mão de Obra e outros elementos) é um ponto chave para o sucesso da sua transformação digital.

Os pontos de atenção identificados têm o propósito de auxiliar os gestores a identificar e qualificar o seu posicionamento frente às mudanças tecnológicas, e selecionar e integrar as técnicas para o projeto de digitalização em terminais portuários, com maior possibilidade de disseminação e, conseqüentemente, com maior reutilização.

Quando se identifica os problemas e suas causas, o gestor passa a ter informações mais precisas a respeito de qual processo deve ser aprimorado e o que é necessário fazer para alcançar isso. Feita a identificação da origem do problema, o gestor pode definir quais ações serão tomadas para melhorar a metodologia de trabalho. Se a causa for o planejamento inadequado das rotas, pensando no exemplo citado, pode-se melhorar o processo de consolidação de cargas, criar calendários de entregas e fazer agendamento com os clientes, por exemplo.

Nesse sentido, os pontos de atenção identificados nos Portos atuais estão apresentados na Figura 7, e estabelecem uma visão de agregação de valor na cadeia de processos para digitalização portuária.



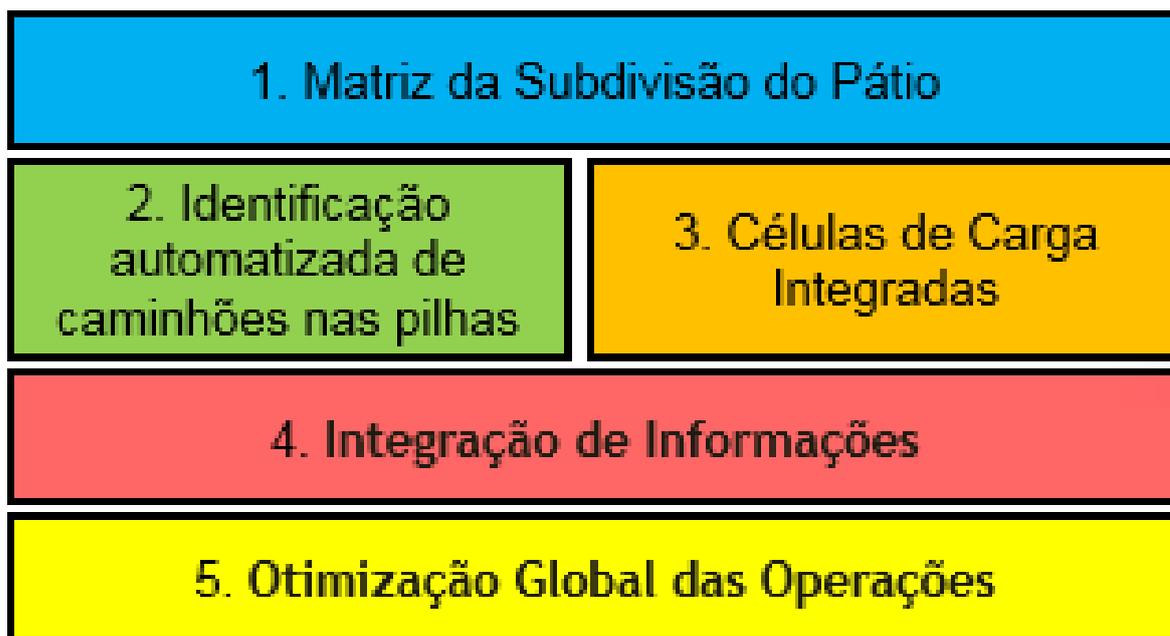
**Figura 7:** Pontos de atenção identificados para digitalização portuária.

**Fonte:** Elaboração própria (2019).

Uma vez identificados esses pontos de atenção, uma abordagem e conjunto de métodos e diretrizes devem ser usados para guiar as atividades e decisões tomadas para a prática da digitalização portuária.

#### 4.1.4 Diretrizes Para Tomada de Decisão

O *Framework* proposto está organizado em iniciativas independentes que se baseiam em tomadas de decisão apontadas a seguir a fim de apoiar a digitalização portuária. Essas tomadas de decisão propostas estão apresentadas na Figura 8 e seguem detalhados no texto abaixo.



**Figura 8:** Estágios propostos para o Framework de Digitalização Portuária.  
**Fonte:** Elaboração própria (2019).

#### 4.1.4.1 *Matriz da Subdivisão do Pátio*

Aqui deve ocorrer a identificação visual da “matriz” formada pela subdivisão do pátio em vãos e subvãos (filas), facilitando o direcionamento dos caminhões para carga nas devidas pilhas de granéis, bem como para descarga de maneira mais organizada e coerente com a informação existente no SGP.

As atividades devem designar-se ao mapeamento da Matriz, a seleção do método de identificação visual, a aquisição das placas de identificação visual e a implementação e acompanhamento inicial.

Os produtos gerados devem condizer com a concepção da Matriz, aos requisitos da Matriz, ao desenho da Matriz, a análise dos Métodos de Identificação Visual e a análise da Implementação Inicial.

Como premissas técnicas, o terminal portuário dever dispor do mapa do pátio, bem como realizar a aquisição das placas selecionadas e facultar o acesso ao pátio durante o período de implementação e acompanhamento.

#### 4.1.4.2 Identificação automatizada de caminhões nas pilhas

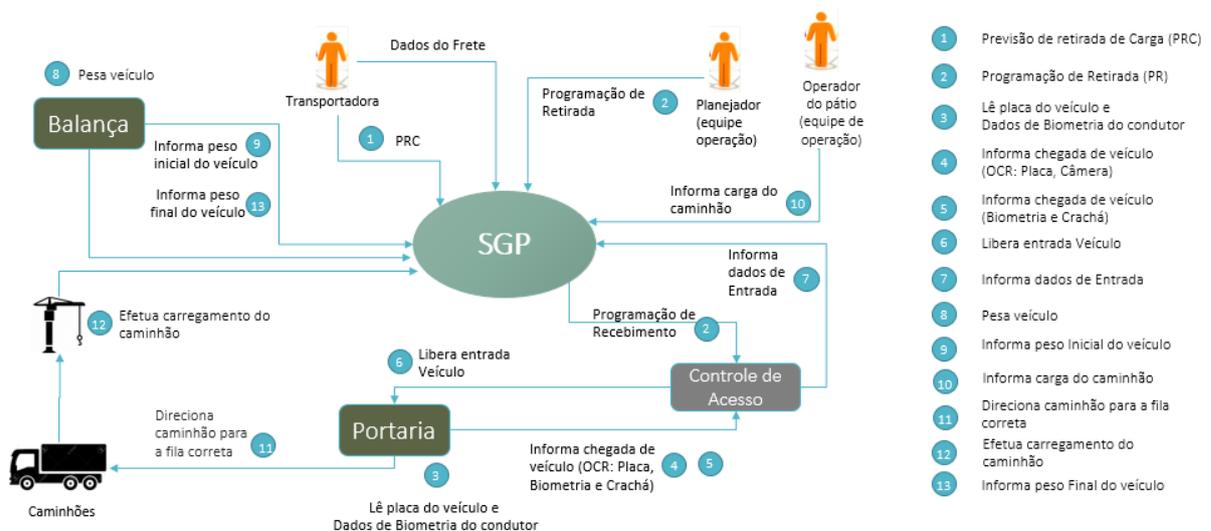
Esta etapa refere-se à criação de mecanismo de identificação rápida, integrado ao pátio, que indique visualmente se o caminhão a ser carregado está na pilha correta e indicar os dados do carregamento, como por exemplo, a quantidade a ser embarcada.

As atividades a serem desenvolvidas devem corresponder ao levantamento dos requisitos detalhados para a identificação e localização dos caminhões, a análise das alternativas tecnológicas, ao desenvolvimento de identificador de caminhão, a implementação de sistema de controle, desenvolvimento de indicador visual e o teste de solução.

Os produtos gerados devem condizer com a concepção da identificação automatizada, a análise das alternativas tecnológicas, aos requisitos, desenho e protótipo do identificador; aos requisitos e desenho do sistema de controle; aos requisitos, desenho e protótipo do Indicador visual e por fim a análise dos testes.

Como premissas técnicas, é indispensável a energia elétrica nos postes do projeto e o terminal portuário deve facultar acesso dos pesquisadores ao pátio para realização dos testes.

Como alternativa para a solução da questão apresentada neste item, propõe-se a integração de todos os sistemas que estão representados na Figura 9.



**Figura 9** - Integração dos Sistemas de Identificação de Caminhões nas Pilhas.

**Fonte:** Elaboração Própria (2019).

#### 4.1.4.3 *Células de Carga Integradas*

Não é interessante à transportadora trabalhar com um porto moroso, burocrático, que retenha o caminhão mais tempo do que o necessário. Com todos os sistemas interligados, quando a carga estiver sendo carregada no veículo, as máquinas devem otimizar o tempo de carregamento a fim de liberar no menor tempo possível, o caminhão para pesagem.

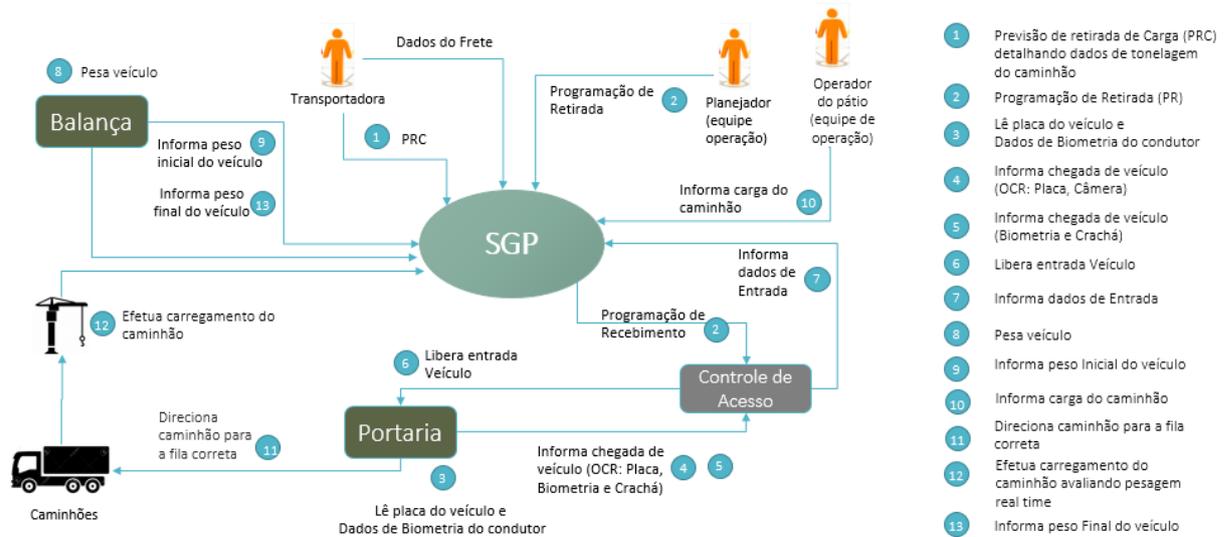
Deve-se ocorrer a integração de sensores eletrônicos às células mecânicas de carga das máquinas, permitindo o controle online do peso de cada pá e o total que foi embarcado no veículo.

As atividades devem designar o levantamento de características das diferentes células de carga, a instrumentação dessas células, a integração de instrumentação às cabines das retos e o teste de solução.

Como produtos, deve-se obter a concepção das células instrumentadas, os requisitos, o desenho e os protótipos dessas células, os protótipos das integrações às cabines e a análise de testes.

Como premissas técnicas, células de carga devem estar instaladas nas máquinas com sinais condicionados, como também os dados de cargas serão informados pelo SGP e os dados do tipo do caminhão que está acessando ao Porto serão informados pelo sistema de Controle de Acesso. O terminal portuário deve fornecer acesso à equipe e às diferentes retroescavadeiras, disponibilizando máquinas para integração e testes das células desenvolvidas.

Como alternativa para a solução da questão apresentada neste item, propõe-se a integração de todos os sistemas que estão representados na Figura 10.



**Figura 10 - Integração dos Sistemas de Células de Cargas.**

**Fonte:** Elaboração Própria (2019).

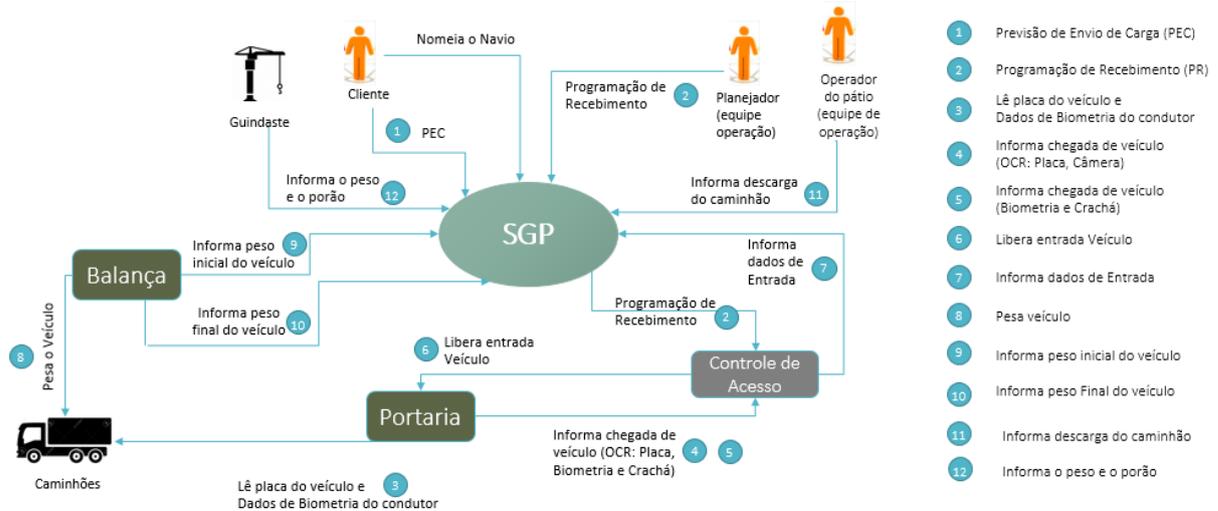
#### 4.1.4.4 Integração de Informações

Nesta etapa, deve acontecer a integração das informações operacionais, empregando redes sem fio e banco de dados único, fornecendo em tempo real cenário detalhado do que está acontecendo no pátio, possibilitando a comparação entre o planejado com a execução e uma rápida medição do desempenho das operações no pátio.

As atividades requisitos compreendem projetar rede de pátio, desenvolver Sistema de Controle e Análise Operacional (SCAO) e testar solução. Como produtos, deve-se obter a concepção, requisitos, desenho e protótipo da rede integrada; a concepção, requisitos e desenho do SCAO e por fim as análises de testes.

Como premissas técnicas, o terminal portuário deve fornecer acesso aos dados operacionais existentes nos sistemas necessários, o *layout* deverá estar organizado em matriz, os caminhões deverão estar sendo identificados automaticamente e as células de carga deverão estar instrumentadas.

Como alternativa para a solução da questão apresentada neste item, propõe-se a integração de todos os sistemas que estão representados na Figura 11.



**Figura 11:** Integração dos Sistemas de Informação.  
**Fonte:** Elaboração Própria (2019).

Um ponto importante a ressaltar é que, através da integração desses sistemas de informação, pode-se priorizar as atividades de uma carga/descarga de um navio em detrimento a outro, assim evitando-se a cobrança de demurrage (que é o pagamento de multas por questões de atraso do navio no porto), através do monitoramento das atividades da aduana brasileira e do controle dos prazos de liberação de cargas.

Para tanto, os sistemas de informação integrados devem monitorar com precisão as datas de desembarque do navio trazendo sua carga e os prazos para devolução do contêiner estipulados pelo armador. Isso permitirá que se planeje com antecedência e certifique-se de que o contêiner seja devolvido antes do prazo acordado.

#### 4.1.4.5 Otimização Global das Operações (OGO)

Esta etapa é a geração de planos otimizados de carregamento considerando a real capacidade de carga do pátio e as capacidades de transporte dos caminhões, visando à redução de tempos operacionais, através da correta alocação dos caminhões às pilhas.

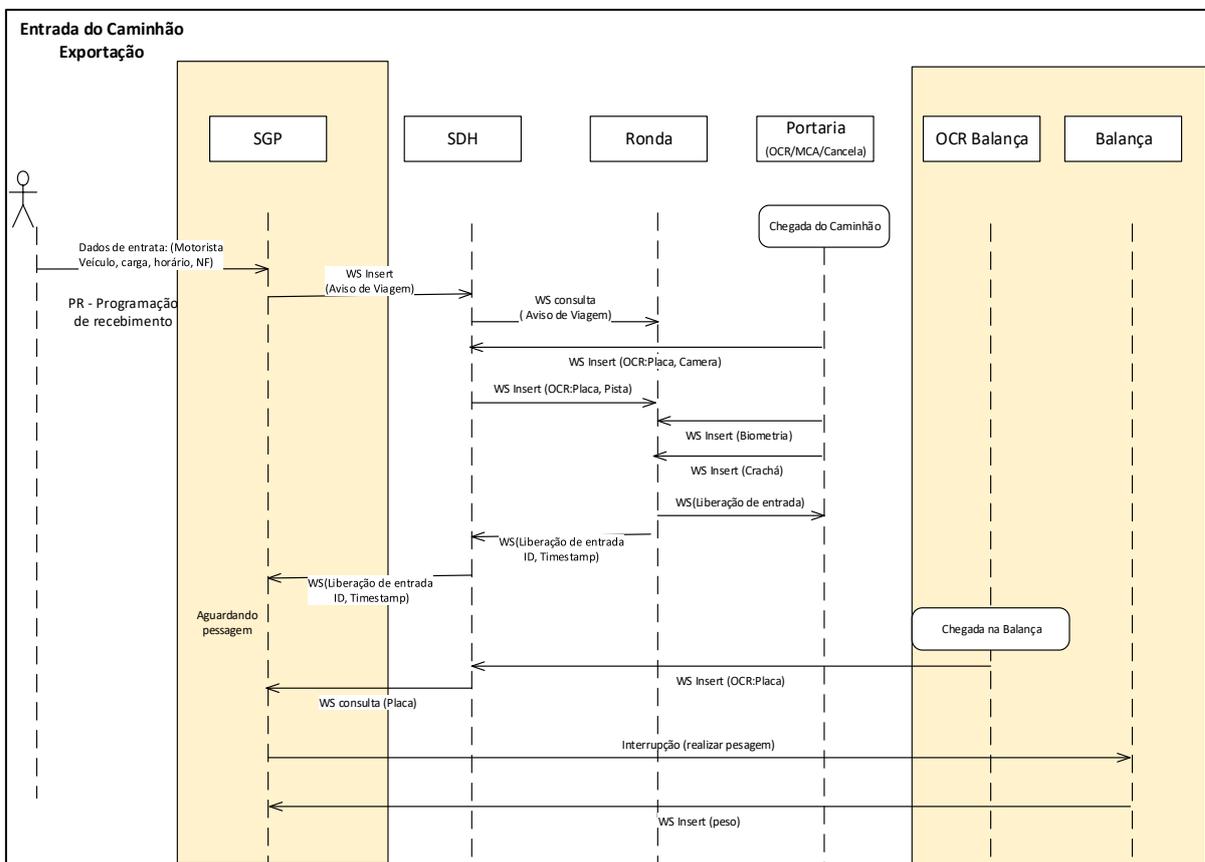
As atividades a serem desenvolvidas devem levantar requisitos, desenvolver e a implementar modelo de otimização, finalmente testar solução. Os produtos gerados compreendem a concepção, os requisitos e a implementação do modelo em *software* e a análise de testes.

Como premissas técnicas, o terminal portuário deve fornecer o acesso aos dados operacionais necessários e as informações que parametrizam o modelo deverão estar disponíveis em banco de dados também.

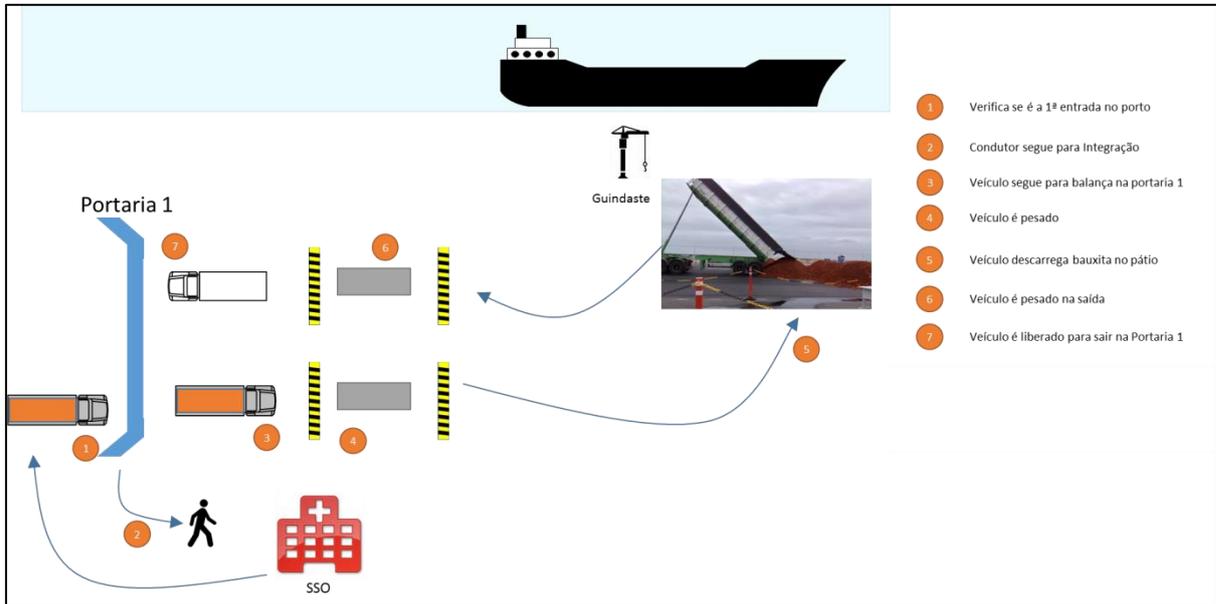
O grande foco da Otimização Global das Operações (OGO) é a inovação pela integração total e automatização que se traduz em eliminação da burocracia, ganho de tempo, confiabilidade, eficiência e segurança das seguintes informações:

- ❑ Todos estes sistemas integrados permitem que as equipes de Operações e Manutenções tenham permanente controle de tudo o que acontece no Porto;
- ❑ Aliada à equipe de Segurança Patrimonial, são responsáveis por garantir segurança e eficácia na Operação;
- ❑ Todos estes sistemas integrados permitem que as equipes de Operações e Manutenções tenham permanente controle de tudo o que acontece no Porto;
- ❑ Aliada à equipe de Segurança Patrimonial, são responsáveis por garantir segurança e eficácia na Operação.

Nesta solução, os exemplos de integráveis estão representados nas Figuras 12 e 13.



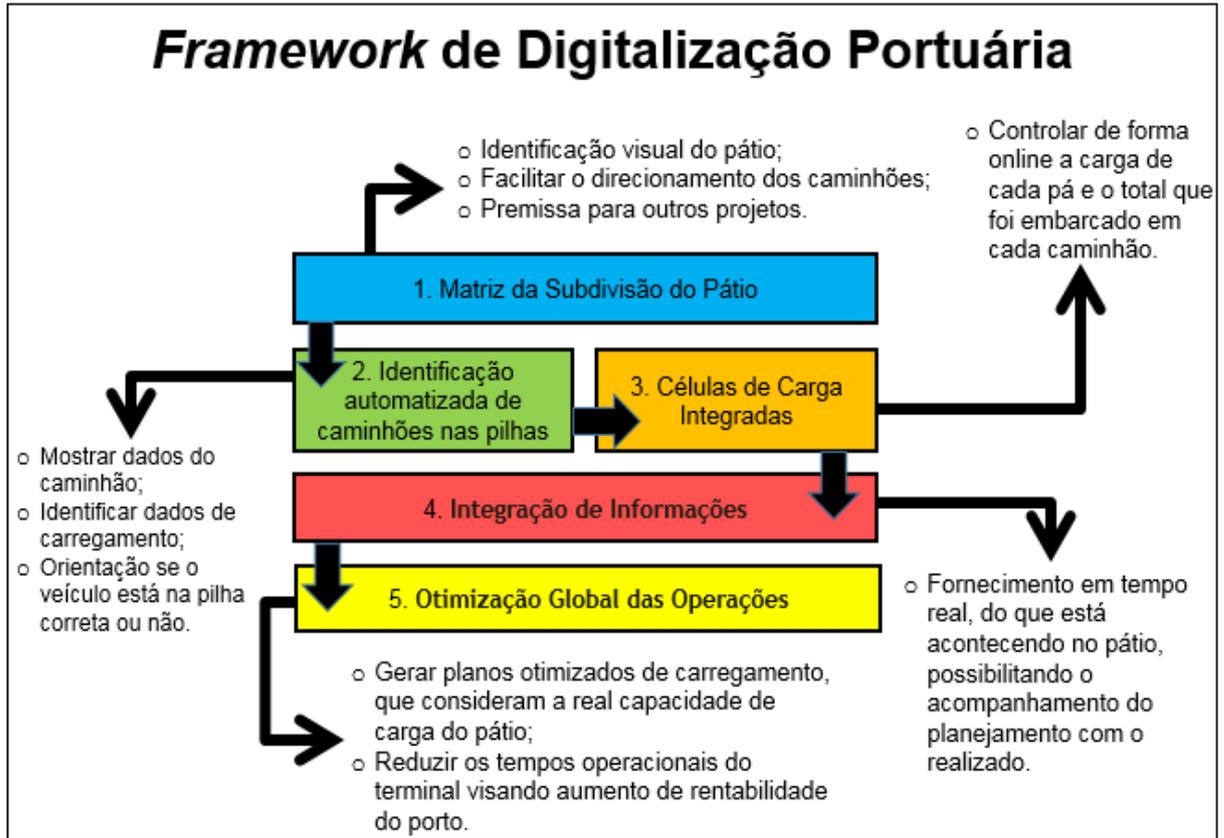
**Figura 12:** Diagrama de sequência.  
**Fonte:** Elaboração Própria (2019).



**Figura 13:** Processo de descarga.  
**Fonte:** Elaboração Própria (2019).

## 4.2 O Framework para Digitalização Portuária

Após as estratégias identificadas, que possam ser executadas pelos portos, de forma independente com foco em Portos Digitalizados e operacionalmente eficazes, nesta etapa, propõe-se a melhor compreensão de um *Framework* de Digitalização Portuária, representado na Figura 14, disponível ao alcance de qualquer indivíduo que deseja digitalizar terminais portuários.

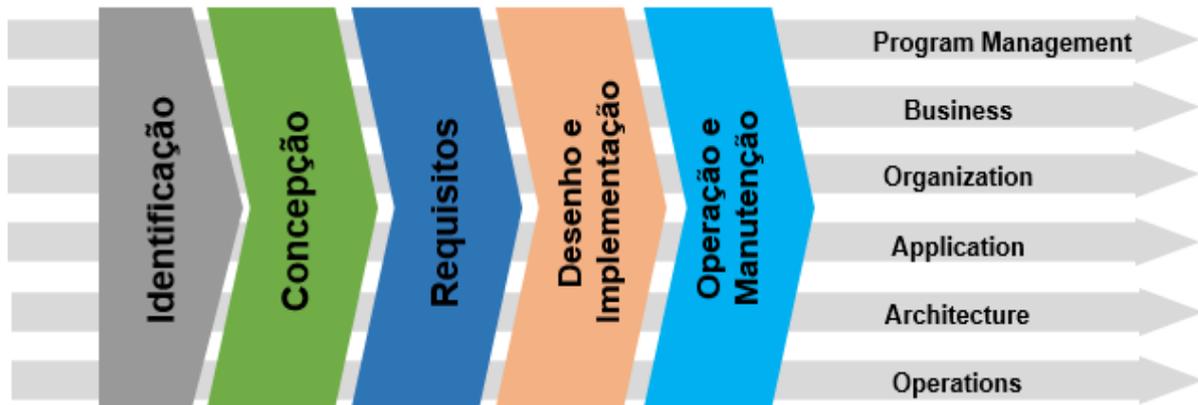


**Figura 14:** Framework de Digitalização Portuária.

**Fonte:** Elaboração própria (2019).

### 4.3 Estágios de Implementação do Framework Portuário

Não só um *Framework* de Digitalização é apresentado, mas também, as fases que compõem a sua implementação, estruturadas em estágios, organizados conforme representado na Figura 15.



**Figura 15:** Estágios para estruturação das atividades do projeto de digitalização portuária.

Fonte: Elaboração própria (2019)

Já no Quadro 1, estão apresentados os objetivos, as atividades e os principais entregáveis e resultados dos cinco estágios (Identificação, Concepção, Requisitos, Desenho e Implementação, Operação e Manutenção) da estruturação do projeto de digitalização portuária.

**Quadro 1:** Descrição das fases da estruturação para a digitalização portuária.

		OBJETIVO	ATIVIDADES	PRICIPAIS ENTREGÁVEIS / RESULTADOS
ESTÁGIO 1	IDENTIFICAÇÃO	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Entendimento da situação atual e das necessidades do cliente;</li> <li>– Avaliação dos direcionamentos para a solução dos problemas identificados.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Reunião para compreender as necessidade do Cliente e suas oportunidades operacionais;</li> <li>– Entender a Prontidão para Mudança do cliente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Entendimento alto nível do negócio;</li> <li>– Avaliação do escopo do projeto;</li> <li>– Organização do time do projeto.</li> </ul>
ESTÁGIO 2	CONCEPÇÃO	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Validar os requisitos funcionais dos processos a fim de analisar a aderência da solução proposta;</li> <li>– Definir os cenários de negócio e os gaps em relação à solução pré-definida.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Instalação do Projeto;</li> <li>– Planejamento detalhado;</li> <li>– Planejamento do Kick off;</li> <li>– Planejamento de reuniões de validação;</li> <li>– Validação da solução tecnológica proposta.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Escopo detalhado do projeto;</li> <li>– Macro-requisitos funcionais;</li> <li>– Plano do projeto.</li> </ul>
ESTÁGIO 3	REQUISITOS	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Detalhar os requisitos dos produtos do projeto.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Detalhamento dos requisitos funcionais e técnicos de cada produto relacionado aos projetos;</li> <li>– Análise das possíveis integrações entre a solução proposta com os demais sistemas existentes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Lista de requisitos funcionais e técnicos por produto;</li> <li>– Lista de priorização de requisitos;</li> <li>– Arquitetura da solução;</li> <li>– Roadmap tecnológico da solução.</li> </ul>

<b>ESTÁGIO 4</b>	<b>DESENHO E IMPLEMENTAÇÃO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– É a fase de construção e implementação dos produtos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Detalhamento da arquitetura por produto;</li> <li>– Detalhamento de componentes por produto;               <ul style="list-style-type: none"> <li>– Testes unitários;</li> <li>– Teste de integração;</li> <li>– Teste de aceitação.</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Documentação técnica dos produtos;</li> <li>– Plano de testes integrados;</li> <li>– Documentação dos Testes Validados;</li> <li>– Revisão da prontidão da produção.</li> </ul>
<b>ESTÁGIO 5</b>	<b>OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Colocar em produção e capacitar os usuários finais a operá-lo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Criar checklist para o Go-Live;</li> <li>– Executar plano de suporte de produção;</li> <li>– Realizar treinamento de usuário-final;</li> <li>– Realizar revisão de qualidade;</li> <li>– Fornecer suporte à produção;</li> <li>– Validar resultados de processos reais;               <ul style="list-style-type: none"> <li>– Medir os benefícios.</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Materiais de Treinamento;</li> <li>– Usuários finais capazes de trabalhar no ambiente produtivo;</li> <li>– Análise da realização de valor;               <ul style="list-style-type: none"> <li>– Revisão pós-implementação do projeto.</li> </ul> </li> </ul>

**Fonte:** Elaboração própria (2019).

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos conceitos sobre Portos 4.0 apresentados neste estudo, é possível analisar a importância da aplicação de ferramentas tecnológicas para a digitalização e integração, agregando valores às atividades portuárias. Tendo em vista que os portos marítimos são uma entidade complexa e dinâmica com a interação entre os vários agentes da cadeia logística, os gestores das atividades portuárias têm a função de gerenciar conflitos, coordenar e administrar todos os aspectos operacionais de um terminal, de maneira eficiente, eficaz e efetiva.

Diante da alta competitividade e da importância significativa da digitalização dos portos, a presente dissertação objetivou elaborar um *Framework* para Digitalização Portuária como foco nas novas demandas desencadeadas pelo contexto da Indústria 4.0. Para atingir este objetivo, baseou-se em informações coletadas nas observações realizadas na formulação conceitual inicial e no levantamento realizado junto aos terminais portuários analisados. De tal forma, uma estrutura ou um conjunto de princípios norteadores foram descritos para fornecer orientação e direção de como conduzir a digitalização de terminais portuários, com maior possibilidade de disseminação.

Para proposta do *Framework*, inicialmente foram identificadas estratégias para transformação de terminais portuários 4.0, num contexto global, incidindo os pontos críticos identificados nesta pesquisa. Identificadas essas estratégias, obteve-se a proposta do *Framework* de Digitalização Portuária. E, por fim, como guia para as atividades de implementação desses do *Framework*, foram definidos os estágios de Identificação, Concepção, Requisitos, Desenho e Implementação, e Operação e Manutenção.

Entende-se que os resultados aqui alcançados com o *Framework* e suas estratégias de implementação podem auxiliar pesquisadores, especialistas e interessados nas políticas do setor portuário ao aprofundamento dos seus conhecimentos sobre esse setor tão complexo. A problematização dos desafios centrais para as políticas portuárias, digitalização e integração tem o condão de servir como possíveis elementos-chave para a construção de estratégias que visem à superação dos gargalos existentes.

De fato, o *framework* proposto oferece a possibilidade aos usuários de não serem apenas consumidores passivos, mas criadores e disseminadores de conhecimento, além de

permitir a reinvenção do material que já existe, a fim de reduzir possíveis enganos (melhorando a qualidade) e adaptá-lo ao contexto de uso desejado.

Recomenda-se que os portos sempre estejam atentos ao desenvolvimento de portos concorrentes e aumentem o nível de colaboração com eles, bem como com organizações de indústrias altamente digitalizadas, a fim de obter sugestões para novas medidas de digitalização e melhoria dos já implementados, visto que pouco pode ser observado na literatura para base.

Por fim, se espera ter colaborado com o desenvolvimento de uma teoria da digitalização portuária, em função do diálogo estabelecido com as principais diretrizes do *Framework* e ter-se avançado no oferecimento de sistemática própria de aplicação da metodologia como principal contribuição.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALFREDINI, P; ARASAKI, E. Engenharia Portuária. São Paulo. **Blucher**. 2014, pág. 1-1504.

ANDERL, R. **Industrie 4.0: Fundamentals, Scenarios for Application and Strategies for Implementation**. In: Diálogo Brasil-Alemanha de Ciência, Pesquisa e Inovação, São Paulo, vol. 4, 2015, pág. 1-32. Disponível em: <[http://www.fapesp.br/eventos/2015/09/30/Reiner\\_Anderl.pdf](http://www.fapesp.br/eventos/2015/09/30/Reiner_Anderl.pdf)>. Acesso em: 20 de Fev. 2019.

ANG, J. H.; GOH, C.; LI, Y. **Smart design for ships in a smart product through-life and industry 4.0 environment**. IEEE Congress on Evolutionary Computation (CEC), 2016 pág. 5301-5308. Disponível em: <<http://eprints.gla.ac.uk/118544/1/188544.pdf>>. Acesso em: 20 de Fev. 2019.

ANTAQ. **Indicadores de Desempenho Portuário**. 2013. Disponível em: <<http://portal.antaq.gov.br/index.php/instalacoes-portuarias-2/>>. Acesso em: 20 de Fev. 2019.

ASCENCIO, L. **Rede de Portos Digitais e Colaborativos e da Comunidade Port Logistics**. Workshop: Gestão da Cadeia logística Portuária: Convergência entre tecnologia e gestão para os Portos do Futuro. Santa Catarina. 2018, pág. 1-8. Disponível em: <[http://informativosdosportos.com.br/portal/wp-content/uploads/2018/09/SELA\\_Workshop2018\\_SantaCatarina.pdf](http://informativosdosportos.com.br/portal/wp-content/uploads/2018/09/SELA_Workshop2018_SantaCatarina.pdf)>. Acesso em: 20 de Fev. 2019.

BARON, M.L.; MATHIEU, H. **PCS interoperability in Europe: a market for PCS operators?** The International Journal of Logistics Management. Vol. 24, n. 1, 2013, pág. 117-129.

BARROS, C. F. S. **Procedimento para Classificação de Portos Organizados Brasileiros**. Dissertação de Mestrado em Transportes, Publicação T. DM – 006 A/2013, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, DF, 2013, pág. 1-126.

BICHOU, K. **Port Operations, Planning and Logistics**. New York: Informal Law, 2013, pág. 1-384.

BISOGNO, M.; NOTA, G.; SACCOMANNO, A.; TOMMASETTI, A. **Improving the efficiency of Port Community Systems through integrated information flows of logistic processes.** The International Journal of Digital Accounting Research Vol. 15, 2015, pág. 1-31.

BRASIL. **Decreto nº 6.759, de 5 de fevereiro de 2009.** Regulamenta a administração das atividades aduaneiras, e a fiscalização, o controle e a tributação das operações de comércio exterior. Brasília, DF. 5 Fev. 2009. 188º da Independência e 121º da República. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2009/decreto/d6759.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/decreto/d6759.htm)>. Acesso em: 18 Nov. 2018.

BRASIL. **Portaria RFB nº 3.518, de 30 de setembro de 2011.** Estabelece requisitos e procedimentos para o alfandegamento de locais e recintos e dá outras providências. Brasília, DF. Receita Federal. 03 Out. 2011. Disponível em: (<http://normas.receita.fazenda.gov.br/sijut2consulta/link.action?idAto=36460&visao=anotado> ). Acesso em 18 Nov. 2018.

BRETTEL, M.; FRIEDERICHSEM, N.; KELLER, M.; ROSENBERG, M. **How Virtualization, Decentralization and Network Building Change the Manufacturing Landscape: An Industry 4.0 Perspective.** International Journal of Mechanical, Aerospace, Industrial and Mechatronics Engineering, vol. 8, nº: 1, 2014 pág. 37-44. Disponível em: <<https://waset.org/publications/9997144/how-virtualization-decentralization-and-network-building-change-the-manufacturing-landscape-an-industry-4.0-perspective>>. Acesso em: 10 de Jan. de 2019.

CARVALHAL, R. C. **O Papel da Guarda Portuária na Segurança Pública.** Jus Brasil Revista Online. .2014. Disponível em: <[https://crsantosp.jusbrasil.com.br/artigos/155128039/o-papel-da-guarda-portuaria-na-seguranca-publica?ref=topic\\_feed](https://crsantosp.jusbrasil.com.br/artigos/155128039/o-papel-da-guarda-portuaria-na-seguranca-publica?ref=topic_feed)>. Acesso em: 18 Nov. 2018.

CESAR, M. F. S.; SOUZA, M. C.; MORÉ, R. P. O.; DIAS, M. T.; BUSS, M. O.; AZEVEDO, P. O perfil da composição dos grupos de pesquisa na UFSC. Colóquio internacional de gestão universitária. Campus UTPL. 2018.

CHO, G. S. **Um estudo sobre o estabelecimento do Centro de Logística Inteligente com base na Logística 4.0.** J Multimed Inf Syst. Vol. 5, nº. 4, 2018, pág. 265 – 272.

COLLYER, W. O. **Lei dos Portos: O Conselho de Autoridade Portuária e a Busca da Eficiência.** 1ª. Editora - São Paulo: Lex Editora. Vol. 1, 2016, pág. 1-210.

COSTA, C. **Indústria 4.0: O futuro da indústria nacional**. POSGERE (ISSN 2526-4982). Vol. 1, nº: 4, 2017, pág. 5-14.

DAVID, R. F. **Evaluación y organización de la seguridade em terminal esportuarias**. Transporte y Territorio, 2016, Vol.º 14, pág. 27-38.

DORÓ, A. J.; TAVARES, M. L.; FRIGO, L. M.; QUEIROGA, A. P. G.; RODRIGUES, L. C. **Big Data: Uma visão sistêmica**. Revista Eletrônica de Engenharia e Estudos e Debates. Vol. 1, 2018.

DUARTE, V. M. N. Pesquisa exploratória descritiva e explicativa. Brasil Escola. 2017.

DUMBILL, E. **Making Sense of Big Data**. Big Data. Vol.1, nº. 1, 2013, pág. 1–2.

FORSCHUGSUNION. **Umsetzungsempfehlungen für das Zukunts projekt Industrie 4.0**. Bundesministerium Fur Bildung und Forschung. Alemanha, 2013, pág. 1-116.

FREZZA, C. S. **A nova Lei dos Portos e os modelos de concessões e de agências reguladoras: mecanismos para a garantia do interesse público**. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2016, pág. 1-116.

FRUTH, M.; TEUTEBERG, F. **Digitization in maritime logistics. What is there and what is missing?** Cogent Business & Management. Vol. 4, nº: 1411066, 2017, pág. 1-40.

GALANI, S. O. **A nova lei dos portos: Terminais de Uso Privativo (TUP) e os Trabalhadores Portuários Avulsos na lei 12.815/13**. São Sebastião. Dissertação. Faculdade de Tecnologia de São Sebastião. 2015, pág. 1-72.

GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. 6. ed. São Paulo, SP: Edit. Atlas. 2008, pág. 1-220.

GOLDBERG, D. J. K. **Regulação do setor portuário no Brasil: Análise do novo modelo de concessão de portos organizados**. Dissertação apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Engenharia. São Paulo, 2014, pág. 40.

GUBBIET, J.; RAJKUMAR,B.; MARUSIC, S.; PALANISWAMI, M. **Internet das coisas (IoT): uma visão, elementos arquitetônicos e direções futuras**. Sistemas de Computação de Geração Futura. Vol. 29, Ed. 7, 2013, pág. 1645-1660.

HEILIG, L.; VOß, S. **Information systems in maritime ports: a categorization and overview**. Information Technology and Management. Vol. 18, nº: 3, 2017, pág. 179-201.

ISPS Code. **International Ship & Port Facility Security Code**. 2004. Disponível em: <<https://www.mpa.gov.sg/web/portal/home/port-of-singapore/security/port-security/isps-international-ship-and-port-facility-security-code>>. Acesso em 18 Nov. 2018.

KOCH, V. **Industry 4.0: Opportunities and challenges of the industrial internet**. PWC. 2014, pág. 1-52.

LACERDA, S. M. **Investimentos nos portos brasileiros: oportunidade da concessão da infraestrutura portuária**. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 22, 2015, p. 297-315.

LAKSHMI, A. **A digitalização dos portos é a quarta revolução industrial**. Maritime Activity. Online. Reports. Inc. 2018. Disponível em: <<http://pt.marinelink.com/news/digitaliza%C3%A7%C3%A3o-dos-portos-quarta-revolu%C3%A7%C3%A3o-233894>>. Acesso em: 10 de Dez. 2018.

LAMAS, P. F.; CARMÉS, T. M. F.; NOVOA, O. B.; MONTESNOS, M. A. V. **A Review on Industrial Augmented Reality Systems for the Industry 4.0 Shipyard**. IEEE ACCESS. Vol. 6, 2018, pág. 13358–13375.

TAMASHIRO, R. M.; GANAKA, C.; CARDOSO, A. **Resenha: A quarta revolução industrial**. São Paulo: EDIPRO. Revista Ciências do Trabalho, nº 9, 2016, pág. 127-134.

LIN, T. Y.; CHEN, Y. M.; YANG, D. L. **New Method for Industry 4.0 Machine Status Prediction - A Case Study with the Machine of a Spring Factory**. 2016 International Computer Symposium (ICS), 2016, pág. 322-326.

MAYER, G. **Regulação Portuária Brasileira: Uma Reflexão Sob a Luz a Análise Econômica do Direito**. Dissertação apresentada para obtenção do título em mestre de Direito econômico. Curitiba: Universidade Federal do Paraná. 2009, pág. 1-160.

MICHAELIS – **Moderno Dicionário de Língua Portuguesa**. 2019. Disponível em: <<https://michaelis.uol.com.br/moderno-portugues/busca/portugues-brasileiro/porto?>>. Acesso em 10 de Fev. de 2019.

MILESKI, J. MEJIA, M. FERRELL, T. **Tirando limonada de limões: as percepções dos operadores portuários sobre a conformidade com a regulamentação de segurança portuária.** WMU Journal of Maritime Affairs, 2015. Vol. 14, nº1, pág. 93-108.

MORAIS, R. R.; MONTEIRO, R. **A indústria 4.0 e o impacto na área de operações: Um ensaio.** Anais do V SINGEP. São Paulo/SP. Brasil, 2016, pág. 1-11.

PSPP. **Plano Nacional de Segurança Pública Portuária.** Dezembro de 2002. Brasília. Disponível em: <http://www.justica.gov.br/central-de-conteudo/seguranca-publica/livros/planonacional.pdf>. Acesso em: 18 Nov. 2017.

RAZALI, N. H. A.; DAHALAN, W. S. A. W. **The ISPS Code and it's implementation in Malaysia.** Arena Hukum. Malaysia. Vol. 5, nº 1, 2012, pág. 42-47. (<http://arenahukum.ub.ac.id/index.php/arena/article/view/120>).

SALGADO, L. H.; ZUCOLOTO, G. F.; MORAIS, R. P.; REZENDE, S. S. **Modernização e Simplificação Regulatória: Setor Portuário.** Ipea - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. 2012, pág. 1-9.

SANT'ANNA, I. **Digitalização cada vez mais útil à indústria marítima.** Jornal Portuário. 2018. Disponível em: < <https://jornalportuario.com.br/interna/comercio-exterior-e-logistica/digitalizacao-cada-vez-mais-util-a-industria-maritima>>. Acesso em 10 de Dez. de 2018.

SANTOS, J. V. **Digitalização permite penetrar na «alma da cadeia logística e encontrar paradigmas de eficiência.** Cargo Revista Online. 2018. Disponível em: < <https://revistacargo.pt/vieira-dos-santos-digitalizacao-permite-penetrar-na-alma-da-cadeia-logistica-e-encontrar-paradigmas-de-eficiencia/>>. Acesso em 10 de Dez. de 2018.

SCHULTE, M. A. **Digital Transformation in the Manufacturing Industry, Industry 4.0: From Vision to Reality.** IDC Publications. 2016, pág. 1-20.

SCHWAB, K. **Shaping the Fourth Industrial Revolution. 1 st Edition, World Economic Forum.** Crown Busines: New York. 2016.

SCHWARZE, S.; HEILIG, L.; VOß, S. **An Analysis of Digital Transformation in the History and Future of Modern Ports.** Proceedings of the 50th Hawaii International Conference on System Sciences. 2017, pág. 1341–1340.

SECRETARIA NACIONAL DOS PORTOS. **Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil**. Disponível em: <<http://www.portosdobrasil.gov.br/assuntos-1/sistema-portuario-nacional>>. Acesso em: 19 de Nov. de 2019.

SILVA, S. D. **A utilização de jogos de empresa como instrumento pedagógico de apoio à formação profissional da área portuária**. Dissertação de Mestrado. COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Transportes. Rio de Janeiro, 2010, pág. 1-191.

SIMÃO, J. C. **Oportunidades e desafios na digitalização portuária**. O Jornal Económico. Jornal Online. 2018. Disponível em: <<https://jornaleconomico.sapo.pt/noticias/oportunidades-e-desafios-na-digitalizacao-portuaria-369129>>. Acesso em: 10 de Dez. de 2018.

SINGH, D.; TRIPATHI, G.; JARA, A. J. **A survey of Internet-of-Things: Future vision, architecture, challenges and services**. IEEE World Forum on Internet of Things (WF-IoT). 2014, pág. 287-292.

TALLEY, W. K.; NG, M.; MARSILLAC, E. **Port service chains and port performance evaluation**. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation*. Review, v. 69, 2014, p. 236- 247.

THEODOSSOPOULOS, P. **Where digitalization trends meet maritime needs**. Four Stroke Engines. *Motorship*. 2018, pág. 26-26. Disponível em: <<http://propulsionanalytics.com/wp-content/uploads/2018/06/The-motorship-May-2018-PTheodossopoulos.pdf>>. Acesso em 9 de Dez. de 2018.

THOMAS, A. **Portos e terminais da América do Sul recorrem à digitalização para insights e visibilidade para a logística complexa da cadeia de suprimentos**. *Tecnologista Revista Online*. 2018. Disponível em: <<http://www.tecnologista.com.br/portal/artigos/78855/portos-e-terminais-da-america-do-sul-recorrem-a-digitalizacao-para-insights-e-visibilidade-para-a-logistica-complexa-da-cadeia-de-suprimentos/>>. Acesso em: 9 de Dez. de 2018.

WIEGMANS, B. W.; A. HOEST, V.; NOTTEBOOM, V. T. **Port and terminal selection by deep-sea container operators**. *Maritime Policy & Management*. Vol. 35, 2008, pág. 517-534.

WU, X.; ZHU, X.; WU,G.; DING, W. **Data mining with big data**. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*. Vol. 26 , nº. 1, 2014, pág. 97-107.

D'AVILLAR, P. **Você sabe o que são Frameworks? E para o que servem?** Dinâmica Treinamentos. Revista Online. 2018. Disponível em: <<https://dynamicateinamentos.com/blog/o-que-sao-frameworks/>>. Acesso em 9 de Dez. de 2018.