



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA NAVAL E OCEÂNICA**  
**CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA NAVAL E OCEÂNICA**

**THAMIS LUNA DE CARVALHO TITO**

**ANÁLISE DE CARREGAMENTO DE MINÉRIO DE FERRO NO TERMINAL DE  
PONTA DA MADEIRA – PORTO DE ITAQUI, SÃO LUIS**

**RECIFE**

**Dezembro/2019**

THAMIS LUNA DE CARVALHO TITO

**ANÁLISE DE CARREGAMENTO DE MINÉRIO DE FERRO NO TERMINAL DE  
PONTA DA MADEIRA – PORTO DE ITAQUI, SÃO LUIS**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao curso de graduação  
em Engenharia Naval e Oceânica da  
Universidade Federal de Pernambuco,  
em Recife/PE, como requisito parcial  
para a obtenção do título de  
Engenheira Naval.

Orientador: Demétrius Valença

RECIFE

Dezembro/2019

THAMIS LUNA DE CARVALHO TITO

**ANÁLISE DE CARREGAMENTO DE MINÉRIO DE FERRO NO TERMINAL DE  
PONTA DA MADEIRA – PORTO DE ITAQUI, SÃO LUIS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Federal de Pernambuco como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Naval e Oceânica.

Data de Aprovação: Recife – PE, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Demétrius Perrelli Valença  
(Orientador – UFPE – Departamento de Engenharia Naval e Oceânica)

---

Heitor de Oliveira Duarte  
(Examinador interno – UFPE – Departamento de Engenharia Naval e Oceânica)

---

Silvio Eduardo Gomes de Melo  
(Examinador interno – UFPE – Departamento de Engenharia Naval e Oceânica)

## RESUMO

Diante da diversidade dos processos industriais e produções de bens de consumo no mundo, destaca-se a importância do minério de ferro nessas atividades, sendo ele uma matéria-prima fundamental. O transporte de minério, geralmente é feito através de navios onde é gerada a necessidade de terminais portuários e operações especializados no tipo de movimentação desse granel sólido mineral. Dessa forma, a importação e exportação de minério é realizada segundo regulamentações e sistemas já pré-definidos englobando diversas operações portuárias. Em geral os materiais sólidos a granel, o caso do minério de ferro, contendo umidade muitas vezes, estão sujeitos a rupturas, liquefação e deslizamentos. Assim, os navios correm riscos diante desses fenômenos sendo necessária a regulamentação por parte da Organização Marítima Internacional (IMO), parte da Organização das Nações Unidas (ONU) que realiza a regulamentação do transporte marítimo, estabelece orientações e leis que tem como objetivo garantir a segurança das operações marítimas. A IMO, por sua vez, estabeleceu o Limite de Umidade Transportável (TML), para prevenir a liquefação e fenômenos relacionados. Para a determinação desse limite, ela conta com três métodos: *Proctor /Fagerberg*, *Flow Table* e *Penetration*. Nessa perspectiva, o presente trabalho apresenta uma descrição dos processos que envolvem o carregamento de minério de ferro, apresentando os aspectos regulatórios e técnicos do TML no terminal de Ponta da Madeira no Porto de Itaqui, São Luís.

Palavras-chave: Minério de ferro. Operações portuárias. Limite de Umidade Transportável.

## **ABSTRACT**

Given the diversity of industrial processes and consumer goods production in the world, the importance of iron ore in these activities stands out, as it is a fundamental raw material. The transportation of ore is usually done through ships where the need for port terminals and operations specialized in the type of movement of this solid mineral bulk is generated. Thus, the importation and exportation of ore is carried out according to pre-defined regulations and systems encompassing several port operations. In general, solid bulk materials, such as moisture-containing iron ore, are often subject to breakage, liquefaction and slippage. Thus, ships are at risk from these phenomena and regulation by the International Maritime Organization (IMO), part of the United Nations (UN) that regulates shipping, establishes guidelines and laws that aim to ensure the safety of maritime operations. IMO, in turn, has set the Transportable Humidity Limit (TML) to prevent liquefaction and related phenomena. To determine this limit, it has three methods: Proctor / Fagerberg, Flow Table and Penetration. From this perspective, the present paper presents a description of the processes involving iron ore loading, presenting the regulatory and technical aspects of the TML at the Ponta da Madeira terminal in the Itaqui Port, São Luís.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente à Deus por ter me permitido chegar até a conclusão do curso. Agradeço imensamente a minha família que acompanhou toda minha jornada durante 6 anos de universidade, dando suporte integral em todas as horas. Agradeço aos professores do Departamento de Engenharia Naval, por me ouvirem em certos momentos de desânimo e de alegria também.

## LISTA DE ABREVIATÖES

TPPM – Terminal Marítimo de Ponta da Madeira

PDM – Ponta da Madeira

IMSBC – *International Maritime Solid Bulk Cargoes Code*

IMO – *International Maritime Organization*

ANTAQ – Agência Nacional de Transportes Aquaviários

BNDES - Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social

ANPET - Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes

ISO - *International Organization for Standardization*

TML – Limite de Umidade Transportável

FMP – Ponto de Umidade de Fluxo

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Granulometria do minério de ferro.....	16
Figura 2: Viradores de vagões em PDM.....	17
Figura 3: Correias transportadoras de minério de ferro.....	18
Figura 4: Empilhadeiras.....	19
Figura 5: Pátios de armazenamento. ....	19
Figura 6: Recuperadora de minério.....	20
Figura 7: Carregador de navios em PDM .....	21
Figura 8: Sistema de amostragem VALE S.A. ....	22
Figura 9: Amostrador primário – corta fluxo .....	22
Figura 10: Amostrador secundário – corta fluxo .....	23
Figura 11: Amostrador terciário .....	23
Figura 12: Divisor rotativo.....	24
Figura 13: Esquematização do Terminal Marítimo de Ponta da Madeira. ....	27
Figura 14: Processos de movimentação de minério no TPPM.....	28
Figura 15: Representação do processo de negociação apresentado Botter (2012) .....	33
Figura 16: Carregador do navio operando.....	35
Figura 17: Píer 1 - TPPM.....	36
Figura 18: Detalhes e características do Píer 3 Norte e Sul .....	36
Figura 19: Detalhes e características do Píer 4 .....	37
Figura 20: Representação do TPPM. ....	37
Figura 21: Amostra sendo retirada do minério já embarcado .....	44
Figura 22: Lata sendo preenchida pela amostra retirada.....	45
Figura 23: Amostra sendo virada apresentando um ótimo comportamento da carga que foi já carregada.....	45
Figura 24: Fluxograma do Processo .....	50
Figura 25: Simbologia de Fluxograma de Processos .....	51

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Métodos de determinação do TML.....	42
---	----

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	11
1.1 OBJETIVOS .....	12
<b>1.1.1 Objetivo geral</b> .....	12
<b>1.1.2 Objetivo específico</b> .....	12
1.2 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO .....	12
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	14
2.1 O BRASIL E O MINÉRIO DE FERRO .....	14
2.2 O MINÉRIO DE FERRO.....	15
2.3 ARMAZENAMENTO E TRANSPORTE DE MINÉRIO NOS PORTOS.....	16
2.4 SISTEMA DE AMOSTRAGEM, PREPARAÇÃO E ANÁLISES .....	21
<b>2.4.1 Sistema de amostragem em conformidade com a Norma ISO 3082</b> .....	21
<b>2.4.2 Ensaio de umidade (ISO 3087)</b> .....	24
<b>3. METODOLOGIA</b> .....	26
3.1 ESTUDO DE CASO.....	26
3.2 O TERMINAL PORTUÁRIO PONTA DA MADEIRA E O SISTEMA NORTE .....	27
3.3 MAPEAMENTO DE PROCESSOS NO TPPM.....	28
<b>3.3.1 Processos de transporte do minério dos vagões aos pátios</b> .....	29
<b>3.3.2 Direcionamento da carga</b> .....	30
<b>3.3.3 Rota de descarga</b> .....	31
<b>3.3.4 Planejamento e programação do porto</b> .....	32
<b>3.3.5 Cadeia que envolve o fretamento do navio</b> .....	32
<b>3.3.6 Pátios de estocagem e Píeres de atracação</b> .....	35
3.4 ASPECTOS REGULATÓRIOS E TÉCNICOS DO LIMITE DE UMIDADE TRANSPORTÁVEL DE MINÉRIOS DE FERRO.....	38
<b>3.4.1 Finos de minério de ferro</b> .....	39
<b>3.4.2 Métodos de determinação do TML</b> .....	42
<b>3.4.3 Conscientização da tripulação</b> .....	46
<b>4. RESULTADOS</b> .....	49
<b>5. CONCLUSÃO</b> .....	53
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	55

## 1. INTRODUÇÃO

No século 16, o Brasil registrou os primeiros fatos envolvendo a mineração destacando-se o ouro, o diamante e o ferro. A mineração, sendo em geral uma atividade bastante lucrativa, recebeu muitos investimentos, principalmente de empresas estrangeiras com o objetivo de facilitar e ampliar a exploração de minérios, sendo no Brasil o minério de ferro em destaque.

Sendo a VALE S/A. a segunda maior empresa mineradora do mundo, a maior das Américas, ela detém uma das maiores produções de minério de ferro do mundo e posiciona-se, mundialmente, em segundo lugar na produção de níquel. O Terminal Marítimo de Ponta da Madeira (TPPM), localizado em São Luís, estado do Maranhão, Nordeste do Brasil, faz parte do Sistema Norte da VALE, que compreende um sistema integrado mina-ferrovia-porto, composto pelas minas a céu aberto de Carajás (PA), por uma usina de beneficiamento de minério de ferro e pela estrada de ferro Carajás. A maior proximidade aos mercados norte-americano e europeu posiciona estrategicamente o TPPM na exportação de minério de ferro e grãos agrícolas (CUTRIM et al., 2014).

A IMO estabeleceu em 1965 o Código Marítimo Internacional de Cargas Sólidas a Granel (*International Maritime Solid Bulk Cargoes Code - IMSBC Code*), com objetivo de definir critérios para segurança das operações, revisado periodicamente pelo Sub-comitê de Cargas Perigosas, Cargas Sólidas e Contêineres (DSC – *Sub-committee on Dangerous Goods, Solid Cargoes and Containers*). Esse documento contém uma lista de fichas das cargas a granel transportadas por via marítima, sua classificação em termos de periculosidade, os riscos associados e procedimentos a serem adotados para que a segurança da operação seja garantida, além de testes para a determinação de algumas características das cargas, as quais são classificadas em três grupos: Grupo A – cargas que apresentam risco de liquefação; Grupo B – cargas que apresentam risco químico; Grupo C – cargas que não apresentam riscos (FERREIRA et al., 2016). O Código tem efeito mandatário para os países membros da IMO, dentre os quais o Brasil.

Assim, a motivação deste trabalho é analisar o processo logístico desde o abastecimento de minério nos armazéns no Porto até o carregamento nos porões dos navios destinados, contribuindo para a pesquisa nessa área pois, não foi encontrado nenhum trabalho abordando esse processo logístico. Dessa forma, o presente estudo irá abordar os principais objetivos, a metodologia aplicada, abordagens hoje em dia do tema em questão, descrição das operações envolvendo o processo e as conclusões obtidas.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo geral

Este trabalho tem como objetivo geral realizar uma análise do processo logístico do pré-carregamento de minério de ferro no terminal de Ponta da Madeira.

### 1.1.2 Objetivo específico

Afim de atingir o objetivo geral, este trabalho fornece uma visão geral das operações envolvidas no carregamento de minério de ferro no terminal marítimo de Ponta da Madeira, além de identificar limitações, pontos críticos, gargalos e perigos que possam levar acidentes, e propor melhorias nos processos. Dessa forma, seriam atingidos através de análises da estocagem do minério de ferro no terminal, aspectos regulatórios e técnicos do TML, descrição do transporte do minério dos armazéns até a embarcação, identificação de gargalos, pontos críticos e perigos que possam ocasionar em acidentes, e sugerir melhorias.

## 1.2 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Este trabalho está segmentado em 4 capítulos os quais estão dispostos da seguinte maneira:

O Capítulo 1 contém a introdução do tema em estudo apresentando o contexto da mineração no Brasil e as problemáticas que surgiram ao longo dos anos decorrentes desse processo. Apresenta, também, a motivação, justificativa e objetivos propostos.

O Capítulo 2 apresenta uma breve revisão bibliográfica abordando conceitos existentes na literatura, artigos científicos e publicações sobre o tema em estudo.

O Capítulo 3 apresenta a metodologia utilizada para o desenvolvimento do estudo, e expõe, de forma descritiva, o estudo de caso analisando o cenário do terminal e análise da estocagem do minério em questão através de mapas e ilustrações, os métodos para determinar os Limites de Umidade transportável através de tabelas e comparativos, o transporte do minério dos armazéns até a embarcação através de representações gráficas e identificação de gargalos, pontos críticos e perigos que possam ocasionar em acidentes através de pesquisas de vistoriadores navais que trabalham no terminal.

Por fim, o Capítulo 4 apresentando as conclusões do estudo de caso, com as análises críticas da metodologia aplicada e dos resultados obtidos. Também são mostradas ideias de trabalhos futuros para melhoria dos processos.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste tópico serão apresentados alguns artigos científicos, trabalhos de pesquisa acadêmica e estudos anteriores sobre o tema proposto nesse estudo destacando o valor para o meio marítimo desse trabalho.

### 2.1 O BRASIL E O MINÉRIO DE FERRO

O Brasil é historicamente um país de exorbitantes diversidades natural e cultural, além de uma grande extensão territorial que propicia a produção de bens diversificados e o coloca numa privilegiada posição de possibilidade de crescimento.

O país se encontra em plena expansão de suas relações externas e conseqüentemente, a movimentação de mercadorias segue em ritmo de ascensão, um exemplo desse crescimento é o setor portuário brasileiro. Este se encontra num estágio de expansão, com aumento da circulação de mercadorias e necessidade de ampliação do sistema portuário para conseguir atender esse crescimento.

Diante da movimentação de cargas, o setor portuário apresentou um crescimento de 2,7% em 2018, na comparação com o ano anterior. Dados divulgados pela Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ) mostram que, no ano passado, 1,117 bilhão de toneladas de cargas foram movimentadas em terminais públicos e privados (NASCIMENTO, 2019).

Vale ressaltar que os portos públicos movimentaram 374 milhões de toneladas em 2018, um aumento de 2,6% em comparação com 2017, quando foram movimentados 365 milhões de toneladas. Já os terminais privados movimentaram 743 milhões de toneladas no ano passado, um crescimento de 2,8% em relação a 2017 (723 milhões de toneladas) (NASCIMENTO, 2019).

Entre os portos públicos, o de Santos (SP) aparece na primeira posição, com 107,5 milhões de toneladas de cargas. Em segundo, está Itaguaí (RJ) com 56,6 milhões de toneladas. No terceiro lugar, Paranaguá (PR), com 48,5 milhões de toneladas. Depois aparecem Rio Grande (RS), com 27,2 milhões de toneladas movimentadas, e Suape (PE), que movimentou 23,4 milhões de toneladas.

Com relação aos privados, o terminal de Ponta da Madeira (MA) liderou a movimentação em 2018, com 198,1 milhões de toneladas. Depois vem Tubarão (ES), com 103,9 milhões de toneladas. Em seguida, aparecem Tebar (SP), com 44,1 milhões de toneladas; Tebig (RJ), com 42,9 milhões de toneladas; e Ilha Guaíba (RJ), com 41,2 milhões de toneladas (NASCIMENTO, 2019).

Sendo as cargas de granel sólido responsáveis pela maior movimentação. No total, os portos e terminais movimentaram 712,8 milhões de toneladas de granel sólido, 2,4% a mais que em 2017. Em seguida, com 235,1 milhões de toneladas, vêm as cargas de granel líquido, um aumento de 1,9% em relação ao ano anterior. Os contêineres aparecem em terceiro lugar, com 112,8 milhões de toneladas, crescimento de 4,8% em 12 meses. A carga geral solta movimentou 56,7 milhões de toneladas, crescimento de 6,1% no período (NASCIMENTO, 2019).

Segundo o site da Agência Brasil, o minério de ferro foi a principal carga transportada tendo o setor portuário movimentado 407 milhões de toneladas dessa carga em 2018. O minério de ferro, conforme os dados da ANTAQ, representa 36% do total movimentado por portos e terminais privados do país.

Assim, a mineração no Brasil é peça fundamental para os alicerces da economia brasileira. Responsável principalmente para o equilíbrio da balança comercial, haja vista que a grande parte produzida na mineração é demandada pelo exterior. Conforme BNDES (2014), as maiores empresas produtoras no Brasil são: Vale (84,52%), SAMARCO (6,29%), CSN (5,45%) e USIMINAS (2%).

## 2.20 MINÉRIO DE FERRO

A expansão e o crescimento mundial, liderados principalmente por países asiáticos, levaram a exploração e a produção do minério de ferro a um crescimento acentuado, dado que esse minério é um dos principais componentes do material mais utilizado no mundo: o aço (IBRAM, 2012).

As siderúrgicas utilizam como matéria-prima básica em seus processos industriais o minério de ferro granulado. Tem-se aqui o conceito de granulometria, que é uma medida da aglomeração de minério de ferro que possui faixas de

tamanhos e nomes específicos para cada faixa, conforme apresentado no Quadro 1. Quanto mais aglomerado é o minério, maior é seu valor econômico. Essa característica é determinante para indicar a qualidade das reservas e jazimentos de exploração desse minério (ABM, 2008).

Figura 1: Granulometria do minério de ferro

<b>PRODUTO</b>	<b>FAIXA DE TAMANHO (mm)</b>	<b>APLICAÇÃO BÁSICA</b>
<b>"Lump" ou Granulado</b>	<b>6,3 a 31,7</b>	<b>Alto-Forno e Redução Direta</b>
<b>"Sinter Feed"</b>	<b>0,15 a 6,3</b>	<b>Aglomerção por Sinterização</b>
<b>"Pellet Feed"</b>	<b>&lt; 0,15</b>	<b>Aglomerção por Pelotização</b>

Fonte: ABM, 2008.

A fim de se obter as características adequadas para comercialização, o minério de ferro pode passar por um processo de beneficiamento para adequar sua granulometria à faixa ideal de exportação. Porém, tal processo requer grandes montantes de investimentos e causa impactos ambientais significativos. A grande vantagem desse processo é que, assim, é possível adequar às características físico-químicas desejadas, agregando maior valor ao produto final (ABM, 2008).

## 2.3 ARMAZENAMENTO E TRANSPORTE DE MINÉRIO NOS PORTOS

Tendo em vista as configurações dos portos brasileiros em geral, as jazidas de minério de ferro são localizadas distantes, fato que se faz necessário um sistema de logística com a capacidade de otimizar o transporte de minério de ferro das minas até os portos.

Segundo ANPET (2007), o minério de ferro é transportado até o porto por três com inúmeros vagões, sendo impossível de realizar a descarga desses vagões diretamente nos porões das embarcações. Assim, o fluxo dos trens não se iguala aos cronogramas dos navios em que um armazenamento do minério de ferro em pátios de estocagem no interior do porto é necessário.

Dessa forma, os processos logísticos nos portos envolvem a descarga dos vagões nos pátios de estocagem, organização das pilhas e o embarque nos navios. Nessa logística, o armazenamento do minério garante o equilíbrio da operação e

garante a continuidade de fornecimento na hora da exportação (ANPET, 2007). Os pátios de operação necessitam de máquinas e equipamentos de grande porte para movimentar o minério, estocando-o de forma a facilitar seu posterior carregamento no navio. Nessa perspectiva, o minério segue uma sequência logística específica de movimentação entre o pátio de armazenamento e o carregamento/descarregamento do navio. Nessa logística de transporte e armazenamento até o navio, são necessários alguns equipamentos primordiais:

- Virador de vagões

Equipamento que realiza o semi-giro (aproximadamente 180°) do vagão, em seu eixo longitudinal, despejando o minério que está dentro dele no alimentador de sapatas (TAVARES, 2012). A figura abaixo mostra um virador de vagões realizando o giro do vagão com minério de ferro em seu interior. Essa operação dos viradores de vagões é realizada assim que os trens chegam ao porto.

Figura 2: Viradores de vagões em PDM



Fonte: (TAVARES, 2012)

- Alimentador de Sapatas

Sua função é receber o minério despejado pelo virador de vagões e transferi-lo para as correias transportadoras, amenizando o impacto. Assim, o alimentador de sapatas atua como um regulador de fluxo. Ele é utilizado diante de grandes impactos da descarga de minérios do virador de vagões, impossibilitando o despejo direto na correia transportadora (TAVARES, 2012).

- Correias transportadoras

As correias são utilizadas para transportar o minério dos viradores de vagões até os pátios de estocagem e também, encaminhar o minério dos pátios até os navios. Dessa forma, as correias permitem uma melhor movimentação do minério de ferro pelos pátios de estocagem. Após passar pelas correias transportadoras, o minério precisa ser empilhado de forma a otimizar o espaço do pátio.

Assim, é armazenada a maior quantidade possível de minério no espaço físico disponível, facilitando a movimentação no porto. As correias possuem capacidade de 8.000 t por hora e quatro destas com capacidade de 16.000 t por hora que alimentam os equipamentos com capacidade de empilhar 16.000 t por hora (TAVARES, 2012).

Figura 3: Correias transportadoras de minério de ferro



Fonte: *GeoLocation*, 2012

- Empilhadeira

Equipamento que recebe o minério que foi movimentado pelas correias transportadoras desde o virador de vagões até o pátio, direcionando-o para as pilhas localizadas nos pátios de estocagem da maneira mais eficiente possível. A empilhadeira, na figura 3 percorre o pátio de minério em cima de trilhos.

Figura 4: Empilhadeiras



Fonte: (AM, 2019)

- Pátio de Armazenamento

São pátios que ficam a céu aberto e possui grandes dimensões, em que são armazenadas grandes quantidades de minério na configuração de pilhas de tamanhos variados. De acordo com CARDOSO (2011), as operações que envolvem a carga e descarga de minério de ferro são mais fáceis e eficientes quando as dimensões das pilhas são grandes pois possibilita o maquinário a operar por mais tempo com um menor número de manobras, gerando um ganho energético e logístico. A figura 4 ilustra um exemplo de pátio de armazenamento de minérios.

Figura 5: Pátios de armazenamento.



Fonte: (BONATO, 2015)

- Recuperadora

A recuperadora possui uma finalidade diferente da empilhadeira. Ela é aplicada para recuperar o minério que está armazenado nas pilhas nos pátios, operando com um mecanismo de roda de caçambas que escavam a pilha e depositam o minério nas correias transportadoras, afim de transportá-lo para os carregadores de navios.

A recuperadora, assim como a empilhadeira, movimenta-se pelo pátio de minério em cima de trilhos. Essa operação é mais difícil quando as pilhas já foram bastante escavadas, assim o equipamento fica mais próximo ao solo sendo preciso o uso de retroescavadeiras para reempilhar o minério.

Figura 6: Recuperadora de minério



Fonte: (FIUZA; CRISTINA, 2016)

- Carregador de Navios ou *Shiploaders*

São equipamentos dispostos nos píeres de atracação que realizam o embarque do minério, vindo das correias transportadoras, nos porões dos navios. Existe, também, a possibilidade desses equipamentos realizarem o caminho oposto, através de uma máquina semelhante só que com a finalidade de recuperar o minério de navios recém-atracados no porto.

Figura 7: Carregador de navios em PDM



Fonte: Autor, 2018.

## 2.4 SISTEMA DE AMOSTRAGEM, PREPARAÇÃO E ANÁLISES

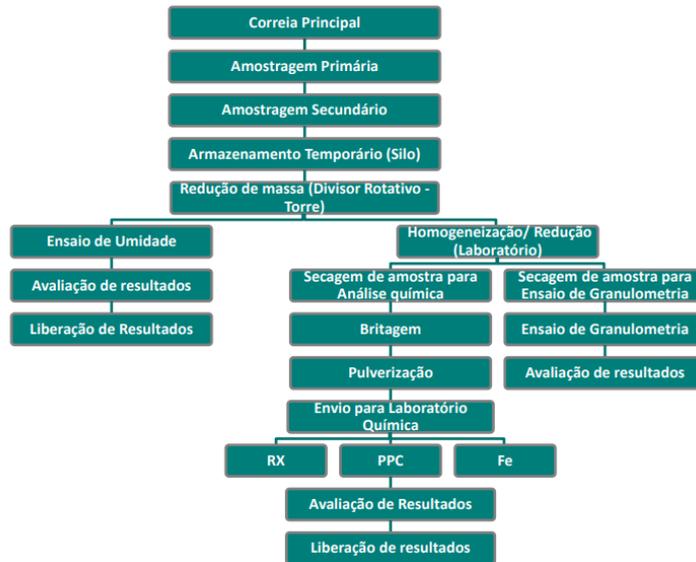
### 2.4.1 Sistema de amostragem em conformidade com a Norma ISO 3082

A amostragem no Porto é realizada de acordo com os requisitos da norma ISO 3082 por base massa, em que é proporcional à massa do lote de minério. Os sistemas de amostragem são constituídos basicamente por amostrador primário e amostrador secundário, ambos cortadores de fluxo linear, e amostrador terciário, um divisor rotativo.

A estrutura é composta por cinco linhas de embarque, cinco amostradores primários e quatro torres de amostragem. As linhas de embarque 1 e 2 são amostradas pela Torre 1, a linha de embarque 3 é amostrada pela Torre 2, a linha de embarque 4 é amostrada pela Torre 3 e as linhas de embarque 5 e 6 são amostradas pela Torre 4 (SILVA; SILVA, 2012).

São coletadas de quatro a cinco amostras parciais para realização de ensaios de granulometria e química. Coletadas mais doze a dezesseis amostras parciais para ensaios de umidade, dependendo do tamanho da carga. As amostras parciais coletadas são submetidas a ensaios e o resultado final para a carga é calculado pela média ponderada dos resultados individuais em função da tonelagem correspondente à cada amostra parcial.

Figura 8: Sistema de amostragem VALE S.A.



Fonte: (SILVA; SILVA, 2012).

- Amostrador primário – corta fluxo: O número de incrementos por lote de embarque é definido a partir do tamanho da carga do navio juntamente com a avaliação da variação da qualidade do material; Após definição deste valor, faz-se o “Plano de amostragem” que é o documento em que se registra o planejamento e execução da amostragem a cada navio embarcado.

Figura 9: Amostrador primário – corta fluxo



Fonte: (SILVA; SILVA, 2012).

- Amostrador secundário – corta fluxo: A cada incremento primário, realiza-se quatro incrementos no amostrador secundário a fim de reduzir a massa de forma representativa.

Figura 10: Amostrador secundário – corta fluxo



Fonte: (SILVA; SILVA, 2012).

- Amostrador terciário – Divisor rotativo de 32 caixas: A amostra segue para um divisor rotativo onde é homogeneizada e quarteada e acondicionadas em caixas; A massa necessária para executar os ensaios é retirada e a massa restante é direcionada para o navio.

Figura 11: Amostrador terciário



Fonte: (SILVA; SILVA, 2012).

A partir disso, as amostras vão da torre de amostragem para o laboratório em caminhonetes. Lá elas são homogeneizadas e reduzidas por meio de divisor rotativo.

Figura 12: Divisor rotativo



Fonte: (SILVA; SILVA, 2012).

#### 2.4.2 Ensaio de umidade (ISO 3087)

Após recolher as amostras, elas irão passar pelo ensaio de umidade. Em que é retirada uma massa necessária para o ensaio conforme norma ISO 3082. A amostra é pesada e registra-se a massa inicial (massa úmida), logo após coloca-se uma bandeja contendo a massa úmida em estufa e a amostra é aquecida até ficar seca a  $105^{\circ} \pm 5^{\circ}$  C durante o tempo mínimo de 4h. A secagem é realizada até a amostra ter massa constante. Assim, a bandeja é retirada da estufa e pesa-se o conjunto (bandeja + minério). O operador migra as massas obtidas para o sistema onde a razão da diferença entre massa úmida em função da massa seca corresponde a porcentagem de umidade.

Dessa forma, a massa é inserida em um divisor rotativo e moída em um moinho de panela a 1mm, assim é quarteada no divisor rotativo para pulverização (a massa é pulverizada em um moinho de panela a  $100^{\circ}\text{C}$ ). Assim, o material é colocado em um jogo de peneiras e aguarda um tempo de vibração, sendo retirada de uma a uma para pesagem e obtenção da massa retida em cada malha.

Nessa perspectiva, a IMO estabeleceu o Limite de Umidade Transportável (TML) a fim de garantir a segurança nas operações. A umidade máxima estabelecida pela TML é de 10,45%. A movimentação de cargas portuárias de minério de ferro vem crescendo nos últimos anos, 376 milhões de toneladas foi movimentado em 2016, esse volume representa aproximadamente 12% a mais do

que no ano de 2013 (BRASIL, 2017). Diante disso, o teor de umidade do minério de ferro é um parâmetro importante, requer cuidados na execução dos processos e no controle de qualidade, tendo em vista que a umidade elevada torna o processo de comercialização dispendioso, pois caso o teor de umidade estiver acima do valor máximo permitido fica vedado o embarque trazendo prejuízos.

Os mineiros de ferro deságuam com muita dificuldade, a umidade se mantém elevada durante o transporte e a estocagem, sendo potencializada nos períodos de chuvas. E nos porões dos navios, por conta da agitação dos mineiros de ferro essa água é despreendida do minério de ferro ocasionando vários transtornos e em situações extremas podem causar um desequilíbrio para o navio podendo adernar ou até mesmo emborcar repentinamente. Estudos mostraram que teores de umidade de 9% ainda podem ser considerados elevados para o processo de estocagem e transporte do minério de ferro (ABRÃO et al., 2001).

### 3. METODOLOGIA

#### 3.1 ESTUDO DE CASO

A companhia Vale foi criada em 1º de junho de 1942 pelo Decreto-lei n.º 4.352, iniciando suas atividades como uma empresa pública, tornando-se privada em 1997. Tem sede no Brasil e atua em 38 países, sendo considerada a segunda maior mineradora do mundo. Em relação ao minério de ferro, na qual é a maior produtora do mundo, a Vale produziu em 2010 297 milhões de t. A empresa também pesquisa, produz e comercializa níquel (segundo maior produtor mundial), concentrado de cobre, bauxita, carvão, alumina, alumínio, potássio, caulim, manganês, ferro-liga, cobalto, metais preciosos e metais do grupo platina (SILVA; SILVA, 2012).

O sistema produtivo integra as operações da mina, ferrovia e porto, com o planejamento de toda a sua cadeia produtiva, a qual, no Brasil, é dividida em três Sistemas: Norte, Sudeste e Sul e mais a operação de Sergipe com o Terminal Marítimo Inácio Barbosa.

O Sistema Sudeste é composto pela Estrada de Ferro Vitória Minas (EFVM) que faz a ligação das mais de 15 minas da região com o Complexo Portuário de Tubarão, localizado em Vitória, no Espírito Santo. O Sistema Sul é composto por três complexos de mineração e por dois portos marítimos, o Terminal de Ilha de Guaíba (TIG) e o da Companhia Portuária Baía de Sepetiba (CPBS).

O Sistema Norte, é constituído pela estrada de ferro Carajás (EFC) e pelo Terminal Portuário Ponta da Madeira (TPPM), em São Luís, Maranhão, exclusivo para o escoamento do minério de ferro da Vale oriundo do Complexo de Carajás no Pará. A Vale não restringe a utilização de sua malha ferroviária e de seus terminais portuários apenas a movimentação de seus produtos, e estende suas operações e serviços para clientes dos mais diversos setores (SILVA; SILVA, 2012).

O presente estudo foi desenvolvido no TPPM, identificando-se seus processos e equipamentos. Resumidamente, tem-se que partimos da chegada dos trens com minério de ferro, sua descarga nos viradores de vagão, em que o minério descarregado é transportado por correias até pátios de armazenagem. Esses pátios

são divididos por áreas demarcadas por balizas, em que os produtos são separados de acordo com suas especificações e qualidade. Dessa forma, os pátios possuem máquinas especializadas, empilhadeiras e recuperadoras, responsáveis por empilhar o material que chega e o recuperar para serem encaminhados para o embarque nos navios.

A partir do navio já atracado, é iniciada a recuperação do minério que está no pátio de armazenamento, sendo ele movimentado por correias transportadoras até o navio. Aparentemente um processo simples, porém com dificuldades advindas das alternativas possíveis e referentes às rotas, pilhas, máquinas a utilizar e mais envolvido no processo.

### 3.20 TERMINAL PORTUÁRIO PONTA DA MADEIRA E O SISTEMA NORTE

O Sistema Norte é composto pela Mina de Carajás; estrada de Ferro Carajás e o TPPM. Em 2010, o Sistema Norte teve a seguinte distribuição de vendas em relação a clientes: China 45,6%, Japão 13,1%, Outros 10,5%, Coréia 7,4%, Alemanha 7,1%, Itália 4,4%, França 4,2%, Reino Unido 3,05, Brasil 2,9% e Holanda 2,0% (ROBLES; CUTRIM; MARCOS, 2013). A produção de minério de ferro do Sistema Norte passou de 55,00 Mtpa em 2002 para 109,09 Mtpa em 2011.

O TPPM, mostrado na figura abaixo, é responsável pelo recebimento do material (minério de ferro, insumos para produção de pelotas e manganês) proveniente de Carajás, descarga nos viradores de vagão, estocagem em pátios a céu aberto e, finalmente, embarque do material que se destina a clientes em todo o mundo, principalmente Europa e Ásia Oriental.

Figura 13: Esquematização do Terminal Marítimo de Ponta da Madeira.



Fonte: (ROBLES; CUTRIM; MARCOS, 2013).

Vale ressaltar que essa representação do terminal apenas ilustra a disposição dos setores já descritos. Com o passar dos anos, o terminal foi sofrendo alterações para melhor atender a demanda dos navios. Entre elas, a construção do píer 4 que atende dois navios ao mesmo tempo.

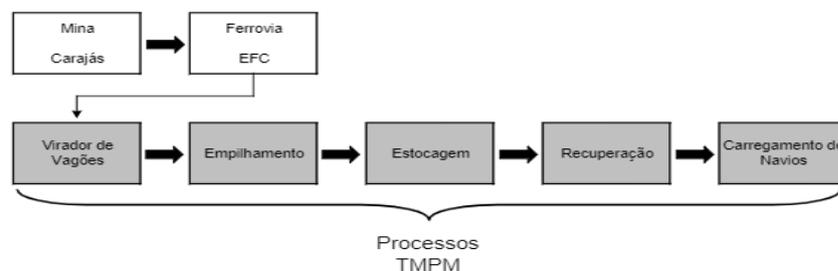
### 3.3 MAPEAMENTO DE PROCESSOS NO TPPM

Segundo Cheung e Bal (1998) pode-se definir mapeamento do processo como uma técnica de orientação para o desenvolvimento, um projeto ou avaliação dos processos que existem nos diversos setores de uma organização. O mapeamento é composto por entradas, saídas, tempo, espaço, ordenação, objetivos e valores que facilitam o entendimento das operações existentes proporcionando um gerenciamento com objetivo de fornecer melhorias ao processo em estudo.

Neste sentido, uma das técnicas mais comuns é o mapeamento do processo na forma de um fluxograma. Ele ilustra graficamente um processo existente ou um novo processo a ser proposto, identificando cada evento da sequência de atividades, através de símbolos, linhas e palavras (HUNT, 1996).

Dessa forma, através do mapeamento de processos, é possível descrever o processo logístico do carregamento de minério de ferro afim de montar-se um fluxograma representando as atividades. Tendo como objetivo esse trabalho de gerar um fluxograma do processo logístico do carregamento de minério de ferro sendo apresentado no tópico dos resultados. A Figura abaixo ilustra basicamente as etapas do processo para a movimentação do minério de ferro no TPPM:

Figura 14: Processos de movimentação de minério no TPPM



Fonte: (SILVA; CUTRIM; ROBLES, 2013).

### 3.3.1 Processos de transporte do minério dos vagões aos pátios

De acordo com Silva e Silva (2012), existem 11 pontos de carregamento, que pode ser feito de três formas no sistema Norte. Sendo na primeira, os minérios que estão nos pátios de estocagem são carregados pela correia transportadora até os silos. Esses silos são operados por um profissional que abre e fecha as portas até encher os vagões com a quantidade de minério adequada.

A segunda opção é realizar o carregamento com o auxílio de pás-carregadeiras. Esse equipamento carrega o minério empilhado e descarrega diretamente em um vagão. E a terceira forma, é através de “muros de carregamento”, em que o caminhão se posiciona na beirada de um muro ou doca, balança a caçamba para que o minério escoe diretamente no vagão vazio posicionado na linha logo abaixo do muro.

Dessa forma, para um correto dimensionamento das frotas de trens e das vias utilizadas, é necessário analisar não só o carregamento, a viagem e a descarga e sim, os indicadores de disponibilidade de vagões e locomotivas e a disponibilidade das vias permanentes com base no peso médio da carga a ser transportada.

Na etapa do carregamento, os tempos calculados são influenciados por diversos fatores, tais como: silos ocupados, paradas do sistema de correias transportadoras, quantidade de trens em circulação, perfis das ferrovias (se há muitas subidas, muitas curvas ao longo do caminho), entre outros. Vale ressaltar também que, as locomotivas são inspecionadas a cada duas viagens e manutenções preventivas são sempre realizadas.

Um outro aspecto importante é a manobra dos trens. Quando os trens chegam nos pátios de estocagem, é preciso desmembrar ou formar novamente a composição, operação que requer uma quantidade suficiente de linhas com extensões adequadas, profissionais para fazer as manobras e locomotivas destinadas a esse trabalho. Nos pátios de carregamento e descarga existem locomotivas que tem como função empurrar os compostos de vagões até os viradores de vagões. Assim, logo após a descarga do minério no virador de vagões, começa-se a etapa de classificação, que tem como objetivo separar os vagões aptos a voltar a realizar as operações dos que precisam de manutenção.

Mecânicos inspecionam os vagões para definir quais deverão seguir para as oficinas. Dessa forma, ele enumera os vagões e faz uma lista de corte que segue para sistema, podendo assim o manobreiro receber as informações e realizar a separação.

Dessa forma, os trens são entregues com o material nos viradores de vagões que viram dois vagões ao mesmo tempo, com uma taxa de 8.000 toneladas por hora, ou dois viradores simultâneos com uma taxa de 16.000 toneladas por hora. Os trens são separados por lotes com base na capacidade do braço posicionador em que a cada trem chega com 3 lotes e cada um com 110 vagões, sendo aproximadamente 100 toneladas por vagão.

A descarga de cada lote dura em torno de 90 minutos e as manobras ferroviárias entre os lotes em torno de 15 a 20 minutos, sendo o tempo total para descarregar um trem inteiro, 5 horas e 30 minutos. Assim, cada virador é capaz de descarregar um pouco mais de quatro trens por dia se não houver falhas ou ociosidade.

### **3.3.2 Direcionamento da carga**

Após passar pelos viradores de vagões, o minério a ser embarcado pode seguir quatro caminhos já pré-estabelecidos na saída da mina. Sendo essa etapa chamada de “Direcionamento de carga”, seguem abaixo as possíveis direções a serem seguidas:

- O minério é transportado diretamente para o navio, em que é uma operação eventual, não acontece com frequência.
- O minério é transportado para o sistema de classificação em que há a retirada dos finos dos granulados em que são destinados ao peneiramento.
- O minério é enviado aos pátios de estocagem, no qual será misturado (“blendado”) com outros minérios de origens diferentes. O processo de “blindagem” é muito importante para as especificações dos teores químicos e das características físicas.
- O minério é enviado para a pelotização.

A etapa de direcionamento do minério é iniciada no carregamento dos vagões nas minas em que, o porto solicita à mina a formação de uma carga e a partir disso, a área de programação de carregamentos da mina, analisa as opções para a montagem das pilhas levando em consideração as características físicas e químicas exigidas pelo porto. Assim, com a análise já realizada, a mina elabora um plano de atendimento em que são indicados as origens e o destino do minério solicitado.

Realizado o plano de atendimento, os trens nas minas começam a ser carregados em que são realizadas amostras para testes de umidade e temperatura. Através desses resultados dos testes, a mina irá decidir se o destino do minério está mantido ou não. Assim que o minério chega no porto, as características físicas e químicas são analisadas pela sala de controle do porto e somente após essa análise, o minério é destinado aos caminhos descritos já anteriormente.

### **3.3.3 Rota de descarga**

A rota de descarga se entende pelo percurso que o minério de ferro irá percorrer dentro do porto até ele ser estocado na área programada pelo porto para a formação do lote de embarque, no qual ela é composta de virador de vagões, um conjunto de correias transportadoras e empilhadeiras. Após o minério ser descarregado, eles são transportados através das correias e seguem para as empilhadeiras. Das empilhadeiras, o minério é armazenado em áreas determinadas que no nosso caso, o TPPM as áreas são indicadas por letras de A até I. Essas áreas são pátios de estocagem de minério em que são demarcados por balizas a cada 20 metros, onde essas balizas identificam as propriedades químicas e físicas daquele minério armazenado ali.

Nos pátios de estocagem, existem máquinas que atuam nos processos de descarga e embarque do TPPM, são elas:

- No processo de descarga: Três empilhadeiras, sendo duas com capacidades para fluxo nominal de 16.000t/h e uma de 8.000t/h;
- No processo de embarque: Três empilhadeiras recuperadoras com capacidade para fluxo nominal de 8.000t/h e quatro empilhadeiras com mesmo fluxo;

A partir da pilha de minério formada no pátio, é programado o embarque. Porém, para o navio receber o minério de ferro, ele precisa ter algumas características técnicas já previamente definidas.

### 3.3.4 Planejamento e programação do porto

Uma das questões mais importantes que é abordada no contrato de vendas de minérios de ferro é o atendimento ao embarque dos navios fretados pelos clientes. É nesse processo que as características, condições e compromissos de carga porto são descritos para poder atender as necessidades do cliente.

Vale ressaltar os *laydays* ou janelas que são os períodos de tempo em que ocorre a apresentação do navio ao porto. O cliente tem o compromisso de apresentar as especificações dos navios 30 dias antes do início dos *laydays* para a aprovação da Vale. Assim, após a Vale aprovar o navio, o cliente deve nomear um agente de navegação em que ele é capaz de responder pelo navio quando a embarcação estiver em águas brasileiras.

O agente de navegação é responsável por todos os trâmites legais do navio no país, desde as questões relacionadas à saúde dos tripulantes até as questões alfandegárias. É de responsabilidade dele também de repassar ao porto as informações a respeito do navio e providenciar os recursos necessários para que o navio realize a atracação, o carregamento e saia do porto.

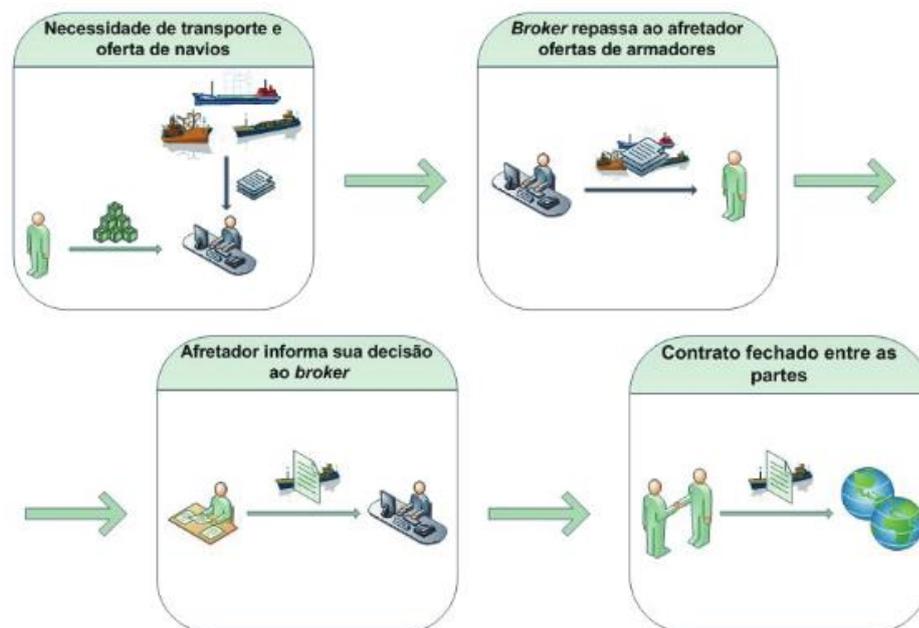
Em geral, antes do navio atracar, o agente notifica o porto a respeito do Tempo Estimado de Chegada no porto (ETA – *Estimated Time of Arrival*). Nessa notificação é informado ao porto de há necessidade de lastrar ou não a embarcação, que seria retirar completamente a água colocada nos tanques do navio com o objetivo de mantê-lo equilibrado. Dessa forma, o porto constrói uma sequência lógica do atendimento aos navios, chamado de “*Line-up*”.

### 3.3.5 Cadeia que envolve o fretamento do navio

Para ocorrer o afretamento de um navio, existem membros que são importantes nesse processo. Botter (2012) indica que o processo de negociação começa com o afretador comunicando ao mercado, mais especificamente ao “broker”, sua necessidade de transporte, contemplando quantidade da carga e períodos para o embarque e para descarga no destino. Esses agentes têm a função de colher as informações que os armadores repassam acerca das características e posição de seus navios. De posse dessas informações e da necessidade do afretador, o “broker” repassa uma relação da oferta de navios, questionando se a carga existe alguma peculiaridade ou preferência pelas embarcações sugeridas.

Após a análise, o afretador pode pedir uma oferta de frete de um ou mais armadores. Depois de definir sua preferência, a negociação ocorre em condições normais, permitindo que os afretadores possam fazer contra ofertas, prosseguindo até que ambas as partes cheguem a um acordo. A figura abaixo resume o processo de negociação proposto por Botter (2012).

Figura 15: Representação do processo de negociação apresentado Botter (2012)



Fonte: Adriano, Robles, Cutrim, 2013.

Assim, os armadores que são os “donos” dos navios, e segundo, os operadores que efetivamente operam o navio, sendo eles os que definem o destino e o tipo de carga que o navio vai transportar. Além disso, há procedimentos a serem analisados antes da autorização definitiva para a atracação do navio. É importante destacar os procedimentos relativos à alfândega, a Receita Federal e a ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária). Vários requisitos devem ser cumpridos para o navio poder atracar e durante esses processos, o navio que aguarda em uma área definida pela marinha do Brasil, chamada de área de fundeio.

Após o cumprimento de todos os requisitos necessários é realizada a manobra de atracação. Essa realizada por um prático, profissional credenciado pela Capitania dos Portos a manobrar num determinado porto, pois cada porto possui seu conjunto de práticos. É ele que conhece as condições da região – ventos

predominantes e ondas, entre outros fatores – e, por isso, é responsável por conduzir o navio da zona de fundeio até o berço de atracação. Outra responsabilidade do práctico é determinar os equipamentos auxiliares necessários para a manobra, como os rebocadores e as lanchas (SILVA; SILVA, 2012). Vale ressaltar que tanto o práctico quanto os auxiliares são contratados pelo navio, e cabe ao armador arcar com as despesas desses profissionais.

Após a realização da manobra, o navio encosta-se a um dos berços do porto de fica a disposição da Vale. Assim, é feita a amarração do navio para iniciar as operações de carregamento ou descarregamento. De início é realizada a “arqueação inicial” no qual é um processo reconhecido e validado por organismos internacionais para a determinação de carga a bordo. Ela é utilizada para a leitura dos calados e no cálculo de peso por deslocamento do navio. Essa medição é auxiliada por uma tabela que correlaciona cada polegada ou centímetro de imersão com o deslocamento podendo ser lida em uma escala no costado do navio (SILVA; SILVA, 2012).

Dessa forma, após o navio atracado é definido o momento zero do carregamento em que é descontado o peso da tripulação, combustível e água, isto é, o navio nesta condição apresenta zero de carga a bordo. Sendo essa a última verificação antes do carregamento, é realizada, também, uma arqueação final após o navio ser carregado.

Logo então, é iniciada a operação de carregamento seguindo o plano de carga em que ele indica a quantidade de minério que irá carregar em cada porão e qual sequência deve ser seguida. É importante dizer que alternar o carregamento dos minérios nos porões é essencial para não ocorrer desequilíbrio do navio. Assim, o plano de carga só pode sofrer alteração mediante autorização por escrito do imediato/comandante do navio.

Diante da sequência definida do carregamento, o inspetor da Vale envia um aviso ao centro de controle do porto, informando que o carregamento pode ser iniciado e em qual porão o minério deve ser direcionado. Em seguida, o centro de controle determina a área e a baliza localizada no pátio de estocagem. Desse modo, a recuperadora retira o minério e alimenta as correias transportadoras que, por sua vez, levam a carga até o carregador de navios, ele então despeja o minério dentro dos porões.

Figura 16: Carregador do navio operando



Fonte: Autor, 2018.

No final do carregamento, é realizado o “*trimming*”. Esse processo baseia-se em verificar se há diferença de tonelagem entre execução e plano, garantindo o equilíbrio do navio para se ter condições seguras de navegação. Nele, o imediato do navio faz a leitura dos calados em ambos os bordos do navio e em três pontos, proa, meio e popa, e faz a pedida de carga para o *trimming* para permitir que a embarcação atinja o equilíbrio. Assim, a arqueação final é realizada por um inspetor da Vale, e o imediato do navio (um técnico credenciado pela Receita Federal) faz uma verificação em embarques aleatórios para que sejam emitidos os documentos necessários para o faturamento do produto embarcado. A desatracação ocorre da mesma forma que a atracação.

### 3.3.6 Pátios de estocagem e Píeres de atracação

No TPPM, nomeados de A até I, a área de estocagem é formada por nove pátios com os produtos *Sinter Feed*, *Pelet Feed*, Manganês e Pelota. Sendo seis pátios que detém entre 100 e 110 pilhas, e três são menores com 60, 90 e 95 pilhas. As balizas possuem cerca de doze metros e armazenam 10.000 toneladas de *Sinter Feed*, mas quando não é *Sinter Feed*, armazena 6.500 t. sendo esse armazenamento diminuído em épocas de chuvas. Já as pilhas possuem no máximo 15 metros de altura e em tempos chuvosos precisa ser diminuída para evitar desmoronamentos.

O terminal em estudo conta com onze máquinas de pátio entre empilhadeiras e recuperadoras, e três píeres para embarque de minério de ferro nos navios. Segue abaixo algumas características de cada píer de atracação:

- Píer 1: possui o maior calado de 23 m, atraca os tipos de navios Capesize, VLOC e Valemax através do carregador de navio com taxa de 16.000 toneladas por hora. Pode atender navios com até 420.000 toneladas de porte bruto e tem uma extensão de berço de 490 metros.

Figura 17: Píer 1 - TPPM



Fonte: (SILVA; SILVA, 2012)

- Píer 3 Norte: possui um calado de 21 m, atraca navios com DWT de até 180.000 t, conta com o carregador de navio de taxa 8.000 toneladas por hora.
- Píer 3 Sul: com calado de 21 m, atraca navios com DWT de até 180.000 t, com carregador de navio de taxa de 8.000 toneladas por hora. O píer 3S e 3N têm um terceiro carregador de navio, com taxa de 8.000 toneladas por hora que pode carregar no Norte e no Sul para aumentar a sua taxa.

Figura 18: Detalhes e características do Píer 3 Norte e Sul



Fonte: VALE, 2012.

- Píer 4: recém-construído conta com dois berços com capacidade para atracar navios de até 400 mil toneladas de minério de ferro cada, com uma taxa de 16.000 toneladas por hora.

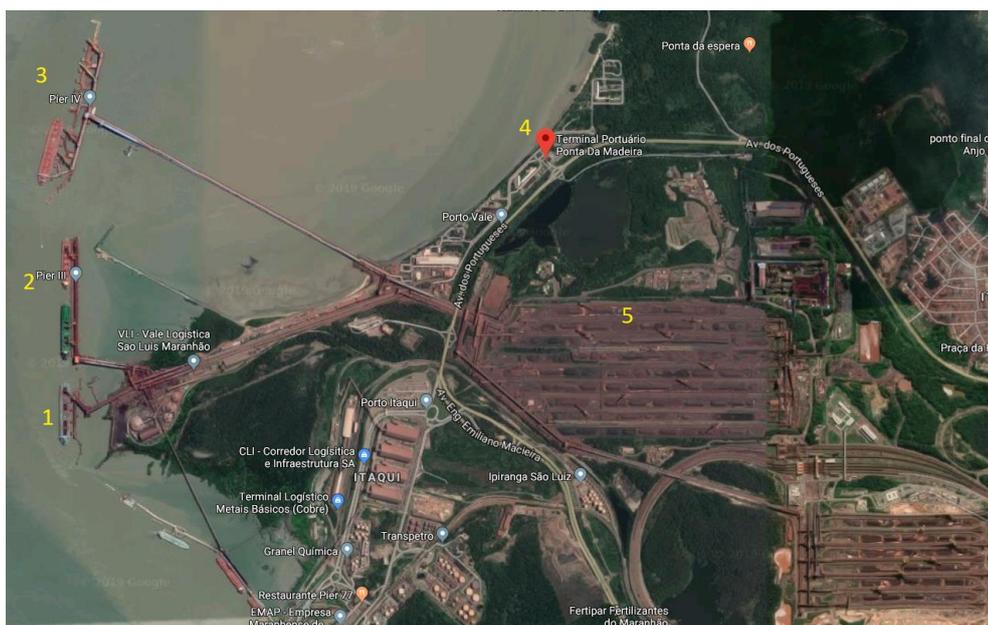
Figura 19: Detalhes e características do Píer 4



Fonte: VALE, 2017.

Nos pátios de estocagem, existem as correias transportadoras que realizam o transporte do minério através de caminhos cruzados em que são utilizadas cabeças móveis para alterar a rota quando necessário sem prejudicar os processos de empilhamento e carregamento. Assim, segue abaixo uma ilustração dos setores do TPPM:

Figura 20: Representação do TPPM.



Fonte: Google Maps, 2019.

Em que:

- 1- Pier 1
- 2- Pier 3 – Norte e Sul
- 3- Pier 4
- 4- Laboratórios e escritórios do TPPM
- 5- Pátios de estocagem

### 3.4 ASPECTOS REGULATÓRIOS E TÉCNICOS DO LIMITE DE UMIDADE TRANSPORTÁVEL DE MINÉRIOS DE FERRO

Diante dos processos já descritos durante a logística de carregamento do minério de ferro, agora é válido analisar qual a fundamentação das especificações que o minério deve obedecer para ser carregado sem prejudicar o navio posteriormente. Tem-se que o transporte marítimo de cargas a granel é regulamentado internacionalmente pela Organização Marítima Internacional (*International Maritime Organization – IMO*).

A IMO estabeleceu um Código Marítimo Internacional de Cargas Sólidas a Granel (*International Maritime Solid Bulk Cargoes Code - IMSBC Code*) em 1965. Esse com o objetivo de determinar critérios para a segurança das operações, é verificado regularmente pelo Sub-comitê de Cargas Perigosas, Cargas Sólidas e Contêineres (*DSC – Sub-committee on Dangerous Goods, Solid Cargoes and Containers*), tendo efeito mandatório para os países membros da IMO, dentre os quais o Brasil.

Esse código compreende uma série de fichas das cargas a granel transportada via mar, sua classificação em termos de periculosidade, os riscos associados e procedimentos a serem aplicados para que a segurança da operação seja garantida. Além desses tópicos, são realizados testes para a determinação de características das cargas em que podem ser classificadas em:

- Grupo A – cargas que apresentam risco de liquefação;
- Grupo B – cargas que apresentam risco químico;
- Grupo C – cargas que não apresentam riscos.

No Grupo A, o código necessita da determinação do Limite de Umidade Transportável (TML), definição oficializada em 1965 pela IMO com o objetivo de

indicar o limite máximo de umidade com a qual a carga pode ser transportada com segurança. Assim, a IMO requisita que a classificação da carga em A, B ou C e o TML sejam informadas ao comandante do navio antes de iniciar a operação de carregamento do navio.

Dessa forma, se a carga estiver fora dos limites de umidade, ou igual ou superior ao TML, ela não deve ser embarcada ao contrário se o navio seja projetado para transportar cargas liquefeitas. Para determinar o TML, o IMSBC Code descreve três métodos a serem utilizados: *Proctor/Fagerberg Test* (PFT), *Flow Table Test* (FTT) e *Penetration Test* (PTT).

### **3.4.1 Finos de minério de ferro**

A definição do Código IMSBC para minério de ferro refere-se à carga a faixa de tamanho de até 250mm, e finos de minério de ferro 10% ou mais de partículas finas de menos de 1mm e 50% ou mais de partículas com menos de 10 mm. Conteúdos de umidade cotados para minérios de ferro tipicamente variam entre 6 a 12%, com ferro minério com menor teor de umidade (IMO, 2011).

Na carga de grãos finos carregados de umidade, os espaços entre grãos de carga são preenchidos com ar e água. A água nos espaços entre grãos está sujeito a uma força de compressão, mas como é um líquido não pode ser comprimido. Isso tem o efeito de reduzir a força de atrito entre grãos que sustenta a carga em um Estado sólido. Onde umidade suficiente está presente redução no atrito entre grãos devido ao movimento do navio e vibração pode ser suficiente para causar o fluxo de carga como um líquido, por exemplo, para liquefazer.

A Seção 4 do Código IMSBC exige que o remetente da carga forneça as informações necessárias ao comandante antes do carregamento para realizar o transporte seguro da carga. As principais informações a serem fornecidas estão listadas na Seção 4.2.2. São elas:

- O Nome para Embarque de Carga a Granel (BSCN) quando a carga estiver listada neste Código. Nomes secundários podem ser usados em adição ao BSCN;
- O grupo da carga (A e B, A, B ou C);
- A Classe IMO da carga, se aplicável;

- O número das Nações Unidas precedido pelas letras UN para a carga, se aplicável;
- A quantidade total da carga oferecida;
- O fator de estiva;
- A necessidade, e se for o caso, os procedimentos para a trimagem como necessário;
- A probabilidade de deslocamento, incluindo ângulo de repouso, se aplicável;
- Informação adicional na forma de um certificado sobre o conteúdo de umidade da carga e seu limite de umidade transportável no caso de um concentrado ou outra carga que possa liquefazer;
- Probabilidade da formação de uma base úmida;
- Gases tóxicos ou inflamáveis que possam ser gerados pela carga, se aplicável;
- Inflamabilidade, toxicidade, corrosividade e propensão à redução de oxigênio da carga, se aplicável;
- Propriedades de autoaquecimento da carga, e necessidade de trimagem, se aplicável;
- Propriedade de emissão de gases inflamáveis em contato com a água, se aplicável;
- Propriedades radioativas, se aplicável;
- Qualquer outra informação exigida por autoridades nacionais.

Elas incluem tanto o TML da carga como o seu teor de umidade no embarque. O navio deve receber esta documentação antes do carregamento e os comandantes devem resistir à pressão de representantes do remetente ou do terminal para começar a carregar antes de receber o certificado.

Portanto, é melhor atrasar o carregamento enquanto aguarda o certificado do que ter que descarregar carga inadequada carregada antes da recepção do certificado. Essa descarga pode ser altamente problemática devido à falta de equipamento adequado, berços ou devido a costumes locais ou outros regulamentos. Terminais e carregadores pode simplesmente não estar disposto a aceitar a carga descarregada. A declaração de carga do remetente deve ser

acompanhada por um certificado assinado indicando o TML da carga e teor de umidade.

Além disso, a seção 4.3.2, página 17, estabelece que o certificado de TML deve conter, ou ser acompanhado por, o resultado do teste para determinar o TML.

Quando um concentrado ou outra carga que pode se liquefazer, for transportado, o embarcador deverá fornecer ao comandante do navio ou ao seu representante um certificado de TML assinado e um certificado ou declaração de conteúdo de umidade. O certificado de TML deverá conter, ou ser acompanhado do resultado do teste para determinar o TML. A declaração de conteúdo de umidade deverá conter, ou ser acompanhada de um atestado do embarcador de que o conteúdo de umidade foi obtido dentro do melhor do seu conhecimento e confiança, e representa o conteúdo de umidade médio da carga no momento em que a declaração for apresentada ao comandante (IMO, 2011).

Isso significa que o ponto de umidade do fluxo (FMP) também deve ser incluído com a documentação para Tabela de fluxo e testes de penetração e, no caso do minério de ferro, é necessário o TML conforme determinado pelo Proctor modificado, Teste de Fagerberg.

Os transportadores também são obrigados, conforme a Seção 4.3.3, página 17, a estabelecer procedimentos para amostragem, teste e controle de teor de umidade para garantir que o teor de umidade é menos que TML.

Quando um concentrado, ou outra carga que pode se liquefazer estiver para ser carregada em mais de um espaço de carga de um navio, o certificado ou declaração de conteúdo de umidade deverá certificar o conteúdo de umidade de cada tipo de material granulado fino, carregado em cada espaço de carga. Não obstante esta exigência, se a amostragem, segundo os procedimentos padrões aceitos internacional ou nacionalmente, indicar que o conteúdo de umidade está uniforme em toda a remessa, então o certificado ou declaração de conteúdo de umidade médio para todos os espaços de carga é aceitável (IMO, 2011).

Estes procedimentos devem ser aprovados e realizados sua verificação pela autoridade competente do porto de carregamento. Deve ser fornecido ao comandante a documentação emitida pela autoridade competente confirmando que os procedimentos foram aprovados antes para começar a carregar.

Infelizmente tem havido muitos casos em que o informações fornecidas pelo expedidor declararam que a teor de umidade da carga está dentro do TML mas após começar a operação de carregamento, a carga começou a se liquefazer. Isso pode acontecer por meio de procedimentos de teste ruins (apesar de conselhos detalhados sobre a realização de testes contidos no Código IMSBC), mudanças na circunstância desde que o teste foi realizado, e. chuva pesada (novamente, o Código exige que o expedidor repita o teste circunstâncias, mas muitas vezes os remetentes não o fazem), ou através da falta de compreensão por parte dos carregadores representantes dos perigos potenciais colocados ao navio.

Como tal, mesmo quando o certificado declara que as cargas são seguro para carregar, comandantes e seus oficiais devem sempre ser vigilantes no monitoramento da condição da carga, uma vez que vem a bordo. Diferentes reservas de carga podem ter características diferentes e modos de vigilância em toda a duração das operações de carregamento são necessários. Caso ocorra uma disputa sobre as propriedades da carga para ser carregado, é recomendado que os membros considerem uma nomeação de um inspetor para auxiliar o comandante.

### 3.4.2 Métodos de determinação do TML

Três métodos de teste para o limite de umidade transportável estão atualmente em uso geral, o FLOW TABLE TEST - teste de mesa de fluxo, o PENETRATION TEST - teste de penetração e o Teste de Proctor / Fagerberg. Segue abaixo uma tabela com os métodos de determinação do TML e suas características:

Tabela 1: Métodos de determinação do TML

Teste	Proctor/Fageberg	Proctor/Fageberg modificado	Flow table	Penetration
				
<b>Origem</b>	Desenvolvido na Suécia em 1963. Adotado pela IMO para o	Desenvolvido pelo Grupo Técnico de Trabalho formado	Originalmente desenvolvido para indústria cimenteira. Adaptado no Canadá	Desenvolvido no Japão para determinar TML de carvão. Adotado

	antigo BC Code.	pela IMO em 2013.	para determinação de TML e inclusão da primeira versão do antigo BC Code em 1965.	pela IMO para o antigo BC Code em 1992.
<b>Aplicabilidade</b>	Minérios e concentrados não porosos com limite de tamanho de 5mm.	Finos de minério de ferro com percentual de goethita < 30% e OMC > 90%.	Minérios e concentrados com limite de tamanho em 7mm.	Minérios e concentrados com limite de tamanho em 25mm.
<b>Aparato</b>	- Cilindro de compactação com 1000 cm <sup>3</sup> . - Soquete com 350g, 5cm de diâmetro e 20 cm de altura de queda.	-Cilindro de Compactação com 1000 cm <sup>3</sup> ; - Soquete com 150g. 5 cm de diâmetro e 15 cm de altura de queda.	-Mesa com 25,4 cm de diâmetro e 1,25 cm de altura de queda; - Molde tronco-cônico com 296,6 cm <sup>3</sup> . - Soquete de mola com 3 cm de diâmetro.	- Mesa vibratória de 2g rms; - Moldes cilíndricos com 1.700 cm <sup>3</sup> ou 4.700 cm <sup>3</sup> ; - Bits de penetração; - Soquete de mola com 3 cm de diâmetro.
<b>Resumo do Procedimento</b>	A partir de testes de compactação identifica-se a relação entre vazios e umidade. São realizados 5 a 10 testes de compactação com diferentes umidades, sendo o cilindro preenchido com 5 camadas de amostra, cada amostra recebe 25 quedas do soquete.	A partir de testes de compactação identifica-se a relação entre vazios e umidade. São realizados 5 a 10 testes de compactação com diferentes umidades, sendo o cilindro preenchido com 5 camadas de amostra, cada amostra recebe 25 quedas do soquete.	São realizados testes com diferentes umidades até que seja detectada visualmente uma deformação plástica no corpo de prova. O molde é preenchido com 3 camadas de amostra, sendo que a primeira camada recebe 35 compressões, a segunda 25 e a terceira 20. A pressão aplicada é calculada.	São realizados testes com diferentes umidades até que pelo menos um dos bits penetre 5 cm ou mais na amostra. O molde é preenchido com 3 camadas de amostra, sendo efetuada compactação até se obter uma superfície plano no corpo de prova.
<b>Definição do TML</b>	Umidade correspondente a 70% de saturação.	Umidade correspondente a 80% de saturação.	Umidade correspondente a 90% do FMP.	Umidade correspondente a 90% do FMP.
<b>Definição do FMP</b>	Não se aplica.	Não se aplica.	Umidade na qual se observa deformação plástica na amostra após as quedas.	Umidade na qual se observa penetração de 5 cm ou mais no bit.
<b>Tempo de determinação do TML</b>	1 a 2 dias	1 a 2 dias	1 a 2 dias	2 dias
<b>Pontos positivos</b>	- Baseado em teste amplamente utilizado em geotecnia; - Aparato simples e de	- Baseado em teste amplamente utilizado em geotecnia; - Aparato simples e de baixo custo; - Obtenção de	- Exige menor quantidade de amostra; - Possibilita visualização de deformações.	- Ampla faixa de aplicação; - Possibilita a visualização de defroamções e eventual liquefação;

	baixo custo; - Obtenção de parâmetros geotécnicos; - Não subjetivo; - Boa repetibilidade e reprodutibilidade .	parâmetros geotécnicos; - Não subjetivo; - Boa repetibilidade e reprodutibilidade.		- Não subjetivo.
<b>Pontos negativos</b>	-Não é possível observar deformações; - Aplicabilidade limitada para testar minérios com partículas acima de 5mm estudos devem ser realizados.	Não é possível observar deformações;	-Extremamente subjetivo, pois a identificação do FMP depende do executante; - Exige operador experiente; - Aplicabilidade limitada; - Não há obtenção de parâmetros geotécnicos.	- Equipamento complexo, caro e de difícil obtenção e calibração; - Exaustivo ergonomicamente; - Não há obtenção de parâmetros geotécnicos.

Fonte: (FERREIRA et al., 2016)

É realizado, também, por inspetores navais o “Can test”, para que a embarcação possa fazer sua própria avaliação de probabilidade da carga se liquefazer. A seção 8 do Código IMSBC descreve um método de bordo conhecido como “Pode testar”.

Figura 21: Amostra sendo retirada do minério já embarcado



Fonte: Autor, 2018.

Esse teste envolve o preenchimento de uma pequena lata com o minério de ferro. Após o preenchimento, a lata é viarada em uma superfície dura no qual irá ser avaliado o comportamento da carga. A aparência do material no final do teste pode ser usado para formar uma opinião quanto à adequação desse material para embarque. O “Can test” não deve ser um substituto para testes laboratoriais apropriados usando uma metodologia apropriada. No entanto, se os testes

realizados em uma carga apresentada para carregamento indicarem uma propensão para a liquefação, isso é um grande sinal de alerta de que a carga como um todo pode não ser segura para o transporte.

Figura 22: Lata sendo preenchida pela amostra retirada



Fonte: Autor, 2018.

Após a colocação das amostras nos “canos” é verificado o comportamento da carga. Se a carga permanecer no formato do cano, provavelmente ela está fora de especificação e os limites de umidades estão maiores que os permitidos.

Assim, a pessoa que realiza o teste, normalmente vistoriador naval, ele acompanha o embarque de minério coletando amostras e fazendo “Can test”. Algumas dessas amostras são encaminhadas aos laboratórios para a checagem da umidade. Nesse processo, eles identificam as bandejas e seus pesos vazias e depois pesa-se o minério úmido. Esse minério é, então, colocado na estufa e depois de mais ou menos 6 horas, verifica-se se o peso está constante. A diferença do peso é a umidade calculada.

Figura 23: Amostra sendo virada apresentando um ótimo comportamento da carga que foi já carregada.



Fonte: Autor, 2018.

Também se deve ter em mente que um resultado negativo do teste da lata (ou seja, sem umidade ou condição do fluido é visto) não significa necessariamente que a carga é segura para embarque. Já houve casos em que a declaração de carga do embarcador não foi apresentada antes do carregamento, os certificados de conteúdo de umidade e TML não estão incluídos com a declaração e onde os certificados de TML e umidade estão presentes, mas não parecem refletir as características da carga apresentada para o carregamento.

Assim são necessários alguns lembretes com relação ao carregamento de minério:

- O carregamento não deve começar até que a declaração de carga do embarcador seja recebida;
- A declaração de carga deve conter o teor de umidade da carga a ser carregado, seu TML e seu FMP, quando apropriado. Tanto o teor de umidade quanto o TML devem estar presentes na documentação, sem ambas as figuras a adequação da carga para o transporte não pode ser determinado;
- O teor de umidade da carga é particularmente suscetível a mudanças devido a condições climáticas e como tal, o certificado não deve ser superior a 7 dias velho. Onde houve chuva ou neve significativa entre o tempo de teste e carregamento de testes de verificação deve ser conduzido para assegurar o teor de umidade a carga ainda é menor que a TML (mesmo que isso signifique o teste deve ocorrer um dia após a data anterior teste);
- Onde a declaração não é recebida ou onde ambos o teor de umidade e TML não estão incluídos no certificado o comandante deve se recusar a carregar o navio e deve notificar imediatamente os armadores.

### **3.4.3 Conscientização da tripulação**

Como a declaração de carga dos carregadores não pode ser invocada em todos os casos, é essencial que os comandantes e oficiais permaneçam vigilantes durante todo o processo de carregamento. A falta de identificação de carga que possa se liquefazer a bordo do navio pode levar à perda de estabilidade, listagem perigosa ou virar. No entanto, esta não é uma tarefa fácil, uma vez que a carga acima do TML pode parecer estar seca. Dessa forma é preciso:

- Uma maior vigilância da tripulação do início ao fim do carregamento. O teste pode deve ser empregado para verificar a carga a intervalos regulares e intervalos freqüentes como vem a bordo.
- Se o teste da lata falhar ou se o comandante suspeitar que a carga pode ser inadequada para carregar por qualquer outro motivo, o carregamento deve ser suspenso e o navio deve informar aos armadores imediatamente.

Qualquer carga suspeita deve ser amostrada por um laboratório e, se for encontrado para além do seu TML, então a opção mais segura é descarregar a carga. Isso parece simples, mas infelizmente diante dos casos de acidentes, mostraram que, uma vez que um navio tenha carregado cargas de minério de ferro úmido, pode ser altamente problemático para o navio.

Uma carga carregada é considerada como sendo exportada pela autoridade alfandegária e de impostos, e isso imediatamente cria dificuldades burocráticas para o descarregamento. Quando combinado com relutância comercial por parte dos carregadores e portos para aceitar / descarregar carga inadequada os atrasos e custos que uma embarcação pode a experiência pode ser considerável e pode, nos piores casos, durar meses. Também pode haver danos a relações comerciais valiosas em caso de disputa.

Nos últimos anos tem havido um número de incidentes envolvendo a perda de embarcações e de vida que foram atribuídos à liquefação da carga a bordo. Também houve numerosos casos de navios perdendo estabilidade, mas não de viragem, que se sabem terem sido causados por liquefação. São esses acidentes, entre outros, que são os motivos de que normas e códigos de segurança existem. No mar, um dos códigos que trata desse tema é o Código ISM (*International Safety Management*) que foi criado pela IMO em 1993, como uma resposta após um trágico acidente marítimo, matando 193 pessoas.

A aplicação do código tem efeito para a embarcação, assim como para a companhia (armador ou qualquer outra organização que seja responsável pela operação), com o objetivo de prevenir acidentes que possam causar danos à vida humana, à embarcação e ao meio ambiente marinho (RBNA, 2017).

Alterações do Código ISM que entraram em vigor em 01 de julho 2010 exigem situações potencialmente perigosas como risco avaliados e procedimentos a serem implementados para lidar com situação devem ocorrer. Claramente a liquefação coloca a embarcação em uma situação perigosa e procedimentos para lidar com liquefação deve ser desenvolvidos.

Uma vez que a liquefação de uma carga tenha ocorrido no mar, uma embarcação e sua tripulação podem estar em perigo real. Embora todas essas situações tenham um conjunto único de circunstâncias, os proprietários / navios mínimos devem:

- Assegurar-se de que os cálculos detalhados de estabilidade sejam realizados antes da partida da porta de carga para cada carga carregada. Os cálculos servirão como dados de linha de base no caso de um incidente de liquefação;
- O comandante deve notificar imediatamente o armador da embarcação. Os armadores devem procurar o conselho de um especialista nessas circunstâncias. O provável efeito de lastrear o navio;

Para corrigir o calado de um navio, é necessário calcular e considerar cuidadosamente antes de qualquer operação desse tipo. O lastro incorreto pode exacerbar a situação, causando uma redução adicional na estabilidade. Mesmo quando o lastro tenha ocorrido e seja bem sucedido em devolver uma estabilidade a embarcação, a carga a bordo ainda está em um estado perigoso. Pode ser necessário procurar a porta adequada mais próxima de refúgio.

Como cada método tem suas vantagens, a seleção do método de teste deve ser determinada pelas práticas locais ou pelas autoridades competentes (apropriadas).

#### 4. RESULTADOS

Tendo em vista a importância do mapeamento de processos em um sistema logísticos, no qual há uma percepção completa e correta dos objetivos, pessoas e recursos tecnológicos utilizados no processo mapeado, há uma possibilidade do entendimento das operações de forma abrangente e consistente, uma visão clara da cadeia de valor e de seus componentes e uma percepção de gargalos e outras falhas no processo.

Assim, através de figuras geométricas e outros elementos similares, um fluxograma quando bem elaborado consegue simplificar o fluxo de informações, o fluxo das atividades e entre outros elementos que compõem cada tipo de processo em uma organização. Dessa forma, a seguir é exposto o mapeamento dos processos que estão presentes na logística do carregamento de minério de ferro no Terminal de Ponta da Madeira.

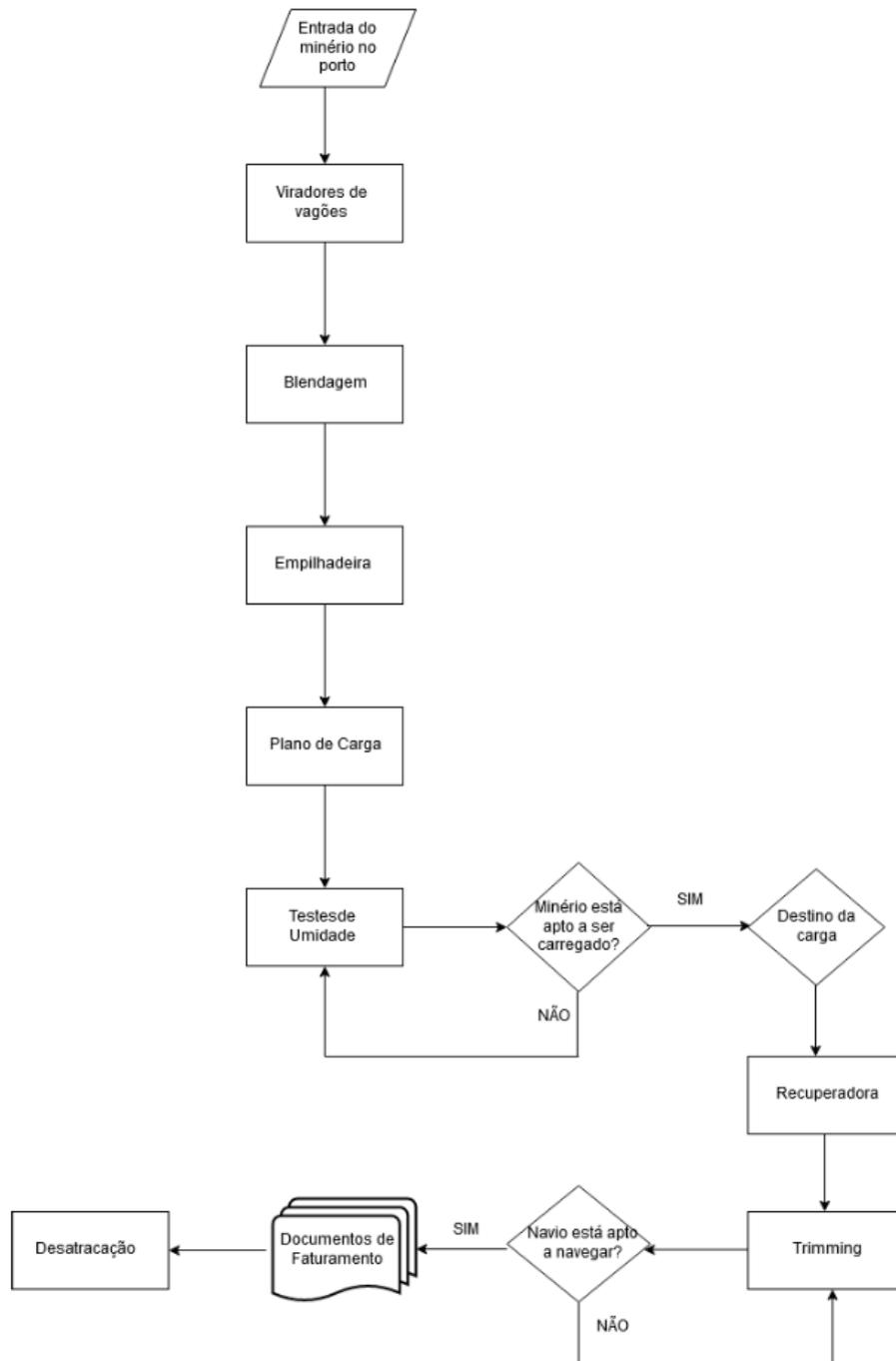
1. Chegada do minério de ferro no Terminal através de trens.
2. Virador de vagões: o minério é descarregado através de viradores em um ângulo de 180°.
3. Blendagem: A carga passa para o sistema de correias transportadoras, que leva o minério para os pátios de estocagem.
4. Empilhadeiras: o minério sai das empilhadeiras e é jogado nas áreas determinadas (pilhas) por propriedades físicas e químicas com origem e destino (navios).
5. Plano de carga: é verificado quanto de minério será carregado em cada porão e de qual baliza ele será coletado.
6. Testes de umidade: são realizados testes de umidade da carga antes de ser embarcada para evitar possíveis acidentes devido a liquefação da carga.
7. Destino da carga: mensagem do inspetor da VALE para o centro de operação informando momento para o envio e para qual porão vai ser encaminhado o minério.
8. Recuperadora: a recuperadora retira o minério das pilhas e alimenta as correias transportadoras que levam a carga até o carregador de navios.
9. *Trimming*: ao finalizar a operação é realizado a checagem do equilíbrio do navio.

10. Documentos emitidos: o imediato do navio faz conferência para que sejam emitidos documentos necessários para o faturamento do produto embarcado.

11. Desatracação: o navio começa o processo de desatracação do terminal.

Segue abaixo o fluxograma do processo descrito acima confeccionado através do programa Draw.io:

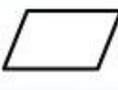
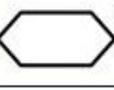
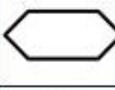
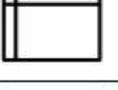
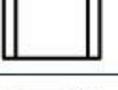
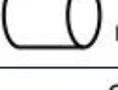
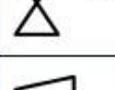
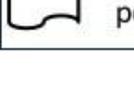
Figura 24: Fluxograma do Processo



Fonte: Autor, 2019.

O fluxograma exposto buscou desenhar o momento e documentar todos os elementos que compõem um processo em análise, através de diversas técnicas que podem aplicadas individualmente ou em conjunto. Nessa perspectiva, segue abaixo a simbologia tomada como base para a confecção do fluxograma exposto.

Figura 25: Simbologia de Fluxograma de Processos

 Operação	 Decisão	 Input Output	 conexão de páginas
 Inspeção	 Preparação	 Cartão perfurado	 Preparação
 Demora	 Terminal	 Memória principal	 Decisão
 Transporte	 Junção	 Sub-rotina	 Display
 Armazenamento	 "Ou"	 Tambor magnético	 Extrair
 Ações combinadas	 Disco magnético	 Conector	 Vários documentos
 Processo	 Fita magnética	 Classificar	 Agrupar
 Operação Manual	 Documento	 Fita papel perfurada	 Entrada manual

Fonte: (NASCIMENTO, [s.d.]

Diante dos processos operacionais, o fluxograma iniciou-se com a entrada do minério de ferro no porto como um "input", visto que o processo em análise começa a partir da chegada do minério através de trens vindos das jazidas. Após isso, tem-se os processos de descarga do minério por viradores de vagões, blendagem em que a carga passa para o sistema de correias transportadoras, que leva o minério para os pátios de estocagem, as empilhadeiras que são os equipamentos que recebem o minério que foi movimentado pelas correias transportadoras desde o virador de vagões até o pátio, direcionando-o para as pilhas localizadas nos pátios de estocagem da maneira mais eficiente possível, o plano de carga e os testes de umidades feitos na pilhas de estocagem. Tais testes são colocados como processos

tendo em vista o uso do símbolo retângulo, mas, vale destacar que é uma forma, também, de inspeção da carga.

A partir dos resultados dos testes de umidade, tem-se a seguinte tomada de decisão em que é indagado se o minério está apto a ser carregado nos navios de destino. Se a resposta for sim, segue a direção do fluxo das setas em que há uma nova tomada de decisão em que o destino da carga será decidido diante da programação dos navios e disponibilidade de carregamento. Após isso, tem-se a recuperadora, equipamento que retira o minério das pilhas e alimenta as correias transportadoras que encaminham a carga até o carregador de navios. seguindo o fluxo, tem-se o *trimming*. Esse processo baseia-se em verificar se há diferença de tonelagem entre execução e plano, garantindo o equilíbrio do navio para se ter condições seguras de navegação seguindo para a próxima tomada de decisão, em que é indagado se o navio está apto a navegar. Se todas as condições estiverem dentro das normalidades já descritas anteriormente, os documentos de faturamento da carga são emitidos e ocorre a desatracação.

Para o processo em estudo a fim de simplificação o símbolo retângulo foi utilizado tanto para a operação quanto para inspeção. Já para as tomadas de decisão, conforme a simbologia usou-se o losango.

Dessa forma, o fluxograma é um gráfico universal que possibilita verificar como funcionam todos os componentes de um sistema e facilita a análise de sua eficácia. Trata-se de um método descritivo de fácil entendimento, já que possui esclarecimento na visualização dos passos, transportes, operações e formulários e propicia a localização das deficiências. Assim, sua construção, permitiu o fácil entendimento das operações já descritas servindo como base para possíveis futuras análises.

## 5. CONCLUSÃO

A partir da revisão da literatura e dos fatos abordados nesse estudo, pôde-se compreender, em linhas gerais, o processo logístico que envolve o carregamento de minério de ferro no Terminal marítimo de Ponta da Madeira em Itaqui, São Luís.

O principal objetivo deste trabalho era gerar um fluxograma mapeando os processos que envolvem o carregamento de minério destacando e caracterizando os principais pontos envolvidos. Assim, foi possível ilustrar de forma clara e objetiva as etapas possibilitando ainda mais o detalhamento delas.

O presente estudo conseguiu verificar de forma direta e didática a contribuição do mapeamento de processo como apoio de compreensão dos processos logísticos e aplicá-lo na prática. Em relação à bibliografia que sustentou este trabalho, conclui-se que é necessário que as organizações façam coletas de dados periódicas com o propósito de manter o domínio do conhecimento dos seus processos. Esta prática dará subsídios para a fomentação de ideias inovadoras e aplicação de melhorias nos processos. Após os processos descritos no material pesquisado, foi escolhida a técnica de Fluxograma devido a sua característica simples e visual.

Durante a análise e acompanhamento dos processos não foi objetivo do estudo identificar falhas. Sugere-se, portanto, a continuação do trabalho de maneira mais aprofundada e detalhada das atividades que constam nos Fluxogramas aqui apresentados. A aplicação dos conhecimentos adquiridos permitiu a criação de uma visão consolidada dos processos bastante dinâmicos dentro do terminal marítimo.

Esta análise foi e continuará sendo útil para agregar informações qualificadas que levarão a melhor avaliação de todos os processos. A ferramenta aplicada envolveu todas as operações desde o início e tornou mais clara e concisa a compreensão do processo. Satisfatoriamente, constatou-se que, mesmo jamais mapeado, flui sem gargalos nessa análise. Considera-se confirmada a hipótese de que o mapeamento de processo é uma importante ferramenta de análise, pois é em si um objetivo para o conhecimento e também ponto de partida para intervenções de melhoria da qualidade dos processos, dos produtos e finalmente a satisfação dos clientes interno e externo.

A perspectiva após este trabalho, é a de que todos os processos do setor sejam mapeados e estudados através técnica escolhida. Desta forma, focando iniciar uma nova fase e preparar o ambiente da organização para ferramentas mais complexas e conceitos mais modernos, como a melhoria contínua.

Como recomendações futuras, apontam-se os seguintes itens:

- Identificação de possíveis gargalos no processo de carregamento, como exemplo gargalos ferroviários e portuários, fenômenos das marés e a dragagem;
- Análise do tratamento de falhas, sendo ele de aumentar a eficiência da manutenção e analisar, de maneira aprofundada, os problemas da área que ocorre os processos, gerando ganhos de qualidade, segurança, produtividade e confiabilidade, gerando conhecimento e difundindo a cultura do gerenciamento da manutenção por sua melhoria contínua.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABM. **Estudo Prospectivo do Setor Siderúrgico**. Brasília, DF: [s.n.].

ABRÃO, G. S. et al. **Estudo do Comportamento da Umidade em Minérios de Ferro**. 3º Simpósio Brasileiro de Minério de Ferro. **Anais...**Ouro Preto: 2001

AM. **A Maior Empilhadeira do Mundo Está no Brasil**. Disponível em:  
<<https://aemdobrasil.com.br/a-maior-empilhadeira-do-mundo-esta-no-brasil/>>.

ANPET. **Um Estudo Sobre a Movimentação e o Armazenamento de Minérios nos Pátios de Estocagem dos Portos**. Rio de Janeiro, Brasil: [s.n.].

BONATO, G. **Obras de logística de projeto da Vale avançam alheias à baixa cotação do minério**. Disponível em:  
<[https://www.portosenavios.com.br/noticias/portos-e-logistica/obras-de-logistica-de-projeto-da-vale-avancam-alheias-a-baixa-cotacao-do-minerio?filter\\_tag%5B0%5D=44&filter\\_tag%5B1%5D=107](https://www.portosenavios.com.br/noticias/portos-e-logistica/obras-de-logistica-de-projeto-da-vale-avancam-alheias-a-baixa-cotacao-do-minerio?filter_tag%5B0%5D=44&filter_tag%5B1%5D=107)>.

BOTTER, R. **Transporte Marítimo: shipping e contratos de afretamento** São Luís Curso de Especialização em Engenharia Portuária - Universidade Federal do Maranhão, , 2012.

BRASIL. **Anuário Estatístico de Transportes 2010-2017**. [s.l.] Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil, 2017.

CARDOSO, J. S. L. **Proposição de uma Metodologia para a Comparação de Desempenho Operacional de Terminais Portuários de Granéis Sólidos Minerais**. São Paulo: Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Naval e Oceânica, 2011.

CHEUNG, Y.; BAL, J. Process analysis techniques and tools for business improvements. **Business Process Management Journal**, v. 4, n. 4, p. 274–290, 1998.

CUTRIM, S. et al. Gestão de falhas na descarga de minérios no terminal marítimo de Ponta da Madeira. **Revista de Ciência & Tecnologia**, v. 17, p. 27–50, 2014.

FERREIRA, R. et al. Limite De Umidade Transportável De Minérios De Ferro: ASPECTOS REGULATÓRIOS E TÉCNICOS. **Associação Brasileira de**

**Metalurgia, Materiais e Mineração**, v. 1, p. 16–23, 2016.

FIUZA, M.; CRISTINA, F. **No Title**. Disponível em:

<[http://saladeimprensa.vale.com/Paginas/Releases.aspx?r=S11D\\_maior\\_projeto\\_de\\_minerio\\_de\\_ferro\\_da\\_historia\\_da\\_Vale&s=Mineracao&rID=1718&SID=6](http://saladeimprensa.vale.com/Paginas/Releases.aspx?r=S11D_maior_projeto_de_minerio_de_ferro_da_historia_da_Vale&s=Mineracao&rID=1718&SID=6)>.

HUNT, V. D. **Process Mapping: How to Reengineer Your Business Processes**.

New York: John Wiley & Sons, 1996.

IBRAM. **Informações e Análises da Economia Mineral Brasileira**. Brasília, DF:

[s.n.]. Disponível em: <<http://www.ibram.org.br/sites/1300/1382/00002806.pdf>>.

IMO. **Código Marítimo Internacional para Cargas Sólidas à Granel (IMSBC)**

**Como adotado pela Resolução MSC.268(85) em caráter obrigatório a partir de 01/01/2011, de acordo com a Regra VI/1-2 da Convenção SOLAS**. [s.l.]

International Maritime Organisation (IMO), 2011.

NASCIMENTO, A. **Fluxograma de processos na gestão da qualidade**. Disponível

em: <<http://www.bloggestaodaqualidade.com.br/fluxograma-de-processos-na-gestao-da-qualidade/>>.

NASCIMENTO, L. **Portos movimentaram 1,117 bilhões de toneladas de cargas**

**em 2018**. Disponível em: <<http://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2019-02/portos-movimentaram-1117-bilhao-de-toneladas-de-cargas-em-2018>>. Acesso em: 8 nov. 2019.

RBNA. **ISM Code**. Disponível em: <<http://rbnaconsult.com/ism-code/>>.

ROBLES, L. T.; CUTRIM, S. S.; MARCOS, N. S. **Fatores Intervenientes na**

**Operação e Logística Portuária: Estudo de Caso do Processo de Embarque e**

**Descarga do Terminal Portuário Ponta da Madeira -TPPM**. IX Congresso

Nacional de Excelência em Gestão. **Anais...**Rio de Janeiro, Brasil: 2013

SILVA, A. S. DA; SILVA, F. C. B. DA. **Curso de Mineração - Básico. Módulo V:**

**Logística de Transporte de Minérios**. [s.l.] VALE, 2012.

SILVA, R. T.; CUTRIM, S. S.; ROBLES, L. T. **Análise do Planejamento de**

**Manutenção:Estudo de Caso do Terminal Marítimo da Ponta da Madeira**. XXXIII

Encontro Nacional de Engenharia de Produção -ENEGEP. **Anais...**Salvador: 2013

TAVARES, B. G. **Problemas Ambientais Associados à Movimentação Portuária de Minérios, com Ênfase em Efluentes Líquidos**. Rio de Janeiro, Brasil: Monografia (Engenharia Ambiental) - Departamento de Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2012.