

**UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ**

**Luiz Felipe do Carmo Cunha**

**APLICAÇÃO DO MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR NO  
PROCESSO DE SOLDAGEM E MONTAGEM DE DUTOS  
TERRESTRES DE PETRÓLEO E DERIVADOS**

**Taubaté-SP**

**2018**

**Luiz Felipe do Carmo Cunha**

**APLICAÇÃO DO MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR NO  
PROCESSO DE SOLDAGEM E MONTAGEM DE DUTOS  
TERRESTRES DE PETRÓLEO E DERIVADOS**

Dissertação apresentada para obtenção do Título  
de Mestre pelo Curso de Mestrado Profissional em  
Engenharia Mecânica do  
Departamento de Engenharia Mecânica da  
Universidade de Taubaté,  
Área de Concentração: Produção Mecânica  
Orientador: Prof. Dr. Nivaldo Lemos Coppini

**Taubaté-SP**

**2018**

**LUIZ FELIPE DO CARMO CUNHA**  
**APLICAÇÃO DO MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR NO PROCESSO DE**  
**SOLDAGEM E MONTAGEM DE DUTOS TERRESTRES DE PETRÓLEO E**  
**DERIVADOS**

Dissertação apresentada para obtenção do Título de Mestre pelo Curso de Mestrado Profissional em Engenharia Mecânica do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Taubaté,  
Área de Concentração: Produção Mecânica  
Orientador: Prof. Dr. Nivaldo Lemos Coppini

Data:

Resultado

**BANCA EXAMINADORA**

Prof. Dr. Nivaldo, Lemos Coppini

Universidade de Taubaté

Assinatura

Prof. Dr. Arcione Ferreira Viagi

Universidade de Taubaté

Assinatura

Prof. Dr. Marcos Valério Ribeiro

Universidade Estadual Paulista

Assinatura

Aos meus pais, Norma e Luiz Carlos (*in  
memoriam*), minha esposa Ana Paula e  
minhas filhas Maria Luiza e Ana Lis.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha família pelo apoio incondicional, pelo amor, paciência e compreensão durante a realização do curso de Mestrado e elaboração desta dissertação.

Aos meus colegas da Petrobras, não apenas pelo apoio durante a realização deste trabalho, mas pelo empenho, superação das adversidades e comprovação diária da excelência de seu corpo técnico.

Aos Professores do curso de Mestrado Profissional em Engenharia Mecânica da UNITAU, pelos ensinamentos transmitidos e contribuição direta ou indireta neste trabalho.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Nivaldo Lemos Coppini, não apenas pela orientação, mas pela paciência, tempo, incentivo e ensinamentos transmitidos durante a elaboração desta dissertação.

E a todos que contribuíram direta ou indiretamente na elaboração deste trabalho. Muito obrigado.

“Você pode encarar um erro como uma besteira a ser esquecida, ou como um resultado que aponta uma nova direção”

Steve Jobs

## Resumo:

Para atendimento à demanda de fornecimento de petróleo e seus derivados, as empresas deste setor no Brasil, especialmente a Petrobras, investem na montagem de dutos terrestres para transporte destes produtos, e os custos para desenvolver tais tarefas são altos e envolvem significativa quantidade de recursos de mão de obra e de equipamentos. Portanto, este trabalho teve como principal objetivo a aplicação da ferramenta de Mapeamento de Fluxo de Valor (MFV) para mapeamento do estado atual e do estado futuro dos processos de montagem de dutos terrestres utilizados para o fornecimento de petróleo e seus derivados, desde a aquisição de tubos até a conclusão da montagem da tubulação, com posterior análise crítica dos mapeamentos realizados. Depois da avaliação crítica dos Mapeamentos de Fluxo de Valor no Estado Futuro, foram propostos planos de ações para a realização das eventuais e possíveis introduções de melhoria, visando atingir o estado futuro, possibilitando a redução do custo e do prazo para o desenvolvimento do referido processo.

Palavras Chave: Manufatura Enxuta, Pensamento Enxuto, Sistema Toyota de Produção, Produção Enxuta, Modal Dutoviário

## Abstract

To supply the demand of oil derivatives, companies in this sector in Brazil, especially Petrobras, invest in the assembly of terrestrial pipelines to transport these products and the costs to perform such tasks are high and involve large amounts of workers and equipment resources. Therefore, the main objective of this work was the application of the Value Stream Mapping (MFV) tool to map the current state and future state of the pipeline assembly processes used to supply oil and its derivatives, since the acquisition of pipes until the completion of the pipe assembly, with subsequent critical analysis of the realized mappings. Following the critical evaluation of Value Stream Mapping in the Future State, action plans were proposed to carry out possible and possible improvements in order to reach the future state, making it possible to reduce the cost and deadline for the development of said process.

Key Words: Lean Manufacturing, Lean Thinking, Toyota Production System, Lean Production, Pipeline Modal



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. (a) Oleodutos terrestres. (b) Oleodutos portuários.....	22
Figura 2. Modelo de instalação de dutos em áreas rurais.....	26
Figura 3. Causas de atrasos em obras .....	27
Figura 4. Processo de fabricação de tubos.....	29
Figura 5. (a) Tubos preparados com biseis usinados. (b) soldagem de topo dos tubos formando uma coluna.....	30
Figura 6. Processo de Soldagem – SMAW.....	31
Figura 7. Processo de Soldagem - GMAW.....	32
Figura 8. Processo de Soldagem – FCAW.....	33
Figura 9. Casa de produção Lean.....	35
Figura 10. Os cinco princípios do lean thinking.....	38
Figura 11. Categorização dos desperdícios .....	39
Figura 12. Objetivos do JIT .....	44
Figura 13. Fórmula para obtenção da OEE.....	45
Figura 14. Ferramentas lean aplicáveis para a detecção de desperdícios.....	48
Figura 15. Etapas de implementação do MFV .....	50
Figura 16. Exemplo de Mapeamento de Fluxo de Valor. ....	52
Figura 17. Ícones do MFV. ....	52
Figura 18. Envolvimento das pessoas nos níveis da organização. ....	53
Figura 19. Exemplo de documentação técnica.....	59
Figura 20. Exemplo de requisição de material. ....	60
Figura 21. Memorial Descritivo – Capa. ....	61
Figura 22. Licença Ambiental – Capa .....	62
Figura 23. Fluxo de escolha do fornecedor de tubos. ....	63
Figura 24. Mapeamento de Fluxo de fabricação dos tubos.....	64
Figura 25. Profissionais trabalhando na preparação de canteiro de armazenagem de tubos. ....	64
Figura 26. Profissionais trabalhando em área com tubos estocados.....	65
Figura 27. Fluxo interno de emissão do convite para contratação da empreiteira ....	66
Figura 28. Fluxo de contratação da empreiteira.....	66
Figura 29. Fluxo de confirmação da proposta.....	67
Figura 30. Canteiro de Obras com tubos armazenados.....	68
Figura 31. Mapeamento de Fluxo de Valor Atual – Fornecimento dos Tubos.....	69
Figura 32. Comunicação para revisão de documentação. ....	71
Figura 33. Comunicação para revisão de documentação – Grupo Técnico.....	72
Figura 34. Fluxo atual de comunicação para Licenciamento Ambiental.....	73
Figura 35. Fluxo futuro de comunicação para Licenciamento Ambiental. ....	74
Figura 36. Fluxo revisado para contratação da empreiteira. ....	75
Figura 37. Mapeamento de Fluxo de Valor Futuro – Fornecimento dos Tubos.....	79
Figura 38. (a) Preparação para curvamento. (b) Realização de curvamento.....	80

Figura 39. Tubos curvados.....	80
Figura 40. (a) Instalação de armadura. (b) Armadura de tela instalada no tubo. ....	81
Figura 41. Tubos concretados.....	82
Figura 42. Mapeamento de Fluxo de Valor Atual – Preparação dos Tubos. ....	83
Figura 43. Mapeamento de Fluxo de Valor Futuro– Preparação dos Tubos.....	86
Figura 44. Carreta carregada com tubos.....	87
Figura 45. (a) acoplamento - acopladeira externa. (b) acoplamento - acopladeira interna. ....	87
Figura 46. (a) Soldador executando a soldagem de dois tubos. (b) Soldagem de dois tubos concluída. ....	88
Figura 47. Mapeamento de Fluxo de Valor do Estado Atual. ....	90
Figura 48. Mapeamento de Fluxo de Valor do Estado Futuro.....	92

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Plano de Ação - Fornecimento de tubos e contratação da empreiteira ....	98
Tabela 2. Plano de Ação - Preparação dos tubos. ....	99
Tabela 3. Plano de Ação - Soldagem dos dutos. ....	100

## SUMÁRIO

1. Introdução.....	15
1.1 Contextualização.....	15
1.2 Problema de Pesquisa.....	16
1.3 Objetivos.....	16
1.4 Objeto da Pesquisa.....	17
1.5 Delimitações e Limitações.....	17
1.6 Hipóteses.....	18
1.7 Justificativa.....	18
1.8 Estrutura do Trabalho.....	18
2. Referencial Teórico.....	20
2.1 Sobre dutos terrestres.....	20
2.1.1 Modal dutoviário.....	20
2.1.2 Construção e montagem de dutos terrestres.....	23
2.2 Fornecimento de Tubos.....	28
2.3 A soldagem na montagem de dutos.....	29
2.4 Produção Enxuta e o Sistema Toyota de Produção.....	34
2.5 Pensamento Enxuto.....	36
2.6 Os Sete Desperdícios.....	38
2.7 Just in Time.....	43
2.8 OEE.....	44
2.9 Aplicações dos conceitos de produção enxuta na atualidade.....	45
2.10 Mapeamento de Fluxo de Valor.....	46
2.10.1 Etapas do Mapeamento de Fluxo de Valor.....	49
2.10.2. Elaboração do Mapa de Fluxo de Valor.....	51
3. Materiais e Método.....	55
4. Resultados.....	58
4.1 Construção e Análise do Mapas – Contratação da empreiteira, aquisição e fornecimento dos tubos.....	58
4.1.1 Mapa do Estado Atual – Etapas de contratação da empreiteira, aquisição e fornecimento dos tubos.....	58
4.1.2 Mapa do Estado Futuro – Etapas de contratação da empreiteira, aquisição e fornecimento dos tubos.....	77

4.2	Construção e Análise dos Mapas - Etapa de preparação dos tubos.....	80
4.2.1	Mapa do Estado Atual – Etapa de preparação de tubos.....	80
4.2.2	Mapa do Estado Futuro – Etapas de preparação dos tubos.....	85
4.3	Construção e Análise do Mapas - Etapa de soldagem dos dutos.....	86
4.3.1	Mapa do Estado Atual – Soldagem do duto terrestre .....	86
4.3.2	Mapa do Estado Futuro – Soldagem do duto terrestre .....	91
4.4	Benefícios e resultados alcançados com a aplicação do MFV nos processos mapeados .....	92
4.4.1	Benefícios da aplicação do MFV.....	92
4.4.2	Resultados obtidos com a aplicação do MFV nos processos mapeados.....	94
5.	Planos de Ação.....	97
5.1	Ações a serem realizadas .....	97
5.2	Contratação da empreiteira e fornecimento dos tubos.....	98
5.3	Preparação dos tubos .....	99
5.4	Soldagem do duto terrestre.....	100
6.	Conclusões .....	101
7.	Sugestões para trabalhos futuros: .....	103
	APÊNDICES.....	112

## Lista de Abreviaturas e Siglas

ANP – Agência Nacional de Petróleo

API – *American Petroleum Institute*

ASME – *American Society of Mechanical Engineers*

ASTM - *American Society for Testing and Materials*

AT – Arame Tubular

CPM - *Critical Path Method* ou Método do Caminho Crítico

CSA – Canadian Specification Agency

FBTS – Fundação Brasileira de Tecnologia de Soldagem

FCAW - *Flux Cored Arc Welding*.

GMAW – *Gas Metal Arc Welding*

HDD - *Horizontal Directional Drilling*

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

INEA – Instituto Estadual de Meio Ambiente do Estado do Rio de Janeiro

IT – *Information Technology*

JIT – *Just in Time*

LI – Licença de Instalação

LP – Licença Prévia

MFV – Mapeamento de Fluxo de Valor

NBR – Normas Brasileiras

*OEE - Overall Equipment Effectiveness*

PERT - Program Evaluation and Review Technique

*SMAW -Shielded Metal Arc Welding*

STP – Sistema Toyota de Produção

TI – Tecnologia da Informação

TIG – *Tungsten Inert Gas*

TPM - *Total Productive Maintenance*

VA – Valor agregado

VNA – Valor não agregado

## **1. Introdução**

Para transporte de cargas, o transporte dutoviário é uma das possibilidades descritas por Wanke e Fleury (2006) como opção de modal de transporte. No Brasil, a construção de dutos surge para atender, em especial, a necessidade de transporte de produtos combustíveis, líquidos ou gasosos, sendo a Petrobras a empresa que mais investe neste modal.

Entretanto, apesar do modal dutoviário apresentar vantagens como confiabilidade e baixo impacto ambiental, a sua implantação demanda significativos investimentos com desapropriações e na sua construção propriamente dita, em razão da quantidade de mão de obra e equipamentos envolvidos.

Portanto, este trabalho consistiu na aplicação da ferramenta de Mapeamento de Fluxo de Valor (MFV) em parte das etapas necessárias a construção e montagem de uma dutovia visando a redução dos tempos demandados nestas etapas, com consequente redução de custos. A ferramenta MFV, proposta por Rother e Shook (2003), proporciona a análise de um sistema produtivo através de uma visão ampla dos processos e possibilita a localização dos desperdícios, visando posterior otimização destes processos.

### **1.1 Contextualização**

Esta dissertação abordou a construção e montagem de uma dutovia realizada por uma empreiteira de grande porte, contratada pela indústria. A construção foi iniciada em 2014, com previsão de término em 2018 e fica localizada na região metropolitana do estado do Rio de Janeiro.

A montagem de dutos terrestres possui característica horizontal, o que torna necessário o deslocamento de efetivos de pessoal e equipamentos para as localidades de execução das atividades, se assemelhando a uma linha de montagem invertida. Estes deslocamentos não estão restritos as pessoas e equipamentos, mas também ao fornecimento de suprimentos para as frentes de trabalho (FREIRE et al, 2009).

## 1.2 Problema de Pesquisa

As empresas que implementam dutovias devem dedicar parte significativa de seu tempo no planejamento das atividades e logística da obra, visando a obtenção de máxima produtividade possível de suas equipes, através da utilização de ferramentas apropriadas, assegurando a adequada utilização dos recursos envolvidos.

Neste contexto, a utilização da ferramenta MFV se apresentou com grande potencial para auxiliar as empresas neste desafio. Sendo assim, são verificados no presente trabalho os seguintes pontos:

- O MFV é efetivo na identificação de desperdícios nas atividades de montagem de dutos terrestres?
- Quais os ganhos quando aplicada a ferramenta de Mapeamento de Fluxo de Valor nas atividades de montagem de dutos terrestres?
- Quais os desafios na implementação da ferramenta MFV nestas atividades?
- Pontos de atenção para a aplicação efetiva da ferramenta.

## 1.3 Objetivos

O objetivo geral deste trabalho foi a aplicação da ferramenta Mapeamento de Fluxo de Valor (MFV) na avaliação dos processos de fornecimento dos tubos, preparação dos tubos, bem como no processo de soldagem para montagem de dutos terrestres utilizados no fornecimento de petróleo e seus derivados.

Como objetivos específicos e seguindo o conceito do MFV, foram elaborados o Estado Atual e o Estado Futuro do Fluxo de Valor destes processos. Depois da avaliação crítica do Estado Futuro foi proposto um plano de trabalho para a realização das eventuais e possíveis introduções de melhorias a serem propostas à administração superior da contratante. O foco das mudanças visou reduzir os custos e os prazos para o desenvolvimento dos referidos processos.



## 1.4 Objeto da Pesquisa

O objeto desta pesquisa foi verificar a viabilidade da utilização do Mapeamento de Fluxo de Valor (MFV) nos processos que envolvem a montagem de dutos, visando a identificação de desperdícios e elaboração de planos de ação para mitigação ou eliminação dos mesmos.

O Mapeamento de Fluxo de Valor foi utilizado para mapear três atividades realizadas no âmbito desta obra:

- Contratação dos tubos e da empreiteira responsável pela obra;
- Preparação dos tubos para expedição ao campo;
- Soldagem dos tubos para montagem dos dutos.

Os dois primeiros tópicos se assemelham a linha de montagem de uma indústria convencional, com a maioria das estações de trabalho permanecendo paradas, aguardando o produto se deslocar na sua direção.

Entretanto, o terceiro tópico, segundo Freire et al. (2009), quando comparada à indústria convencional, assemelha-se a uma linha de montagem invertida, visto que na montagem de dutos a mão de obra e os equipamentos envolvidos nas atividades não permanecem paradas em estações de trabalho, aguardando que o produto se desloque em sua direção, pelo contrário, são pessoas e equipamentos que se deslocam ao longo da obra, divididas por equipes especializadas, para executarem as tarefas.

Os tempos utilizados foram adequados para melhor visualização do *lead time* sendo o primeiro tópico contabilizado em meses e o segundo e terceiro tópicos contabilizados em minutos.

## 1.5 Delimitações e Limitações

A delimitação da pesquisa referiu-se ao levantamento dos tempos e recursos envolvidos em partes das atividades realizadas para a implementação de dutos terrestres, através dos registros efetuados e observações diretas, possibilitando mapear as condições atuais e a projeção das condições futuras destas atividades.

A pesquisa limitou-se a observação das atividades realizadas para a montagem dos dutos durante três etapas de sua construção, são elas: etapa de fornecimento de tubos e contratação da empreiteira responsável pela montagem do duto, preparação dos tubos através da execução de curvamento e concretagem dos tubos e soldagem dos tubos.

Portanto, o presente trabalho se restringiu a registrar e mapear os dados levantados, sem interferência direta e intencional do pesquisador.

### **1.6 Hipóteses**

Com a aplicação do MFV, o resultado esperado é a observação de potenciais desperdícios, o que possibilita a melhoria dos processos, através da redução dos tempos e recursos envolvidos nestas atividades.

A efetiva implementação da ferramenta possibilitará a realização de planos de ações visando atingir o estado futuro que for delineado e, conseqüentemente, possibilitará a melhoria contínua dos processos mapeados.

### **1.7 Justificativa**

Os custos para desenvolver as tarefas relacionadas a montagem de dutos possuem significativa quantidade de recursos, portanto, a redução de custos e prazos que poderão ser obtidas através da utilização do MFV tendem a acarretar economia através da otimização dos processos.

Em uma análise a curto prazo, ocorrerá a diminuição do *lead time* e eliminação ou mitigação dos desperdícios encontrados. No longo prazo, possibilitará a melhoria contínua no desenvolvimento das atividades mapeadas e significativa redução dos custos envolvidos nestas atividades.

### **1.8 Estrutura do Trabalho**

O capítulo 1 deste trabalho contextualizou o tema a ser abordado no trabalho, estabelecendo o problema e o objetivo da pesquisa.

O capítulo 2 consistiu em uma revisão bibliográfica profunda acerca da Montagem de dutos terrestres, métodos de soldagem aplicados para a montagem, sobre o conceito *Lean* e o Mapeamento de Fluxo de Valor.

O capítulo 3 descreveu a metodologia utilizada neste trabalho.

No capítulo 4 estão descritos os resultados, bem como os mapeamentos realizados.

O capítulo 5 refere-se aos planos de ação elaborados com base no mapeamento de estado futuro.

No capítulo 6 estão descritas as conclusões da presente dissertação.

O capítulo 7 descreve as sugestões de trabalhos futuros.

No capítulo 8 estão listadas as referências utilizadas para elaboração deste trabalho.

E por último os apêndices deste trabalho.

## **2. Referencial Teórico**

### **2.1 Sobre dutos terrestres**

#### **2.1.1 Modal dutoviário**

O transporte de cargas é o principal componente dos sistemas logísticos das empresas e, tanto no âmbito das políticas públicas de investimentos quanto no âmbito gerencial das empresas privadas e estatais, a principal decisão relativa ao transporte de cargas é a escolha do modal de transporte (FIGUEIREDO; FLEURY e WANKE, 2003 apud WANKE e FLEURY, 2006) que são: rodoviário, ferroviário, aquaviário, dutoviário e aéreo. Para cada escolha há uma estrutura de custos e características operacionais específicas que os tornam mais adequados para determinados tipos de produtos e operações (WANKE e FLEURY, 2006).

Na antiguidade, os dutos eram usados para transporte de líquidos, sendo que os chineses usavam bambu, os egípcios e astecas usavam materiais cerâmicos e os romanos usavam chumbo. Entretanto, o primeiro duto para transporte de hidrocarbonetos foi construído na Pensilvânia/EUA e ligava um campo de produção a uma estação de carregamento de vagões com 2" de diâmetro e uma distância total de aproximadamente 8 km. No Brasil, o primeiro duto para transporte de hidrocarbonetos foi construído na Bahia em 1942. Possuía diâmetro de 2" e 1 km de extensão, e ligava a Refinaria Experimental de Acatu e o Porto de Santa Luzia, que recebia petróleo de saveiros-tanque vindo dos campos de Itaparica e Joanes (SANT'ANA, 2006 apud FONTES, 2008).

No Brasil, a utilização de dutos terrestres ganhou maior importância a partir da exploração do petróleo e da necessidade de distribuição de seus derivados líquidos e gasosos. Nos últimos 20 anos seu emprego evoluiu para o transporte de granéis sólidos, como minério e carvão que, misturados com água, formam uma pasta fluída que possibilita o deslocamento (ALBANO, 2016).

Portanto, a construção de dutos surge para atender a necessidade de transportar produtos combustíveis, líquidos ou gasosos, entre dois pontos. Para determinados volumes ou distâncias, o transporte de combustíveis por dutos, quando comparados a outras formas de transporte, é a mais vantajosa economicamente como em segurança operacional (FREIRE et al., 2009).

. O fluxo dos produtos através destes dutos é lento, porém, este fato é compensado pela movimentação ininterrupta do material que independe de fatores meteorológicos e de outros fatores restritivos dos demais meios de transporte para ser realizado (RIBEIRO e FERREIRA, 2002).

Segundo Freire et al. (2009), um modal dutoviário apresenta vantagens sobre os demais sistemas de transporte como maior confiabilidade, menor impacto ambiental durante a operação e, apesar de grandes investimentos com desapropriações e infraestrutura para controle das instalações, apresenta ótimo retorno destes investimentos, resultando em maior economia. Entretanto, também apresentam desvantagens como risco de vazamentos, geralmente ocasionados pela falta de preservação das tubulações, acarretando riscos como poluição dos solos e, em casos extremos, incêndios e explosões (SILVA, 2014).

Ressalta-se que a maior confiabilidade é decorrente da segurança quanto a integridade das instalações, em razão da aplicação de revestimentos anticorrosivos na tubulação, sistema de proteção catódica, inspeção de juntas soldadas e sistemas de monitoramento da dutovia, conferindo segurança aos trabalhadores envolvidos, bem como prevenção de danos à natureza e das instalações (REVIE, 2015).

Segundo dados da Confederação Nacional do Transporte (2012) o transporte dutoviário representa apenas 4% da matriz do transporte de cargas no Brasil, na frente apenas do segmento aeroviário. Esta mesma fonte indica que o Brasil ocupa a 16ª posição no ranking mundial com 22 mil km de dutovias em operação, atrás do México com 40 mil km e Argentina com 38 mil km (ALBANO, 2016). Para comparação, os Estados Unidos possuem mais de 240.000 km de oleodutos para o transporte de petróleo e derivados (CIA, 2004 apud OLIVEIRA, 2017).

De acordo com a ANP (2017) os dutos para transporte de hidrocarbonetos são basicamente segregados por Oleodutos ou Gasodutos. Os oleodutos são dutos terrestres ou marítimos, de transporte ou transferência, que movimentam:

- a) petróleo, líquidos de gás natural, gás condensado, derivados líquidos de petróleo e gás liquefeito de petróleo;
- b) todos os produtos líquidos cujas operações de movimentação sejam reguladas pela ANP, exceto gases liquefeitos por baixa temperatura.

Os dutos que movimentam hidrocarbonetos líquidos e outros combustíveis, tais como biodiesel, mistura óleo diesel/biodiesel ou etanol, de forma sequencial (polidutos), também são considerados como oleodutos.

Para o caso de tubulações para transporte de gases, sejam terrestres ou marítimos, estes dutos são denominados gasodutos.

Os dutos que interligam pontos de atracação (pier, cais, monoboias e quadro de boias) são denominados genericamente de oleodutos portuários. Na Figura 1 estão demonstrados os tipos de dutos para transporte de hidrocarbonetos.



Figura 1. (a) Oleodutos terrestres. (b) Oleodutos portuários (ANP, 2017).

As principais normas internacionais que orientam quanto a projeto, materiais envolvidos, construção e montagem destes dutos são a ASME B31.4 para transporte de combustíveis líquidos (oleodutos) e a ASME B31.8 para transporte de Gás (ROSENFELD, 2018). No âmbito nacional, a principal norma nacional que orienta quanto a projetos, construção e montagem destas instalações é a NBR 15.280 – Dutos Terrestres (ANP, 2017).

Para implementação dos dutos também é necessária a obtenção de licença ambiental, junto ao IBAMA em nível federal ou órgãos estaduais, previamente ao início da fase de realização da obra. É dividida em duas partes: licença prévia à instalação e licença de instalação (MENDONÇA SOBRINHO, 2008).

### 2.1.2 Construção e montagem de dutos terrestres

O processo de construção e montagem destes dutos consistem basicamente na aplicação de vários tubos de comprimento e diâmetro variável que são montados através de soldagem, formando uma coluna que é instalada em uma vala com profundidade que varia de acordo com o tipo de terreno (FONTES, 2008). As principais fases de construção e montagem de um duto terrestre, segundo Penusila et al. (2016), Pestana & Espírito Santo (2012), Freire et al. (2009), Fontes (2008) e Mohitpour, Golshan e Murray (2000), são:

- **Movimentação de recursos:** Após a contratação de uma empresa especializada inicia-se a mobilização de mão de obra e equipamentos, recursos necessários para execução da montagem do duto.
- **Identificação das faixas de domínio e abertura de pistas:** Consiste em realizar uma preparação de terreno com movimento de terra necessária para abertura de faixa com largura determinada em projeto oferecendo segurança para execução das atividades de montagem do duto terrestre.
- **Transporte e Inspeção de recebimento de tubos:** Os tubos são transportados do fornecedor dos tubos até um canteiro estabelecido, para armazenamento, concretagem e/ou curvamento, Antes do armazenamento os tubos devem ser previamente inspecionados quanto a integridade do bisel e dos revestimentos internos ou externos, caso aplicáveis.
- **Concretagem e encurvamento de tubos:** O processo de curvamento consiste em curvar tubos atendendo o estabelecido no Projeto executivo. O processo de curvamento deve ser executado de acordo com um procedimento executivo previamente aprovado.

Os tubos recebem revestimento de concreto de acordo com a especificação do projeto. O revestimento em concreto é aplicado em tubos que serão utilizados para montagem do duto em trechos alagados ou para proteção mecânica no caso de solo rochoso.

- **Desfile de tubos:** Antes das atividades de união dos tubos por soldagem, os mesmos são transportados para a faixa e distribuídos ao longo da faixa de acordo com a planilha de desfile de tubos. Nesta planilha devem ser considerados os

comprimentos reais dos tubos a serem utilizados, incluindo a sua identificação para rastreabilidade.

- Soldagem e inspeção das soldas: A soldagem é o processo utilizado para união de todos os tubos visando a montagem da coluna, e posteriormente do duto. Antes da execução da solda, os tubos devem ser unidos na extremidade com o auxílio de uma acopladeira para então ser executada a solda. Antes do acoplamento dos tubos, deve ser feita inspeção visual e limpeza interna, para verificação de presença de detritos ou impurezas que possam prejudicar a realização da soldagem e após a realização da soldagem ocorre a inspeção visual da junta soldada.

- Aplicação de ensaios não destrutivos nas juntas soldadas: As soldas executadas devem ser verificadas quanto a sua integridade através de ensaios não destrutivos, normalmente realizados através de Ultrassom. Caso os critérios de aceitação de descontinuidades da solda não sejam atendidos, deverá ser realizado o reparo da junta soldada.

- Revestimento da junta soldada: Os tubos recebem um revestimento de acordo com a especificação do projeto. O revestimento em concreto é aplicado em tubos que serão utilizados em trechos alagados e o revestimento anticorrosivo nos demais lugares oferecendo proteção ao duto quanto ao processo de corrosão.

- Abertura de vala: Esta atividade consiste na abertura de uma vala na faixa de duto para possibilitar a acomodação da coluna de duto e, futuramente, o duto em operação. Recomenda-se que a abertura e preparação de vala sejam realizadas após a preparação da coluna de tubos para abaixamento, principalmente em áreas habitadas. Devem ser cercadas e sinalizadas, para evitar qualquer incidente ou acidente no local.

- Abaixamento do duto, cobertura do duto e *tie-in* (solda realizada dentro da vala para completar a montagem do duto): O abaixamento do duto consiste em acomodá-lo no fundo da vala com a coluna de duto já soldada, para posterior soldagem final (*Tie-in*). O abaixamento deve ser feito por método que garanta a perfeita acomodação do duto no fundo da vala, evitando deslocamentos, deslizamentos, tensões e oscilações, deformações e danos ao revestimento, conforme os limites estabelecidos no procedimento executivo.



A cobertura da vala consiste em cobrir o duto já instalado e recomenda-se a realização na mesma jornada de trabalho em que for realizado o abaixamento, para evitar acidentes.

O *tie-in* é a solda de interligação dos tramos ou trechos de duto executada já no interior da vala, sendo esta a última solda do duto. Para a soldagem de *tie-in* deve ser qualificado um procedimento específico.

- Limpeza e revegetação da faixa de domínio: Após a cobertura do duto, deve ser realizada a limpeza dos materiais que restaram da montagem do duto, bem como deverá ser realizada a sementeira da área afetada pelas atividades, para possibilitar a revegetação do espaço.

- Teste hidrostático, limpeza da linha e condicionamento dos dutos: O teste hidrostático é realizado no duto já enterrado e limpo, através do preenchimento do duto com água e posterior pressurização. O teste visa simular as condições que o duto será submetido quando iniciar a sua operação, de modo a identificar previamente a existência de problemas na montagem como, por exemplo, juntas soldadas de forma defeituosa. Após a realização do teste, a água utilizada é descartada para efetuar a limpeza da linha.

O condicionamento do duto refere-se a todas as atividades necessárias para, após o término do teste hidrostático, colocar o duto em condições de ser operado com o produto previsto. Um duto é considerado condicionado, quando seu interior está limpo, seco e inertizado, em toda sua extensão.

- Além das fases descritas acima, também há a necessidade de travessias de corpos de água e cruzamento de rodovias. O método conhecido como HDD (*Horizontal Directional Drilling*), onde é realizado uma perfuração do solo e o duto é instalado sem a necessidade da etapa de abertura de vala, se apresenta como a alternativa mais adequada para a execução de travessias e cruzamentos em razão do seu baixo impacto ambiental e social (BRETT, 2016).

Segue a Figura 2 que ilustra o sequenciamento destas atividades.

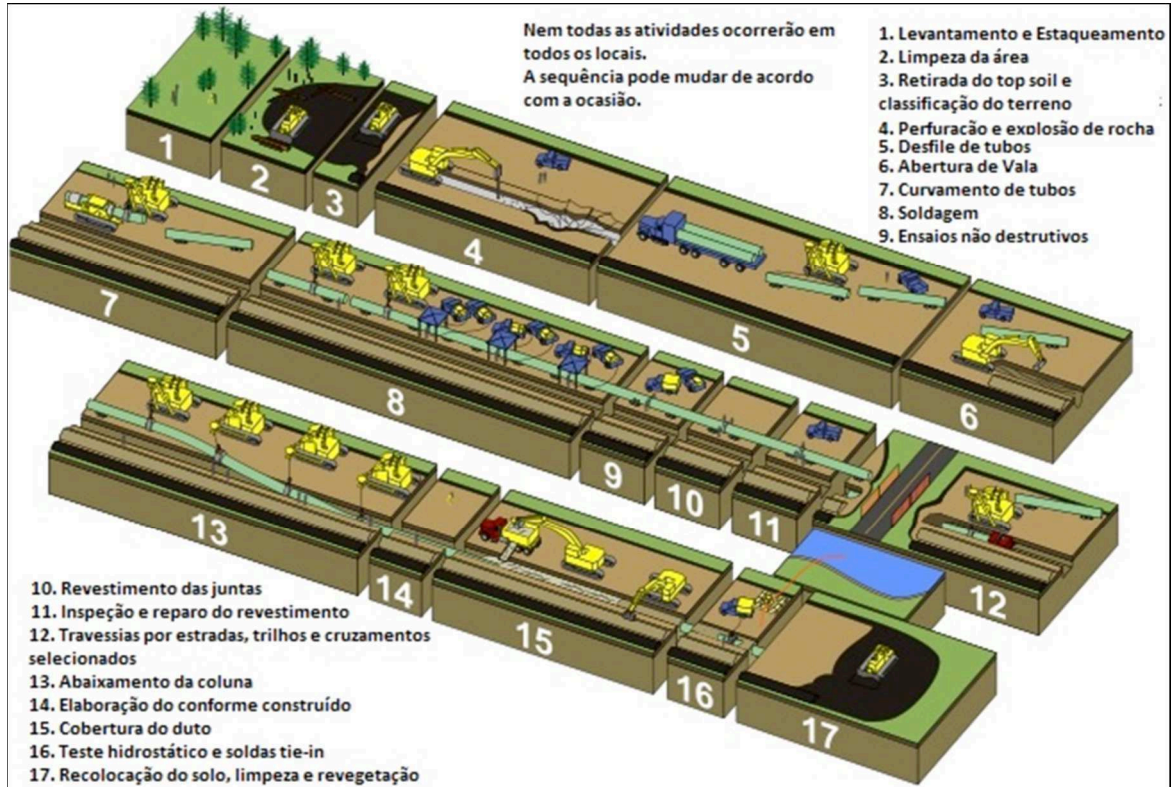


Figura 2. Modelo de instalação de dutos em áreas rurais (Adaptado de TRANSMOUNTAIN, 2017).

Ressalta-se que a construção e montagem de dutos terrestres é, na sua essência, uma obra de grande porte que envolve as disciplinas de civil e mecânica e, portanto, possuem riscos que devem ser analisados e gerenciados pelos responsáveis pelo projeto. Marzouk e El-Rasas (2014) descrevem as principais causas de atrasos (*delays*) em projetos de construção, conforme a Figura 3.

Grupos de Atrasos	Causas
1. Relacionado com o Proprietário ( <i>Owner</i> )	1.1 - Tomadas de decisões lentas 1.2 - Suspensão do trabalho 1.3 - Atraso na revisão e aprovação de documentos 1.4 - Atraso para fornecer e entregar o site ao empreiteiro 1.5 - Atraso nas finanças e pagamentos dos trabalhos concluídos 1.6 - Variação de ordens/mudanças de escopo pelo proprietário durante a construção 1.7 - Forma de contratação do projeto e premiações ( negociações, menor lance) 1.8 - Prazos irrealistas de Contratos 1.9 - Penalidades para atrasos que são inefetivas 1.10 - Interferências do proprietário
2. Relacionado com Consultores ( <i>Consultant</i> )	2.1 - Experiência inadequada do consultor 2.2 - Atraso na aprovação de desenhos e requisições de materiais 2.3 - Erros/Discrepâncias em Projetos Básicos 2.4 - Pouca clareza ou nível de detalhamento inadequado em projetos 2.5 - Garantia/Controle de Qualidade
3. Relacionado com o empreiteiro ( <i>Contractor</i> )	3.1 - Dificuldade de financiamento do projeto 3.2 - Gerenciamento e supervisão de sites realizado com pouca frequência. 3.3 - Planejamento ineficaz do Projeto 3.4 - Retrabalhos devido a erros durante a construção 3.5 - Atraso em trabalhos realizados por subcontratados 3.6 - Falta de experiência do empreiteiro na execução de tarefa 3.7 - Atraso na mobilização de sites 3.8 - Atraso na preparação de projetos e requisição de materiais
4. Relacionado com os Materiais ( <i>Materials</i> )	4.1 - Escassez de materiais de construção no mercado 4.2 - Atraso na entrega de materiais 4.3 - Mudança de tipos de materiais e especificações durante a construção
5. Relacionado com trabalhadores e equipamentos ( <i>Labor and equipment</i> )	5.1 - Escassez de trabalhadores 5.2 - Mão de obra pouco qualificada 5.3 - Baixo nível de produtividade dos trabalhadores 5.4 - Disponibilidade de equipamentos e falhas
6. Relacionado a Projetos ( <i>Project</i> )	6.1 - Efeitos de condições subterrâneas ( incertezas relacionadas a <i>underground</i> ) 6.2 - Controles de tráfego e restrições ao site de trabalho 6.3 - Indisponibilidade ou atraso em utilidades como água, energia, dentre outros 6.4 - Acidentes durante a construção 6.5 - Problemas com vizinhos
7. Relacionado a fatores externos ( <i>External</i> )	7.1 - Efeitos das condições de tempo ( Calor, chuvas, dentre outros) 7.2 - Restrições Ambientais 7.3 - Mudança em regulações governamentais ou leis 7.4 - Lentidão na emissão de permissões por parte de governos ou municípios 7.5 - Atraso na inspeção final de performance e certificação por terceira parte 7.6 - Falta de comunicação entre partes envolvidas 7.7 - Flutuações nos custos causada por variações de moedas 7.8 - Força Maior como guerra, revoluções, desastres naturais, dentre outros

Figura 3. Causas de atrasos em obras (Adaptado pelo autor de Marzouk e El-Rasas, 2014)

Os serviços de construção e montagem destes dutos normalmente são realizados por empreiteiras (*contractors*) contratadas pela indústria (*owner*) e estas empreiteiras tornam-se responsáveis pela execução, custo, qualidade e prazo de entrega da obra (FONTES, 2008).

No gerenciamento destes projetos o instrumento comumente utilizado para planejamento e monitoramento dos prazos parciais e finais são (GOLDRATT, 2007 e COSTA, 2017):

- Cronograma de barras também conhecido como gráfico de Gantt e;

- Cronograma em redes utilizando as técnicas PERT (*Program Evaluation and Review Technique* ou Técnica de Avaliação e Revisão de Programas) e CPM (*Critical Path Method* ou Método do Caminho Crítico).

Outro ponto importante deste tipo de projeto é o planejamento de meios logísticos para a construção do duto (DE ALCANTARA, RICKARDO e GOMES, 2016). Previamente ao início da obra é realizada a instalação de um canteiro que funciona como base para as diversas equipes da obra, bem como armazena materiais necessários para a execução das atividades, portanto, sua localização deve ser estratégica de modo a acarretar o menor impacto nas comunidades vizinhas e nos deslocamentos para as frentes de trabalho (FONTES, 2008).

## 2.2 Fornecimento de Tubos

Os tubos mais frequentemente utilizados para transporte de gás a alta pressão são os aços da classe API 5L de graus X60, X65, X70 e X80 (CEGLIAS, 2012). Além destes, há outros tipos que são utilizados, dependendo das especificações de projeto (TENARIS, 2017):

- API 5L/ISO 3183 Gr. A, B, X42, X46, X52, X56, X60, X65, X70, X80
- ASTM A134 e ASTM A135
- CSA Z245.1 Gr. 241, 290, 359, 386, 414, 448, 483, 550

A fabricação dos tubos utilizados para a montagem dos dutos ocorre a partir de chapas e a sigla UOE representa exatamente as etapas do processo. A primeira etapa consiste no dobramento da chapa no formato “U” e na segunda etapa a chapa é dobrada no formato “O”. Em seguida é realizada a soldagem das extremidades da chapa através do processo de arco submerso (SAW – *Submerged Arc Welding*) e, após a soldagem, o tubo é submetido a uma expansão “E”, cujo objetivo é o ajuste do diâmetro às tolerâncias da norma API (CEGLIAS, 2012). Na Figura 4 está ilustrado o processo de fabricação dos tubos.

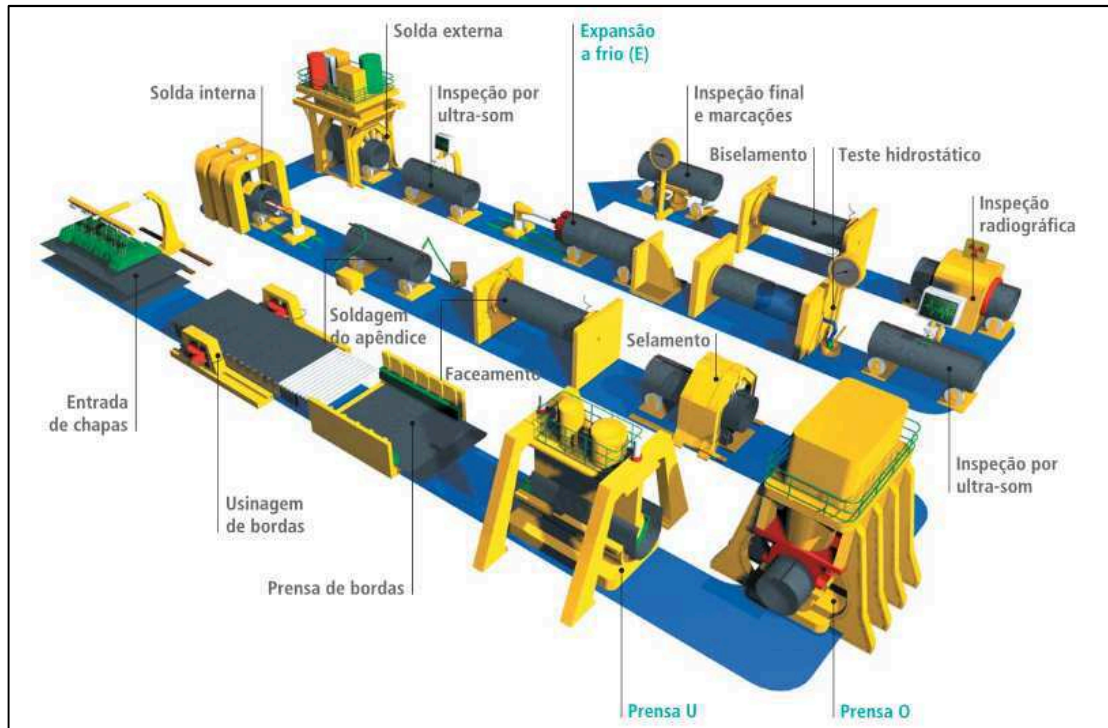


Figura 4. Processo de fabricação de tubos (TENARIS, 2017).

### 2.3 A soldagem na montagem de dutos

Relativamente à soldagem na montagem de dutos é relevante mencionar que primeiramente os tubos são preparados com a usinagem de biseis em seus extremos como ilustrado na Figura 5(a). O processo de soldagem ocorre por meio da execução de um passe na raiz do bisel seguido de mais passes até o seu completo preenchimento. Depois que diversos tubos são soldados obtém-se uma coluna conforme Figura 5(b), que posteriormente é instalada em uma vala com profundidade que varia de acordo com o tipo de terreno.



Figura 5. (a) Tubos preparados com biseis usinados (CHILEXPO, 2017). (b) soldagem de topo dos tubos formando uma coluna (PETROBRAS, 2010).

Durante e após a soldagem ocorrem perdas e são necessários diversos custos de processo: perdas são identificadas quando ocorrem os inevitáveis “restos” de consumíveis; surgem problemas relacionados com a logística referente ao deslocamento das equipes para as frentes de trabalho ou na distribuição dos tubos ao longo da faixa de dutos antes de serem soldados (FONTES, 2008). Além disto, após a soldagem, a junta soldada deve ser inspecionada por um profissional qualificado e, caso não apresente conformidade, deve ser devidamente reparada. (FONTES, 2008).

A soldagem circunferencial para união dos tubos é uma atividade muito importante. Assim, a tecnologia empregada na soldagem possui desenvolvimento contínuo visando atender maior qualidade e produtividade (YSHII e CHIODO, 2007). Tal desenvolvimento refere-se à busca de métodos de soldagem mais produtivos com a finalidade de ter disponíveis processos cada vez mais automatizados.

Segundo Yshii e Chiodo (2007), Freire et al. (2009) e Junior, Rocha e Brandi, 2013, os principais processos utilizados na soldagem de tubulações são: SMAW - *Shielded Metal Arc Welding*; TIG – *Tungsten Inert Gas*; GMAW – *Gas Metal Arc Welding*; e FCAW *Flux Cored Arc Welding*.

Dentre os métodos de soldagem elencados, o processo SMAW, também conhecido pelo acrônimo ER (Eletrodo Revestido) é o principal método utilizado para união dos tubos. Este método continua sendo empregado em razão da possibilidade de uso em locais de difícil acesso, facilidade de uso, possibilidade do uso de fontes de energia moto geradoras bem como não necessita de gás de proteção (SOEIRO JUNIOR, ROCHA e BRANDI, 2013).

A soldagem como eletrodos revestidos (SMAW) é o processo que produz a coalescência de metais, obtida através do aquecimento destes por arco elétrico

estabelecido entre um eletrodo revestido e as peças que desejamos unir. O eletrodo é formado por um núcleo metálico, coberto por uma camada de materiais (revestimento), que é o responsável pela geração de escória e gases que protegem a região que está sendo soldada. Segue a Figura 6 onde está ilustrada a execução deste método (MODENESI, MARQUES e SANTOS, 2012).

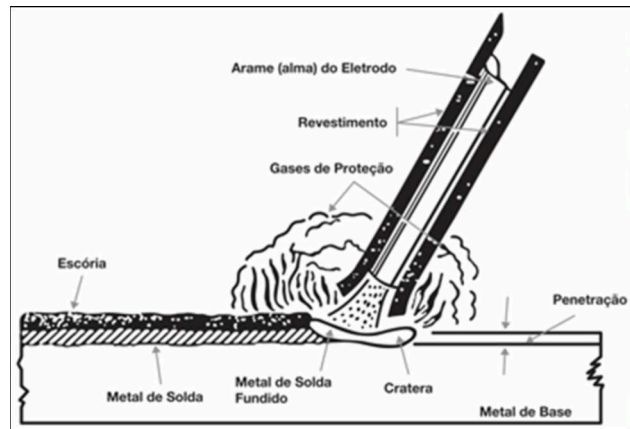


Figura 6. Processo de Soldagem – SMAW (ESAB<sup>1</sup>, 2018).

Os processos que se apresentam como alternativa ao método SMAW visando aumento da produtividade e redução de custos são os métodos GMAW, também conhecido pelo acrônimo MIG/MAG (Metal Inert Gas/*Metal Active Gas*) e o FCAW, também conhecido pelo acrônimo AT (Arame Tubular) (JUNIOR, ROCHA e BRANDI,2013).

No método GMAW, um arco elétrico é estabelecido entre a peça e um consumível em forma de arame maciço. O arco elétrico funde o arame de forma contínua na medida que este é alimentado à poça de fusão e o metal de solda é protegido pelo fluxo de gás utilizado, inerte ou ativo (ESAB<sup>2</sup>, 2005). Segue a Figura 7 onde está ilustrada a execução este processo.

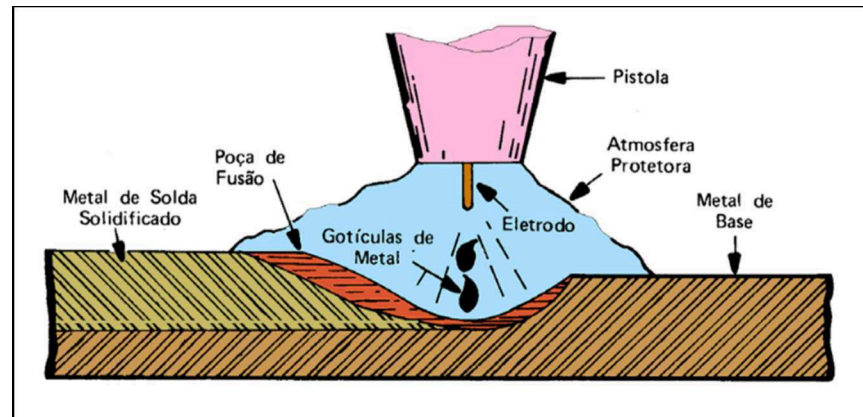


Figura 7. Processo de Soldagem - GMAW (FBTS, 2018).

Neste processo, a alimentação do arame é realizada por um sistema composto por um motor, conjunto de roletes para impulsão do arame e um sistema de controle de velocidade, para controle do avanço do arame. Em comparação com a soldagem com eletrodo revestido, este método é consideravelmente mais simples, pois a alimentação do arame é realizada por um equipamento e a quantidade gerada de escória é mínima (BLANCO et al., 2015).

O método FCAW é um processo de soldagem que produz a coalescência de metais de forma semelhante ao método GMAW, ou seja, através do contato entre o metal de base e um consumível. A variação entre os dois processos é basicamente devido (MODENESI, MARQUES e BRACARENSE, 2005):

- O tipo de arame, que no método FCAW é tubular e no GMAW é maciço;
- A proteção que é realizada pelo próprio fluxo contido no eletrodo, neste caso, denominado arame auto protegido. Em alguns casos pode ser utilizada uma nuvem de gás adicional para proteção e este gás geralmente é do tipo  $\text{CO}_2$ .

Na Figura 8 está ilustrado este processo.



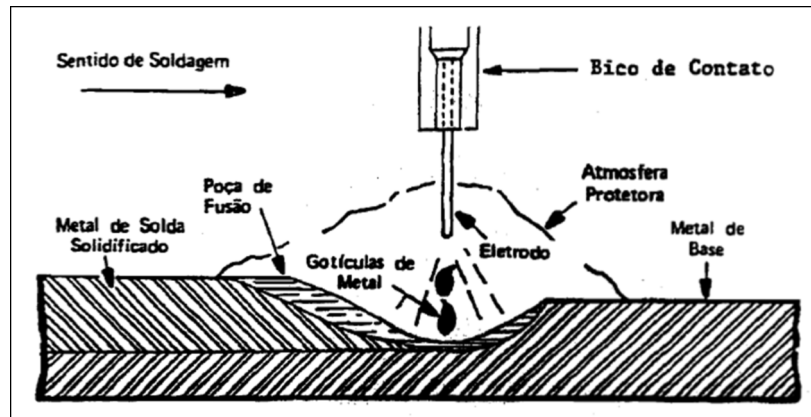


Figura 8. Processo de Soldagem – FCAW (LUZ, 2018).

Segundo Mohamat (2012) e Weman (2003) e Kopeliovich (2012) apud Golbabaie e Khadem (2015) este método apresenta como principais vantagens, quando comparado ao método SMAW: alta velocidade, taxa de deposição e produtividade, demanda menos habilidade do soldador e pode ser utilizado em variadas posições e ligas metálicas.

Como desvantagem, destaca-se a alta temperatura durante o processo de soldagem, que pode reduzir a qualidade da junta (KOU, 2003).

Destaca-se ainda a vantagem dos métodos FCAW e GMAW em relação ao SMAW, que é a redução da demanda de tempo relacionada a troca de eletrodos, bem como não possuem a necessidade de secagem de consumíveis (DE SOUZA et al, 2017).

Em uma escala menor também é utilizado o método TIG, que possui excelente qualidade, mas apresenta baixa produtividade, entretanto, é o principal método utilizado quando é necessária a realização de reparos de cordões de solda defeituosos (SOEIRO JUNIOR, ROCHA e BRANDI, 2013).

Além dos métodos citados, há diversos estudos acerca da soldagem mecanizada que, ainda que não seja uma tecnologia recente, é pouco utilizada na construção de dutos como a soldagem TIG orbital para o passe de raiz (PIGOZZO et al., 2015), soldagem MIG/MAG para o passe de raiz (SARTORI et al., 2016), controle adaptativo da soldagem orbital do passe de raiz através de sensoriamento a laser (KINDERMANN, 2016) dentre outros.

## 2.4 Produção Enxuta e o Sistema Toyota de Produção

Segundo Ohno (1997) e Liker (2016), o conceito de Produção Enxuta surgiu nos anos 50, na fábrica de automóveis da Toyota e seu idealizador foi o Engenheiro Taiichi Ohno. A Toyota batizou esta forma de abordagem da produção de Sistema Toyota de Produção, que desencadeou uma transformação mundial em praticamente todas as indústrias com relação a métodos de produção e cadeia de suprimentos. O objetivo deste conceito é basicamente eliminar os desperdícios nas linhas de montagem.

A popularização do termo “produção enxuta” ocorreu com a publicação do livro “A Máquina que Mudou o Mundo” de Womack, Jones e Roos (1992) que foi baseada em um estudo do *Massachusetts Institute of Technology* sobre o futuro do automóvel. Esta mesma publicação em seu capítulo 3, além do capítulo 2 do livro “Produção & Competitividade: Aplicação e Inovações” de Ghinato (2000) e do capítulo 1 do livro “O modelo Toyota: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo de Liker (2016) relatam o histórico do surgimento da produção enxuta, esclarecendo o conjunto de fatores que propiciaram o desenvolvimento deste conceito.

Com o encerramento da segunda guerra mundial, a família Toyota resolveu ingressar na fabricação de carros e caminhões em larga escala, porém encontrou uma série de problemas, como limitação do mercado doméstico, a economia fraca pós segunda guerra mundial, revisão de leis trabalhistas e interesse de empresas estrangeiras ingressarem no país.

Em razão das limitações da Toyota, o carro deveria ser estampado em poucas linhas de prensa, ao contrário do praticado pela indústria automobilística naquele momento. Portanto, a estratégia de Ohno foi desenvolver técnicas para trocas simples de moldes e possibilitando trocá-los com frequência, a cada duas ou três horas, utilizando carrinhos e mecanismos de ajustes simples. Esta técnica acabou aperfeiçoada para “troca rápida” e no final da década de 1950 a troca de moldes foi reduzida de um dia para três minutos.

Destaca-se que esta técnica eliminou a necessidade de especialistas para a troca e revelou que o custo por peça prensada era menor na produção em lotes pequenos do que em lotes grandes. Isto ocorria, pois, eliminava-se os custos

financeiros dos imensos estoques de peças acabadas e a produção de peças antes de montá-las em um carro fazia-se com que erros de prensagem aparecessem quase instantaneamente.

Dennis (2009) destaca que Ohno concebeu o sistema *Lean*, mas este foi entendido e aprofundado por outros, incluindo Hiroyuki Hirano – Sistema 5S, Seiichi Nakajima – Manutenção Produtiva Total (*Total Productive Maintenance* – TPM), Keniche Sekine – fluxo contínuo e Shigeo Shingo (Jidoka e troca de ferramenta em um dígito – *Single Minute of Die*) e descreve a casa de produção Lean conforme ilustra a Figura 9 abaixo:

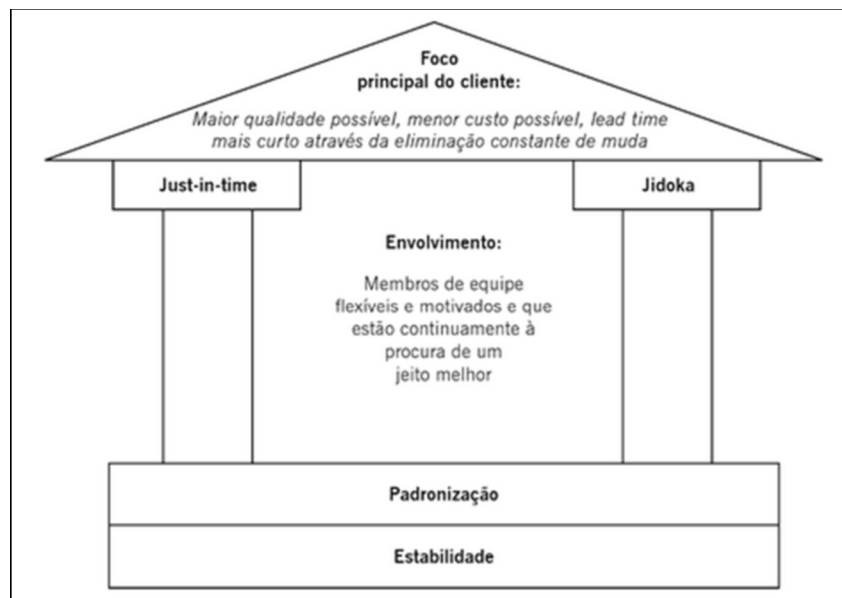


Figura 9. Casa de produção Lean (DENNIS, 2009)

Conforme descrito por Dennis (2009) na figura acima, a base do sistema é a padronização e a estabilidade, as paredes são a entrega das peças e produtos *just in time* e *jidoka* e a meta do sistema (telhado) é o foco no cliente entregando a mais alta qualidade ao custo mais baixo, *no lead time mais curto*. O centro do sistema é o envolvimento, com membros de equipes flexíveis e motivados, na busca pela melhor forma de fazer as coisas.

## 2.5 Pensamento Enxuto

Na descrição de Womack e Jones (1997), o pensamento enxuto é o antídoto para a *Muda*, mais especificamente, qualquer atividade que absorve recursos, mas não cria valor. Podem se referir a retrabalhos, produção de itens desnecessários, etapas que não são necessárias, movimentos de funcionários e transporte de mercadorias de um ponto a outro sem necessidade, dentre outros.

O pensamento enxuto fornece uma maneira de especificar valor, alinhar ações de criação de valor na sequência adequada, realizar as atividades sem interrupção e executá-las de maneira cada vez mais eficiente. Em resumo, fazer mais com cada vez menos esforço humano, menos equipamentos, menos tempo e menos espaço, fornecendo aos clientes o que querem exatamente (WOMACK e JONES, 1997).

São cinco princípios do pensamento enxuto descritos por Womack e Jones (1997):

- Especificar Valor:

Este é o ponto de partida para o pensamento enxuto. O Valor só pode ser definido pelo cliente final e é significativo quando expresso em termos de um produto específico e atende as necessidades do cliente em um momento específico com preço específico.

- Identificar o fluxo de Valor:

É o conjunto de todas as ações específicas necessárias para atravessar um produto específico através de três tarefas críticas no gerenciamento de qualquer atividade: resolução de problemas passando do conceito através do projeto detalhado da engenharia para o início da produção, gerenciar as informações a partir da tomada de pedidos através do agendamento detalhado até a entrega e transformar a matéria prima em um produto final nas mãos do cliente.

- Implementar fluxo Contínuo:

Uma vez que o fluxo foi identificado, ou seja, o fluxo de Valor para um produto foi completamente mapeado e as etapas que desperdiçam foram eliminadas, o passo seguinte do pensamento enxuto é a criação de valor.

O desafio neste passo é deixar de pensar na execução da tarefa em lotes e pensar nas tarefas com fluxo contínuo a partir da matéria prima até o bem concluído.

- Sistema Puxado:

Após a implementação do princípio anterior ocorre uma redução do tempo necessário para o lançamento, venda e entrega de produtos ao cliente. Em decorrência disto as ordens de compra que demoravam dias para serem processadas são concluídas em poucas horas e semanas de tempo de produção física são reduzidas para dias.

Os efeitos descritos acima produzem uma redução de estoque e da velocidade de retorno sobre o investimento causada pela capacidade de projetar, agendar e fazer o que o cliente quer e quando o cliente quer. Neste caso, o cliente retira o produto da empresa ao invés da empresa empurrar produtos indesejados ao cliente.

- Buscar a perfeição (Melhoria Contínua):

A partir do momento que as empresas percorrem os passos anteriores, ou seja, especificam valor, identificam o fluxo de valor, faz as etapas de criação de valor e permitem que o cliente retire valor da empresa, inicia-se uma nova etapa pois não há término para o processo de redução de custos, prazos, espaços ou erros ao oferecer um produto, ou seja, a busca pela perfeição através da melhoria contínua.

Neste caso, deve-se buscar junto aos clientes a maneira de especificar valor de forma mais clara para possibilitar a melhoria do fluxo. Além disto, nesta fase a eliminação da *muda* são obtidas de forma simples, seja com mudança de conceitos ou implementação de novas tecnologias.

Os cinco princípios descritos acima formam um círculo virtuoso, eliminando a *muda* e promovendo a melhoria, conforme ilustrado na Figura 10.

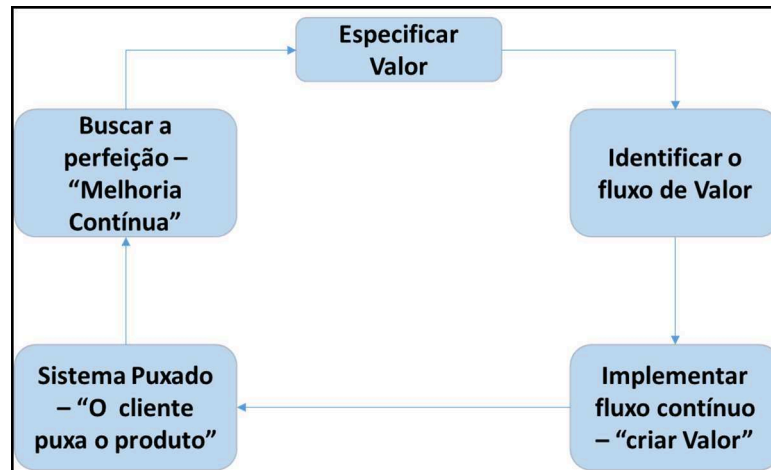


Figura 10. Os cinco princípios do lean thinking (fonte: Adaptado de WOMACK E JONES, 1997)

## 2.6 Os Sete Desperdícios

Na visão de Ohno (1997), o desperdício origina-se nas atividades que absorvem recursos, consomem prazo e custo, mas, não agregam valor ao produto fabricado ou serviço realizado. Ohno (1997) *apud* Moraes, Santos e Araújo (2016) complementam que o desperdício é um conjunto de elementos que não agrega valor e, além disso, aumenta as despesas. Portanto, a eliminação destes desperdícios é alicerce para a redução de custos e determinante para a permanência de uma organização a frente do mercado de forma competitiva.

Na Figura 11 estão listados os sete desperdícios clássicos segundo Womack, Jones e Roos (1992), Shingo (1996), Ohno (1997), Bauch (2004) e Harish e Selvam (2015) além de três categorias adicionais de desperdícios proposta por Bauch (2004).

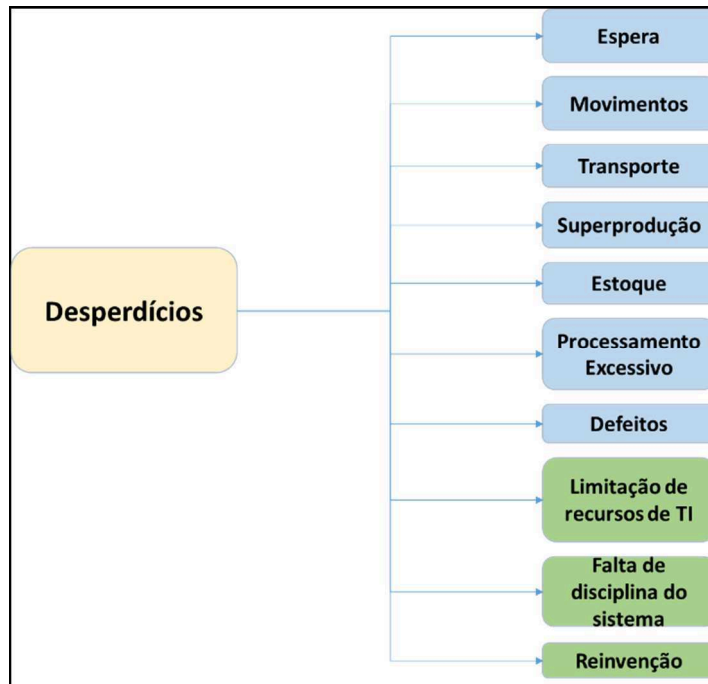


Figura 11. Categorização dos desperdícios (fonte: Adaptado de OHNO,1997 e BAUCH,2004)

- **Espera:**

O tempo de espera é a diferença entre o total do tempo necessário para processamento e o tempo necessário apenas para as atividades de criação de valor (Slack,1998 apud Bauch, 2004). Portanto, refere-se ao tempo que decorre da espera desnecessária em virtude de atrasos impactando recursos como mão de obra e equipamentos.

Na produção, é uma condição causada por uma operação que está aguardando o material de operações anteriores, ferramentas, a presença do operador ou a manutenção de um equipamento para a continuidade da produção.

Este tipo de desperdício também pode ocorrer na área de desenvolvimento de produtos, associada a esperas devido a uma informação não disponível. Pode estar relacionada a pessoas aguardando datas, respostas, especificações, resultado de testes, aprovações, decisões, dentre outras possibilidades.

A perda está relacionada ao aumento do *lead time* em decorrência das esperas, bem como aumento dos custos associados.

- Transporte:

O tempo de transporte está associado ao tempo em que um produto está em deslocamento entre dois pontos pois, neste período, não há transformação física do produto e, por consequência, nenhum valor é agregado (Slack,1998 apud Bauch, 2004).

As causas podem estar relacionadas a rotas inadequadas, problemas com o layout do processo, além da distância e comunicação entre fornecedores.

O transporte é uma operação básica e necessária para permitir o fluxo do produto, portanto, não é possível eliminar a operação completamente, entretanto, é necessária a avaliação e redução de transportes desnecessários de produtos, evitando assim a perda de tempo e custo associados a este processo.

- Movimentos:

O desperdício de tempo relacionados a movimentos refere-se ao que acontece quando há movimentação desnecessária de mão de obra ao executar uma tarefa, ou seja, movimentações além do mínimo necessário para executar a tarefa. Os exemplos mais comuns são o excesso de flexão, buscas ou caminhadas para alcançar ferramentas, peças, materiais ou outros recursos necessários a execução das tarefas.

As causas mais comuns que contribuem para este tipo de desperdício são layout inadequado, ambiente de trabalho desorganizado, estoques além do necessário, instruções de trabalho com difícil compreensão e/ou sem padrão, dentre outras.

Neste caso a perda está relacionada ao tempo e custo associado, pois a ocorrência de movimentos desnecessário impacta diretamente o *lead time*.

- Estoque:

Este tipo de desperdício ocorre quando há estoques excessivos de matérias primas, peças semiacabadas ou de produto final, independente da demanda ou da situação atual de produção. O armazenamento destes materiais pode ocorrer em estoques antes das operações (matérias primas), nas filas com trabalhos em andamento (peças semiacabadas) ou após as operações (produto final).

A causa mais comum que contribui para a ocorrência deste desperdício é a produção excessiva, entretanto, pode haver outras causas como compra de insumos além do necessário, desequilíbrio na linha de produção ou alto tempo de *lead time*.



As principais perdas relacionadas a este desperdício são os custos relacionados a manutenção do estoque e ao risco de obsolescência.

- Defeitos:

Os desperdícios categorizados aqui referem-se a materiais, componentes ou produtos acabados que não atendem os requisitos de qualidade previamente estabelecidos e, nestes casos, devem ser retrabalhados ou inutilizados.

Estes defeitos podem ocorrer na produção ou em materiais de fornecedores e são detectados através de testes realizados pela área de controle de qualidade ou, em casos extremos, após o envio ao consumidor final.

As causas estão relacionadas a controle de qualidade ineficaz, trabalho desenvolvido por mão de obra inadequada, processos produtivos inadequados, fornecedores pouco capacitados, dentre outros.

A quantidade de perdas relacionadas aqui são as mais variadas como custos de retrabalho, custos de reposição do produto defeituoso, tempos e na condição extrema ocorre a perda do consumidor.

- Processamento excessivo ou inadequado:

Neste caso, o desperdício está relacionado ao processamento em excesso, causado pela execução de etapas, por máquinas e pessoas, que não agregam valor ao produto.

As causas podem estar relacionadas a melhorias desnecessárias no produto, precisão além da necessária, exigências de clientes, testes excessivos, dentre outros.

Para este caso, a principal perda está relacionada ao aumento do *lead time* e custos associados.

- Superprodução ou produção excessiva:

Este desperdício ocorre quando há uma produção maior do que a necessária ou quando ocorre produção antes do momento necessário.

As causas estão relacionadas a desbalanceamento da linha de produção, falha na sincronização dos processos ou erro nos setores de planejamento e produção.

Com a superprodução, há o aumento do estoque da empresa, aumentando assim os custos de manutenção destes materiais, conseqüentemente, aumentando os riscos relacionados a deterioração ou obsolescência destes produtos.

Além dos sete desperdícios clássicos citados acima, Bauch (2004) nos apresenta três outras classificações de desperdícios:

- Reinvenção:

Neste caso, o desperdício está relacionado ao não aproveitamento de soluções existentes ou experiências adquiridas em projetos anteriores. O aproveitamento destas soluções e experiências aumenta a eficiência e qualidade dos processos.

Portanto, deve-se iniciar um novo projeto com o nível de experiência do último projeto acabado. Caso esta experiência não seja aproveitada, os novos trabalhos são iniciados em níveis inferiores e, com isto, ocorre a reinvenção de processos ou soluções que já haviam sido encontradas.

As causas podem estar relacionadas a falhas de comunicação internas ou equipe de projeto inexperientes ou incapazes.

As perdas estão relacionadas a custos desnecessários para encontrar soluções já existentes.

- Falta de disciplina do sistema:

Refere-se a desperdícios decorrentes da falta de clareza entre as camadas da empresa relacionada aos objetivos, regras e procedimentos, ou seja, uma baixa clareza do que necessita ser realizado significa que os colaboradores não compreenderão completamente o projeto e com isto ocorrerão inconsistências em relação aos objetivos estabelecidos pela corporação. Os desperdícios podem estar relacionados a:

- Metas e objetivos pouco claros;
- Procedimentos e responsabilidades pouco claros;
- Regras pouco claras;
- Projetos pobres ou pouco detalhados;
- Pouca cooperação entre as pessoas envolvidas no projeto (pessoas preocupadas com seu desempenho individual, mas não no desempenho geral);
- Incompetência ou pouco treinamento.

- Recursos de TI limitados:

Neste caso, o desperdício está relacionado a uma grande variedade de componentes existentes dentro de um sistema de informação, causada pelo fato da indústria da computação ter se concentrado no desenvolvimento de aplicações

isoladas. Este fato acarreta problemas relacionados a integração destes sistemas e, conseqüentemente, torna-se um desafio a área de TI das corporações a integração destes sistemas.

São três os aspectos principais em relação a estes recursos que podem acarretar problemas:

- Baixa compatibilidade: Falta de compatibilidade entre *softwares* e *hardwares* acarretando necessidades de esforços adicionais, retrabalhos, reformatações, dentre outros.

- Baixa disponibilidade: A baixa disponibilidade de uma rede da empresa é uma grande fonte de desperdícios pois reduz acesso à informação e, portanto, aumenta a espera das pessoas que buscam estas informações.

- Baixa capacidade: Uma baixa capacidade do *software* ou do *hardware* acarreta lentidão na hora de abrir e modificar arquivos, causando dificuldades na administração dos dados.

## 2.7 Just in Time

Em uma visão geral, Hutchins (1999) cita que a primeira meta a ser atingida pelo *Just in time* é o “inventário zero”, não somente dentro de uma única organização, mas em toda a cadeia de suprimento.

O *Just in time* (JIT) significa basicamente produzir as unidades que são necessárias, nas quantidades necessárias e dentro do tempo necessário e, junto com a *Jidoka*, é um dos conceitos que representa os pilares do Sistema Toyota de Produção (MONDEN,2015) e segundo Ohno (1988) apud Ghinato (1995) é uma das estruturas para a completa eliminação de perdas proposto pelo STP.

Apesar da grande quantidade de obras que tratam o JIT, percebe-se que os conceitos e definições são diversos e, algumas vezes, contraditórios. Em uma tentativa de melhor definição, Motta (1993) apud Ghinato (1995) define que o JIT é unicamente uma técnica que se utiliza de várias normas para modificar o ambiente produtivo, ou seja, uma técnica de gerenciamento que pode ser aplicada tanto na área de produção quanto em outras áreas da empresa.

Os principais objetivos do JIT segundo Vollmann et al (2006) e Kaminski (2010) apud Ludwig et al (2016) estão elencados na Figura 12:

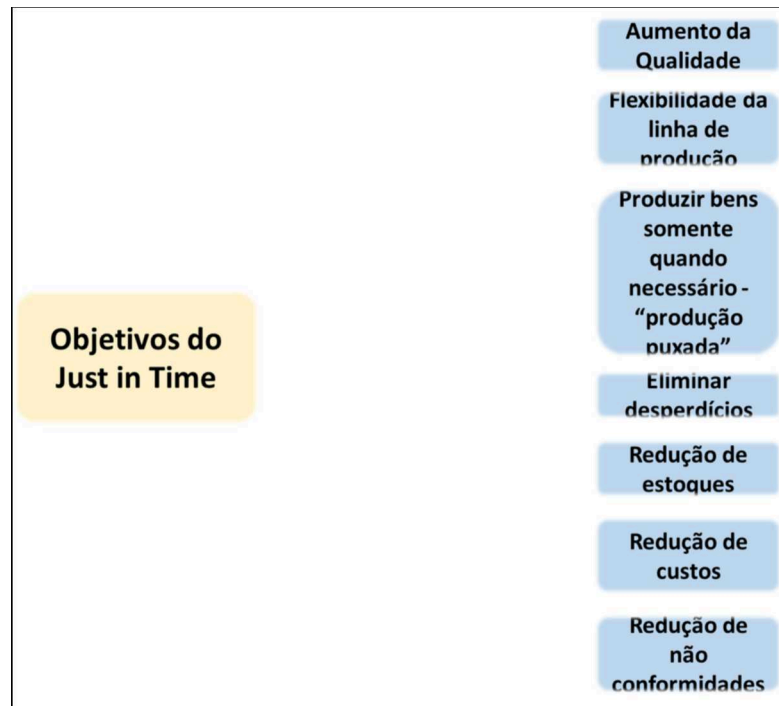


Figura 12. Objetivos do JIT (fonte: Adaptado de VOLLMANN ET AL, 2006 e KAMINSKI, 2010 apud LUDWIG ET AL, 2016)

A meta do JIT deve ser o desenvolvimento de um sistema que permita o fabricante conseguir os materiais necessários, equipamentos e pessoas necessárias para a execução das tarefas. Para conseguir atingir esta meta, deve-se trabalhar sobre seis objetivos (ALVES, 1995):

1. Integrar e otimizar cada etapa do processo de manufatura.
2. Produzir produtos de qualidade.
3. Reduzir os custos de produção.
4. Produzir somente em função da demanda.
5. Desenvolver flexibilidade de produção.
6. Manter os compromissos assumidos com clientes e fornecedores.

## 2.8 OEE

O conceito de *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) foi introduzido por Nakajima (1988) como uma ferramenta de medição que confere o grau em que o

equipamento está fazendo o que é necessário fazer com base em disponibilidade, qualidade e performance (WILLIAMSON, 2006 apud FERNANDEZ, 2016).

A identificação das perdas no processo produtivo compõe o principal elemento para o cálculo da OEE. Nakajima (1988) dividiu estas perdas em quebra de equipamentos, por *setup* e regulagem, por pequenas paradas e ociosidade, por queda de velocidade, perdas por refugo ou retrabalho e perda por queda de rendimento. Estas perdas se dividem de forma que uma ou mais delas compõe o indicador OEE (BRIGOLINI et al, 2016).

Segundo Nakajima (1988) apud Fernandez (2016), o cálculo da OEE é realizado conforme listado na Figura 13:

Variáveis da OEE	Fórmulas
Disponibilidade (D)	$\frac{(\text{Tempo disponível} - \text{Tempo parado})}{\text{Tempo total}}$
Performance (P)	$\frac{(\text{Tempo ideal de ciclo} \times \text{saídas})}{\text{tempo operacional}}$
Qualidade (Q)	$\frac{(\text{Entradas} - \text{volume de peças defeituosas})}{\text{Entradas}}$
OEE	$D \times P \times Q$

Figura 13. Fórmula para obtenção da OEE (Fonte: Adaptado de MONDEN, 2015)

## 2.9 Aplicações dos conceitos de produção enxuta na atualidade

O conceito de pensamento enxuto, produção enxuta e a aplicação de ferramentas do STP são utilizados na indústria em diversos segmentos como, por exemplo, na indústria de bens de capital sob encomenda (VOTTO e FERNANDES, 2014), em cadeia de suprimentos de componentes eletromecânicos (SILVA, 2013), ferramentas para usinagem (FRÔBERG e CARLSSON, 2016), na gestão de empreendimentos de obras (GONÇALVES, 2009 e SOUZA, 2017), indústria moveleira (DE OLIVEIRA et al., 2017), cadeias logísticas para Mineração com a aplicação do conceito de *Lean Mining* (STEINBERG, 2011), *lean construction* (PASQUALINI e ZAWISLAK, 2005 apud LI, 2014), *lean services* (BOWEN e YOUNGDAHL, 1998), fabricantes de equipamentos agrícolas (CARELLI, RODRIGUES e RÔA, 2016), assistência médica e hospitalar (DANNAPFEL, POKSINSKA e THOMAS, 2014 e DE

ALMEIDA COIMBRA, 2015), hotelaria (DE OLIVEIRA et al., 2015), indústria farmacêutica (MANNING e SORLIN, 2017) além da continuidade da utilização dos conceitos na indústria automobilística ( DE CAMARGO et al., 2015 e COPETTI, SAURIN e SOLIMAN, 2016).

Além disto, este conceito está cada vez mais integrado a outros temas relevantes como sustentabilidade e inovação (REZA et al., 2017), produção sustentável (VAZ, 2015), a integração lean/meio ambiente (KURDVE et al, 2014 e FERCOQ, LAMOURI e CARBONE, 2016) a relação da implementação do *lean manufacturing* e a medição do progresso das organizações (VIENAZINDIENE e CIARNIENE, 2013), a necessidade de mudança nas estruturas organizacionais para implementação do *lean manufacturing* (NORDIN e DEROS, 2017), dentre outros exemplos.

## **2.10 Mapeamento de Fluxo de Valor**

O conceito de criação de valor foi abordado por Ohno (1997) no sentido de que as atividades que não resultassem na criação de valor devem ser consideradas como desperdício. A perspectiva de criação de valor, bem como a necessidade de eliminação da *muda*, também foi apontada por Womack e Jones (1997) no livro *Mentalidade Enxuta*.

Passando da criação de valor para o conceito de fluxo de valor, Sundar, Balaji e Kumar (2014) descrevem este fluxo como o conjunto de todas as ações específicas que são necessárias para realizar um produto específico, através dos três pontos críticos do gerenciamento de qualquer negócio: Solução de Problemas, Informação de Gestão e Transformação Física.

Entretanto, era necessária uma ferramenta que possibilitasse a visualização de todo o fluxo de valor sistema produtivo. Ressalta-se que Bauch (2004) cita alguns exemplos de utilização de ferramentas para representação de fluxo de valor:

- Gráfico de Gantt, que é uma maneira tradicional de apresentação de cronogramas, onde estão demonstradas as sequencias, durações e dependências entre diferentes tarefas de um projeto. Esta ferramenta é muito utilizada em Gerenciamento de Projetos;

- Mapa de fluxo de processos, que foca na sequência das etapas dos processos usando símbolos padrão conectados por setas descrevendo o fluxo do processo, e;
- Matriz de estrutura de projeto, que analisa a sequência e como as informações fluem nas tarefas relacionadas a um processo, sendo que a informação flui de uma tarefa para a outra, ambos propostos por McManus (2004);
- Aprender a enxergar, proposto por Rother e Shook (2003), que apresenta o *Value Stream Mapping*;
- Sistema dinâmico, um modelo que propõe a avaliação de diferentes fatores (produtividade, facilidades, vendas, mercado, produtos, dentre outros), e as relações entre si;
- Ward/LEI, um mapa criado por Alan Ward e apresentado por McManus (2004) que se concentra na concorrência, nos marcos e na natureza cíclica dos processos de desenvolvimento de produtos. O mapa exhibe o tempo no eixo das ordenadas e no eixo das abcissas exhibe a magnitude de recursos para realização de uma tarefa.

Dentre as ferramentas descritas acima, o Mapeamento de Fluxo de Valor, proposta por Rother e Shook (2003), traz a possibilidade de análise de um sistema produtivo em busca de desperdícios mapeando todas as etapas envolvidas em um dado processo de fabricação, possibilitando uma visão ampla do fluxo envolvidos nestes processos. A utilização do Mapeamento de Fluxo de Valor é possível para todo o conjunto de ações específicas necessárias para trazer um produto ou serviço específico através das tarefas críticas de gerenciamento de qualquer negócio (KEYTE e LOCKER, 2015).

O sucesso da ferramenta de Mapeamento de Fluxo de Valor apresentada no manual “Aprendendo a Enxergar”, bem como da evolução dos conceitos de gestão da cadeia de suprimentos, ampliou o escopo de aplicação do conceito *Lean* quando o Lean Enterprise Institute publicou em 2004 o trabalho denominado “Enxergando o Todo: Mapeamento de Fluxo de Valor Estendido”. O objetivo desta iniciativa foi estender os resultados obtidos dentro dos limites de controles das empresas para os relacionamentos entre os membros de cadeia de suprimentos (WOMACK e JONES, 2004 apud VIAGI, 2011).

Destaca-se ainda que a ferramenta de Mapeamento de Fluxo de Valor é a única ferramenta enxuta que possibilita a detecção de todas as categorias de desperdícios conhecidas (SALGADO ET AL. 2009 apud PINHEIRO e TOLEDO, 2016). Na Figura 14 estão listados os tipos de desperdícios com a ferramenta enxuta aplicável visando a detecção dos mesmos.

Desperdício	Ferramentas Enxutas Aplicáveis
Espera	Mapeamento de Fluxo de Valor Manutenção Produtiva Total Melhoria da relação cliente/fornecedor Redução de número de fornecedores Produção sincronizada Recebimento/fornecimento <i>just in time</i>
Transporte	Mapeamento de Fluxo de Valor Manutenção Produtiva Total Tecnologia de grupo Trabalho em Fluxo contínuo/ redução do tamanho do lote
Movimento	Mapeamento de Fluxo de Valor Trabalho em Fluxo contínuo/ redução do tamanho do lote 5S
Processos Desnecessários	Mapeamento de Fluxo de Valor 5S
Estoque	Mapeamento de Fluxo de Valor Trabalho em Fluxo contínuo/ redução do tamanho do lote
Superprodução	Mapeamento de Fluxo de Valor 5S Produção sincronizada
Defeitos	Mapeamento de Fluxo de Valor Ferramentas de controle de qualidade Zero defeito Ferramentas à prova de erros
Reinvenção	Mapeamento de Fluxo de Valor Tecnologia de grupo Gráficos de controle visuais Medidas de desempenho
Falta de disciplina do processo	Mapeamento de Fluxo de Valor <i>Empowerment</i> Trabalhos em equipe Medidas de desempenho Comprometimento dos funcionários e da alta gerência Trabalhador multi-habilitado/rodízio de funções Treinamento de pessoal
Recursos de tecnologia da informação limitados	Mapeamento de Fluxo de Valor Tecnologia de grupo

Figura 14. Ferramentas lean aplicáveis para a detecção de desperdícios (Fonte: Adaptado de SALGADO et al,2009 apud PINHEIRO E TOLEDO, 2016).



Os benefícios da utilização do MFV são diversos, dentre os quais destaca-se (MARTIN e OSTERLING, 2014 e ROTHER E HARRIS, 2001 apud KROLCZYK, LEGUTKO e SZCZEPANSKA, 2017):

- Fácil visualização do processo que está sendo mapeado;
- Linguagem simples;
- Demonstra a ligação entre as operações dos processos e;
- Identifica-se o desperdício de forma visual, dentre outros.

Com a implementação do MFV, os resultados esperados são (TROJANOWSKA, KOLINSKA e KOLINSKI, 2014 apud WOLNIAK e SKOTINICKA-ZASADZIEN, 2014):

- Aumento da eficácia do processo;
- Melhor aproveitamento dos funcionários;
- Remoção de tarefas supérfluas;
- Redução do tempo de fabricação;
- Redução dos custos de produção.

### **2.10.1 Etapas do Mapeamento de Fluxo de Valor**

O MFV consiste em cinco etapas (Rother e Shook, 2003), ilustradas na Figura 15.



Figura 15. Etapas de implementação do MFV (Fonte: Adaptado de ROTHER E SHOOK, 2003)

- **Identifique uma família de produtos:** O passo inicial para a realização do MFV é a identificação de uma família de produtos para realizar o mapeamento. A família de produtos que será mapeada será aquela que o seu setor de relacionamento com o cliente identificando o que gera valor para o seu cliente.  
Uma família é um grupo de produtos que passam por processos e termos utilizando equipamentos comuns dentro do seu processo de fabricação.
- **Desenho do Estado Atual:** Após a definição de um gestor e conhecendo a utilização da ferramenta MFV, o passo seguinte é desenhar o Mapeamento de Fluxo de Valor atual.  
O mapeamento deve ser realizado “porta a porta” identificando as categorias de processo existentes como montagens, inspeções, dentre outros, utilizando os ícones para representar os processos.
- **Avaliar o Mapa atual identificando os problemas:** Neste momento, é necessário identificar os processos que não agregam valor ao cliente. Com esta identificação, verificamos os desperdícios e, conseqüentemente, os

impactos causados por estes como tempos de espera para processamento, recursos sendo utilizados em atividades que não agregam valor, produção excessiva ou falta de produtos, dentre outros.

- **Desenho do Estado Futuro:** Após identificar os desperdícios, podemos avaliar de forma crítica os pontos que podem ser melhorados e desenhar o Mapeamento de Fluxo de Valor Futuro, ou seja, realizar uma projeção do que é pretendido alcançar como redução de *lead time* ou de estoques, dentre outros.
- **Plano de Trabalho para implementar as melhorias:** Com o Mapeamento de Fluxo Atual e o Mapeamento de Fluxo Futuro é possível identificar os pontos de melhoria e elaborar um plano para a implementação das melhorias através de ações e utilização das ferramentas visando alcançarmos o MFV futuro.

### **2.10.2. Elaboração do Mapa de Fluxo de Valor**

O Mapeamento de Fluxo de Valor ocorre através da elaboração de um gráfico usando um conjunto de símbolos para destacar cada elemento importante constante no fluxo do processo mapeado. A aplicação do MFV divide o processo estritamente em dois grupos, Valor Agregado (VA) e Valor Não agregado (VNA) e totaliza o lead time do fluxo, possibilitando a obtenção do percentual de VA em relação ao lead time (ROHAC e JANUSKA, 2015).

A elaboração do MFV é efetuada através da identificação do fluxo de produção, de informação e de materiais, incluindo desde o fornecimento da matéria prima para a empresa até a entrega do bem produzido, desenhando o status atual e o status futuro, e identificando os pontos de mudança a serem providenciados para atingir o status futuro (ROTHER e SHOOK, 2003). A Figura 16 exemplifica o fluxo.

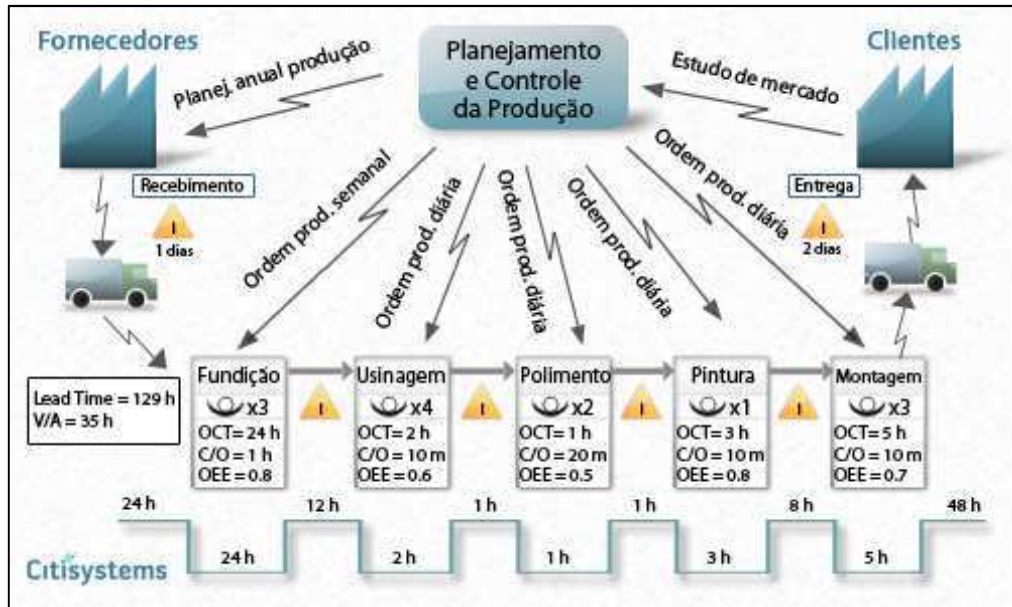


Figura 16. Exemplo de Mapeamento de Fluxo de Valor (Fonte: SILVEIRA, 2016).

Na Figura 17 estão descritos os símbolos mais utilizados para a geração dos mapas de fluxo (ROTHER e SHOOK, 2003).

	Processo de Manufatura		Caminhão de entrega
	Caixa de dados		Kanban chegando em lotes
	Posto Kanban		Retirada
	Supermercado		Estoque
	Fontes externas		Empurrar
	Programação "vá ver"		Produtos acabados para o cliente
	Kanban de Sinalização		Fluxo de informações - Eletrônico
	Kanban de Produção		Fluxo de informações - manual
	Kanban de Retirada		Bola para puxado sequenciado
	Primeiro entra, primeiro sai		Nivelamento de produção

Figura 17. Ícones do MFV (Fonte: Adaptado de ROTHER e SHOOK, 2003).

### 2.10.3 Desafios e recomendações para efetuar a implementação do MFV

Para a implementação de ferramentas *lean*, é necessário o envolvimento das pessoas em todos os níveis da organização, considerando os níveis institucionais, intermediários e operacionais. Na Figura 18 está ilustrado os níveis hierárquicos e a sua amplitude.

Nível da Organização	Pessoas envolvidas	Conteúdo	Horizonte	Amplitude
Institucional	Diretores	Genérico e Estratégico	Longo Prazo	Macro Orientado e supraorganizacional
Intermediário	Gerentes	Tático e Operacional	Médio Prazo	Unidade de negócio orientada
Operacional	Supervisores, Líderes e Operativos	Detalhamento e Execução	Curto Prazo	Pontual, relacionado a cada transação

Figura 18. Envolvimento das pessoas nos níveis da organização (Fonte: adaptado de DAL FORNO et al, 2014).

Portanto, a utilização de uma ferramenta *lean* como o MFV requerem mudanças comportamentais, entretanto, as pessoas se sentem confortáveis em fazer as mesmas coisas de forma consecutiva, o que pode gerar uma resistência à mudança. Em razão disto, a principal tarefa dos gestores das empresas é que a prática na utilização destas ferramentas sejam um padrão de comportamento, ou seja, que virem rotina, e não que a implementação das ferramentas *lean* sejam observadas como a execução de mais um trabalho (ROTHER e LIKER. 2011).

No contexto da estrutura de uma organização, Chason e Sawhney (2005) e Balle (2005) apud Nordin e Deros (2017) destacam ainda que a transição para o ambiente de *lean manufacturing* requer mudanças na cultura das organizações e não apenas na fabricação ou técnicas utilizadas. É necessário que haja uma gestão de mudanças, na estrutura, estratégia e cultura de uma organização, visando garantir o sucesso na implementação do *lean manufacturing* (NORDIN e DEROS, 2017).

Para Rymaszewska (2014) apud Gonçalves (2015), o sucesso na implementação de ferramentas *lean* depende de um planejamento adequado e um acompanhamento de longo prazo para que haja resultados sustentáveis, que demoram para ocorrer, mas que fazem parte do processo de criação de uma cultura de manufatura enxuta. A necessidade de um planejamento adequado, sacrificando

benefícios de curto prazo em razão dos ganhos alcançados a longo prazo, também são destacados por Liker (2016).

É necessária ainda a definição de um gestor do fluxo de valor, portanto, este profissional deverá possuir o empoderamento necessário para a realizar as mudanças necessárias visando atingir o estado futuro (ROTHER e SHOOK, 2003).

### 3. Materiais e Método

Segundo Prodanov e de Freitas (2013), este trabalho é classificado como pesquisa-ação, pois trata-se de:

- uma pesquisa realizada em associação com uma ação.
- pesquisadores que se envolvem no trabalho de forma cooperativa ou participativa e desempenham um papel ativo na realidade dos fatos observados.

A pesquisa-ação é caracterizada ainda por (THIOLLENT, 1998 apud PRODANOV E DE FREITAS, 2013):

- Ampla e explícita interação entre pesquisadores e pessoas implicadas pela situação investigada.
- desta interação resulta uma ordenação de prioridade dos problemas a serem encaminhados sob a forma de ação concreta.
- o objeto de investigação não é constituído por pessoas mas sim pela situação social e por problemas de diferentes naturezas que são encontrados nesta situação.
- o objetivo da pesquisa-ação é a resolução, ou pelo menos o esclarecimento, de problemas da situação observada.
- a pesquisa não é limitada a uma forma de ação, e sim a pretensão do aumento do conhecimento dos pesquisadores ou o nível de consciência das pessoas e grupos considerados.

A análise realizada no presente trabalho restringiu-se a três fases da implementação da dutovia:

- Processo de contratação da empreiteira, aquisição e fornecimento dos tubos

O mapeamento do processo de aquisição e fornecimento dos tubos considera as etapas de obtenção das licenças ambientais da obra, celebração dos contratos necessários para a compra dos tubos e da montagem do duto, visto que estes

processos ocorrem em paralelo e são igualmente necessários para a implementação do duto.

- Preparação dos tubos para transporte a campo

Na fase da preparação dos tubos para transporte a campo, estão mapeadas as etapas de curvamento e concretagem dos tubos que serão expedidos para o campo.

Os tubos considerados neste mapeamento são aqueles que necessitam de curvamento e concretagem. No caso destes tubos, os processos de curvamento e concretagem são sequenciais.

- Soldagem dos tubos, que representa parte de todo o processo de construção das dutovias.

Para a fase de soldagem dos tubos, foram utilizados dois métodos de soldagem, por duas equipes diversas. Conforme procedimento de soldagem aprovado para a obra, a primeira equipe realizou as soldas através da utilização do método de eletrodo revestido (SMAW) nos passes de raiz, enchimento e acabamento, e a segunda equipe utilizou o método MAG com tecnologia RMD (*Regulated Metal Deposition*) no passe de raiz e a soldagem pelo método FCAW com arame tubular para os passes de enchimento e acabamento. Considerando que os chanfros são similares para os dois métodos, a deposição de material em ambas as situações, também foi similar.

Para as três fases descritas acima foram realizados os mapeamentos na condição atual, e coletados os dados referentes aos tempos e ao número de pessoas diretamente envolvidas em cada um destes processos, através da análise dos registros efetuados na obra e observações do pesquisador. Assim, de acordo com o que prescreve o MFV, foi possível construir o “Mapa Atual”, para descrever o que de fato vinha ocorrendo na obra.

Da observação e avaliação do mapa atual foi possível identificar toda sorte de desperdício. Assim, foi aplicada novamente a ferramenta MFV, agora para construção do “Mapa Futuro”. Por último, foi elaborado um plano de trabalho para, finalmente, introduzir as oportunas melhorias no processo.

Os tempos utilizados, para possibilitar melhor visualização do lead time é de meses para o primeiro tópico, sendo o segundo e terceiro tópicos contabilizados em minutos.



Para cálculo da OEE do mapa de contratação da empreiteira, aquisição e fornecimento dos tubos, foram considerados os tempos executados em relação aos tempos que constam no planejamento inicial.

Para os mapas de preparação dos tubos e soldagem dos dutos, a OEE foi calculada da forma tradicional, ou seja, com a multiplicação dos percentuais de disponibilidade, eficiência e qualidade de cada uma das atividades.

Os tempos coletados sofreram a aplicação de um fator para que os valores reais fossem preservados. Isto foi solicitado pela empresa envolvida, entretanto, não prejudicou absolutamente a análise e nem os resultados encontrados. Além disto, também não foram considerados os períodos de paralisação das atividades decorrentes de fatores, tais como: intempéries (chuvas e suas consequências) e movimentações grevistas.

## **4. Resultados**

O presente trabalho aborda a construção e montagem de uma dutovia com diâmetro de 32 polegadas, realizada por uma empreiteira de grande porte, contratada pela indústria. A construção foi iniciada em 2014, com previsão de término em 2018. A obra fica localizada na região metropolitana do Estado do Rio de Janeiro.

Os tubos utilizados na montagem da dutovia possuem a classificação API 5L Grau X70 PSL2, com espessura de 0,5 polegada, comprados e fornecidos previamente ao início da construção do duto. Após o fornecimento dos tubos, estes são curvados e revestidos com jaqueta de concreto, conforme definição de projeto, previamente providenciada antes da expedição para o campo. Como o trecho da obra está situado em perímetro urbano, não foi possível deixar tubos desfilados.

### **4.1 Construção e Análise do Mapas – Contratação da empreiteira, aquisição e fornecimento dos tubos.**

#### **4.1.1 Mapa do Estado Atual – Etapas de contratação da empreiteira, aquisição e fornecimento dos tubos.**

Este mapeamento iniciou-se com a conclusão da elaboração da documentação técnica, que é o conjunto de plantas, relatórios, memória de cálculo, dentre outros, que descrevem as principais informações para a construção da dutovia.

Os documentos técnicos são necessários para definição das dimensões do duto, possibilitando o dimensionamento das quantidades necessárias de mão de obra e materiais para a execução dos serviços relacionados a montagem do duto e, conseqüentemente, dos cálculos de custos e prazos para a execução destes serviços.

Segue a Figura 19, que ilustra o layout de um dos documentos técnicos elaborados, uma planta onde é possível visualizar o traçado do duto terrestre, as curvas realizadas, coordenadas dos principais pontos, os principais elementos cruzados, como rodovias, dentre outros.

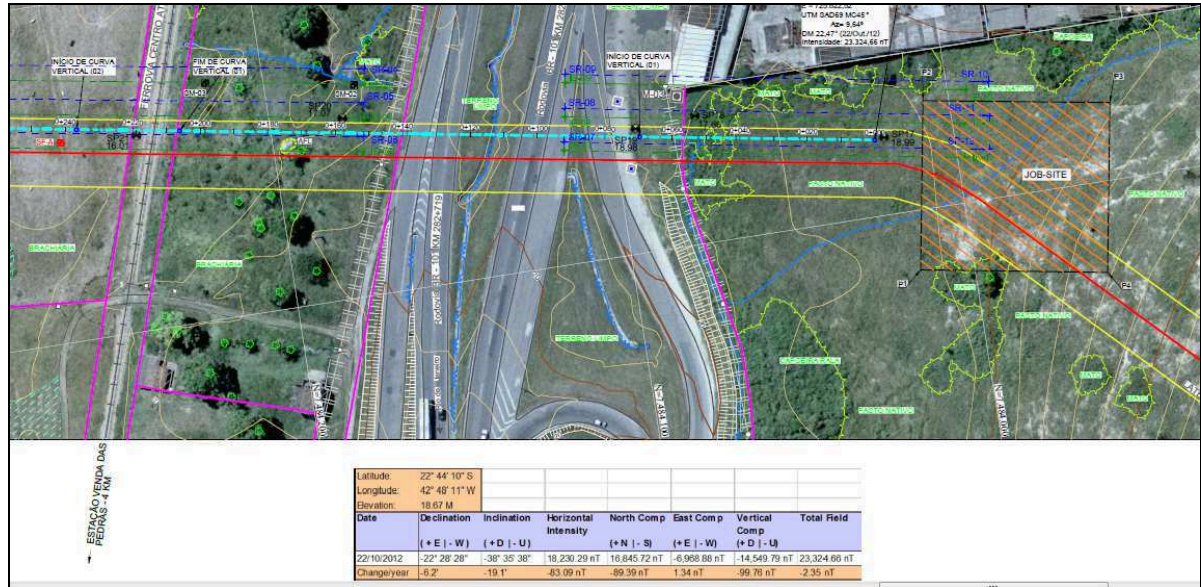


Figura 19. Exemplo de documentação técnica (Adaptado de PETROBRAS, 2013).

Após a conclusão e envio da documentação técnica iniciaram-se três etapas:

- **Requisição de Materiais:** A Requisição de Materiais é o documento que descreve um dos materiais necessário à montagem do duto, com as suas principais características, que possibilita a área de compras atuar para a aquisição destes materiais. Neste caso, a Requisição de Materiais é necessária para a compra dos tubos e outros materiais que sejam utilizados para a montagem do duto como as válvulas por exemplo.

Para elaboração das requisições necessárias foram utilizados quatro profissionais e a atividade dura aproximadamente meio mês. A Figura 20 exemplifica uma requisição de material para a obra.

<b>REQUISIÇÃO DE MATERIAL</b>		Nº RM-4300.45-6240-731-BCP-002			REV. A			
USUÁRIO: G&E / UNIDADE DE GÁS E ENERGIA				FOLHA 2 de 6				
EMPREENHIMENTO:								
UNIDADE:								
TÍTULO:								
				Nº BOP P103-004-5R037				
				CONTRATO Nº				
				RESP. CREA				
Código: CAIXA-017								
CONDULETE TIPO "E", À PROVA DE TEMPO, GASES, VAPORES E PÓS, ROSCA NPT., IP54, CORPO E TAMPA EM LIGA DE ALUMÍNIO FUNDIDO, C/ JUNTA DE VEDAÇÃO RESISTENTE AO CALOR ENTRE O CORPO E A TAMPA, FORNECIDA COM PARAFUSOS EM AÇO BICROMATIZADOS PARA FIXAÇÃO DA TAMPA.								
UNIDADE: PÇ								
Item/ Cód.	Dimensão	Complemento	QUANTIDADE (VER NOTA 1)					NÚMERO DE MATERIAL
			Rev. 0	Rev. A	Rev. B	Rev. C	Rev. D	
1815	3/4"		1	1				

Figura 20. Exemplo de requisição de material (Adaptado de PETROBRAS, 2014).

- **Memorial Descritivo e Anexos:** A elaboração do Memorial Descritivo é necessária para detalhar o escopo da montagem da dutovia, fornecendo informações relevantes sobre o traçado do duto e suas características, esclarecendo as responsabilidades entre a contratante e a contratada, além de referenciar os principais documentos técnicos elaborados.

Esta etapa possuiu a dedicação de seis profissionais e dura aproximadamente um mês. Abaixo a Figura 21 que demonstra a capa do memorial descritivo.

		MEMORIAL DESCRITIVO		Nº MD-4151.90-8000-950-PET-001	
UNIDADE		ABASTECIMENTO		FOLHA 1 de 48	
PROJETO		COMPLEXO PETROQUÍMICO			
Linha		DUTO 8 TERRESTRES			
TÍTULO		MEMORIAL DESCRITIVO		NP-1	
ENG-RE				IELPGNE/ IEEC	
ÍNDICE DE REVISÕES					
REV	DESCRIÇÃO E/OU FOLHAS ATINGIDAS				
0	EMISSÃO ORIGINAL				
REV. 0	REV. 1	REV. 2	REV. 3	REV. 4	REV. 5
DATA	DATA	DATA	DATA	DATA	DATA
PROJETO	PROJETO	PROJETO	PROJETO	PROJETO	PROJETO
REVISÃO	REVISÃO	REVISÃO	REVISÃO	REVISÃO	REVISÃO
APROVADO	APROVADO	APROVADO	APROVADO	APROVADO	APROVADO
<small>AS INFORMAÇÕES DESTA DOCUMENTO SÃO PROPRIEDADE DA PETROBRAS, SENDO PROIBIDA A UTILIZAÇÃO PARA SUAS FINALIDADES  FORMULÁRIO PATRIMÔNIO 4.1 VIGENTE PETROBRAS 11/03-REV. 0</small>					

Figura 21. Memorial Descritivo – Capa (Adaptado de PETROBRAS, 2014).

- Licenciamento Ambiental da obra: Nesta etapa, a proprietária da obra ingressou com uma solicitação de licença junto ao órgão ambiental e, posteriormente, ocorreu diversas comunicações entre as duas partes visando o esclarecimento sobre o projeto. As obtenções das licenças ambientais necessárias foram solicitadas e emitidas junto ao INEA no Rio de Janeiro, autorizando o início da construção do duto.

Esta atividade ocorreu ao longo 14 meses e demandou seis profissionais e foi dividida em duas etapas: Licença Prévia (LP), com duração aproximada de cinco meses e Licença de Instalação (LI) com duração aproximada de nove meses. A Figura 22 demonstra a licença de instalação emitida por órgão estadual.



Figura 22. Licença Ambiental – Capa (PETROBRAS, 2014)

O término da etapa de requisição de materiais inicia as seguintes etapas:

- **Escolha do Fornecedor de Tubos:** A aquisição dos tubos foi iniciada através do processo de contratação do fornecedor dos tubos. Esta etapa possui a necessidade de quatro profissionais por aproximadamente três meses.

O fluxo para escolha do fornecedor de tubos iniciou-se com a verificação dos estoques da proprietária em busca dos tubos especificados ou se existe algum contrato de fornecimento de materiais similares vigente foi verificado que não havia nenhuma destas duas possibilidades descritas.

Segue o fluxo de escolha do fornecedor de tubos conforme descrito na Figura 23.

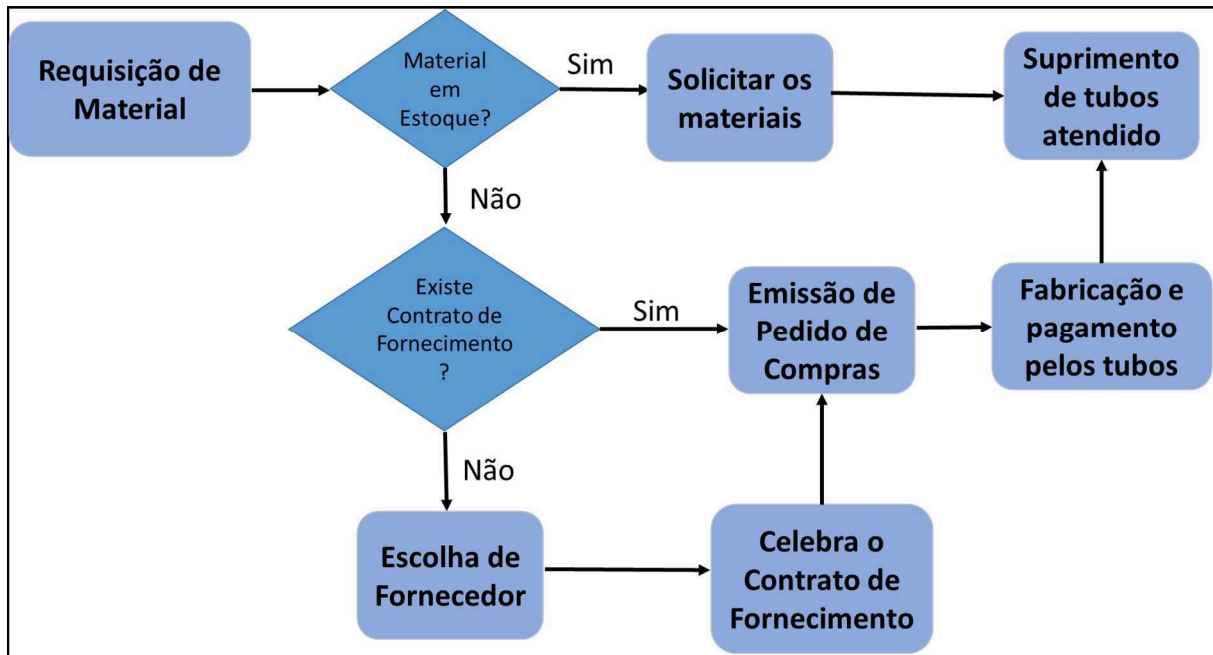


Figura 23. Fluxo de escolha do fornecedor de tubos (AUTOR, 2018).

No caso descrito neste mapeamento atual, não foram localizados tubos em estoque e também não foram localizados contrato celebrados de fornecimento de tubos que possuam as mesmas características dos tubos necessários para o presente caso.

Portanto, o mapeamento de fluxo no estado atual considerou a escolha de um fornecedor e a celebração de um contrato de fornecimento, visando a fabricação dos tubos necessários para implementação do duto.

- **Fabricação dos Tubos:** Posteriormente, a celebração do contrato de fornecimento, o fornecedor contratado iniciou a fabricação dos tubos propriamente dita. A fabricação ocorreu ao longo do prazo de cinco meses e na Figura 24 está descrito o mapeamento do fluxo de fabricação dos tubos que ocorreu ao longo deste prazo.

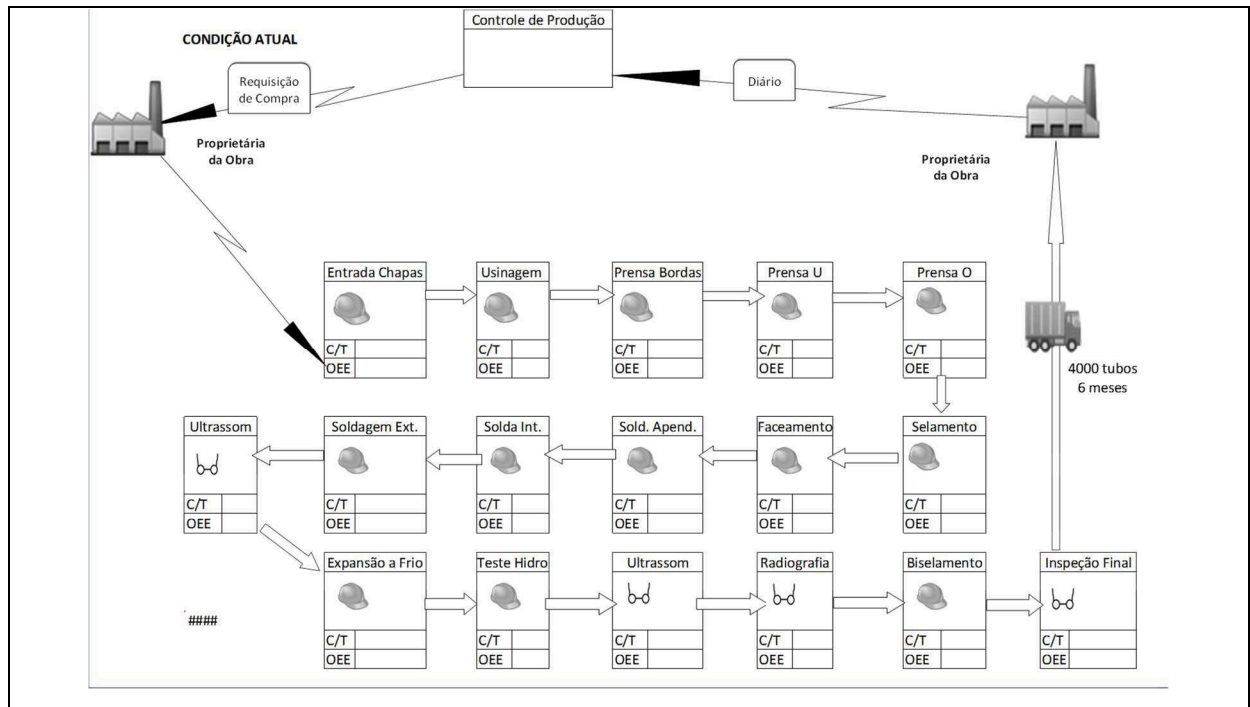


Figura 24. Mapeamento de Fluxo de fabricação dos tubos (AUTOR,2018).

- **Preparação do Canteiro da Proprietária:** Em paralelo a atividade supracitada, iniciou-se a preparação do canteiro da proprietária da obra, visando o recebimento dos tubos fabricados.

Esta etapa demandou dois meses com mobilização de 30 pessoas. Segue a Figura 25 demonstrando a preparação do canteiro para armazenagem de tubos.



Figura 25. Profissionais trabalhando na preparação de um canteiro para armazenagem de tubos (PETROBRAS, 2014).



- Carregamento e Descarregamento dos Tubos na área do proprietário: Nos dois meses subseqüentes, os tubos fabricados foram liberados para entrega ao proprietário. Os tubos foram transportados e armazenados em área da proprietária da obra até a empreiteira que realizaria a obra transportar os tubos.

A atividade de estocagem demandou cerca de 20 profissionais e a Figura 26 onde está ilustrado parte dos profissionais trabalhando em uma área de estocagem de tubos.



Figura 26. Profissionais trabalhando em área com tubos estocados (PETROBRAS, 2014).

- Após a estocagem dos tubos na área da proprietária, ocorreu a armazenagem destes tubos por aproximadamente sete meses e meio, até a definição da empreiteira que seria a responsável pela montagem do duto. Após a definição, os tubos foram transportados ao longo de dois meses.

A conclusão do processo de elaboração do memorial descritivo e anexos é sequenciada pelas seguintes etapas:

- Contratação da empreiteira: A etapa de contratação da empreiteira é a responsável pela realização da seleção da empresa que realizará a montagem do duto.

Esta etapa é dividida em dois fluxos, o primeiro fluxo, que tratou da verificação da modalidade de contratação adequada ao projeto, seja licitação ou outra forma prevista, e é realizada apenas pela proprietária. Na Figura 27 está ilustrado este fluxo.

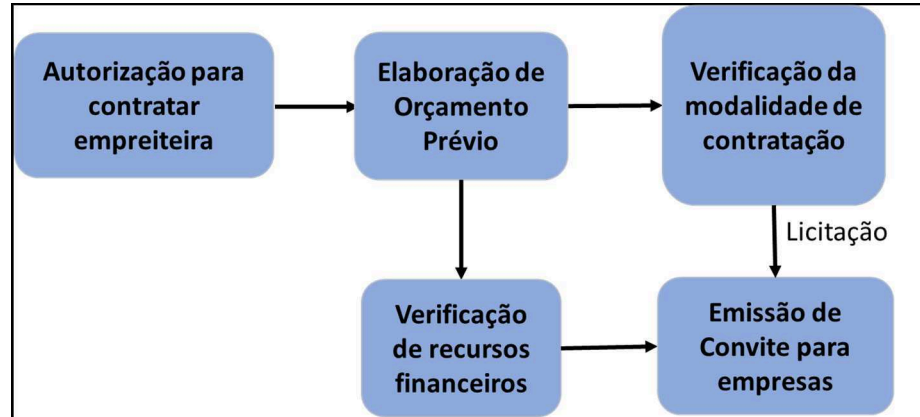


Figura 27. Fluxo interno de emissão do convite para contratação da empreiteira (AUTOR, 2018).

Portanto, para emissão do convite é necessária a verificação dos recursos financeiros e a verificação da modalidade de contratação. No presente mapeamento, a modalidade de contratação é a licitação e há recursos financeiros para a realização do projeto.

Posteriormente ocorreu a emissão do convite e iniciou-se processo de seleção da empreiteira conforme o fluxo descrito na Figura 28.

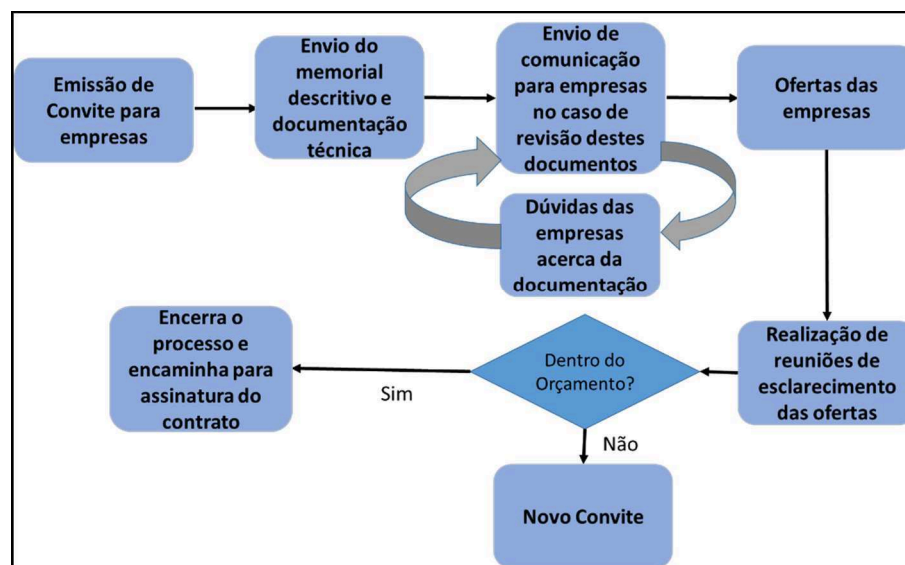


Figura 28. Fluxo de contratação da empreiteira (AUTOR, 2018).

No presente mapeamento a escolha da empreiteira ocorreu dentro do orçamento previsto, sem a necessidade de emissão de novo convite. A totalidade destas atividades possuiu a duração de seis meses e demandaram sete profissionais.

- **Confirmação da proposta da empreiteira:** Esta etapa ocorreu após a obtenção do licenciamento da obra pois no mapeamento de fluxo atual este licenciamento foi emitido após o encerramento do processo de contratação.

Esta avaliação é necessária pois a licença pode conter condicionantes que afetam critérios adotados na contratação como, por exemplo, a mudança do traçado ou da profundidade de instalação do duto.

Portanto, esta etapa de confirmação é adotada para verificar se há alterações que impactaram o processo de contratação realizado anteriormente. Esta atividade possuiu a duração de um mês e demanda sete profissionais. Na Figura 29 está ilustrado o fluxo das comunicações ocorridas nesta etapa.

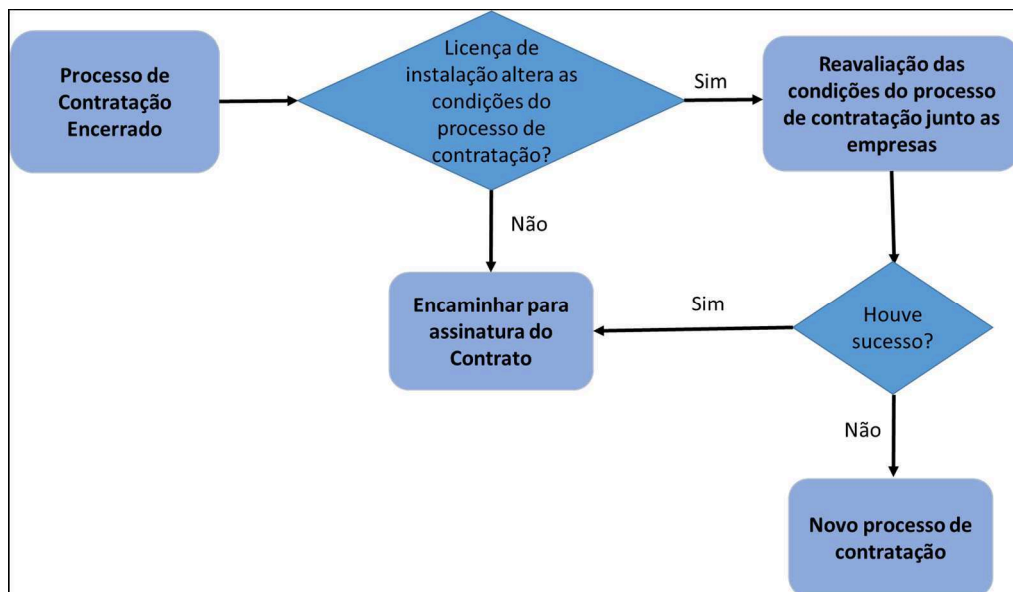


Figura 29. Fluxo de confirmação da proposta (AUTOR, 2018).

- **Assinatura do Contrato:** Ocorreu em quatro dias com a disponibilidade de um profissional. Após a assinatura do contrato, iniciou-se a mobilização do canteiro de obras pela empreiteira.

- **Mobilização deste canteiro de obras:** Consistiu na preparação de um terreno para recebimento dos tubos. A conclusão da preparação deste canteiro de

obras, apropriado para concretagem e curvamento dos tubos pela empreiteira, possuiu prazo de dois meses e participação de 45 empregados e possibilitou o início do transporte de tubos, da área do proprietário para esta nova área e, com isto, ocorreu a conclusão deste mapeamento. Na Figura 30 está demonstrada a área de armazenagem dos tubos após a preparação do canteiro.



Figura 30. Canteiro de Obras com tubos armazenados (PETROBRAS, 2014).

Mediante o descrito acima, identificou-se que o mapeamento realizado possui dois *lead times*:

- Escolha da empreiteira responsável pela obra, passando pela obtenção das licenças ambientais;
- Aquisição e entrega dos tubos.

O *lead time* total demandado para aquisição e entrega dos tubos foi de 23,5 meses, sendo que o tempo utilizado para agregar valor contabilizou o total de oito e meio meses, portanto, aproximadamente 36% do tempo é utilizado para agregação de valor.

O *lead time* total de escolha da empreiteira responsável pela obra também foi de 23,5 meses, entretanto, 16,1 meses são utilizados para agregar valor, portanto, aproximadamente 68% do tempo foi utilizado para agregação de valor.

A Figura 31 ilustra o Mapeamento de Fluxo de Valor do Estado Atual deste processo.

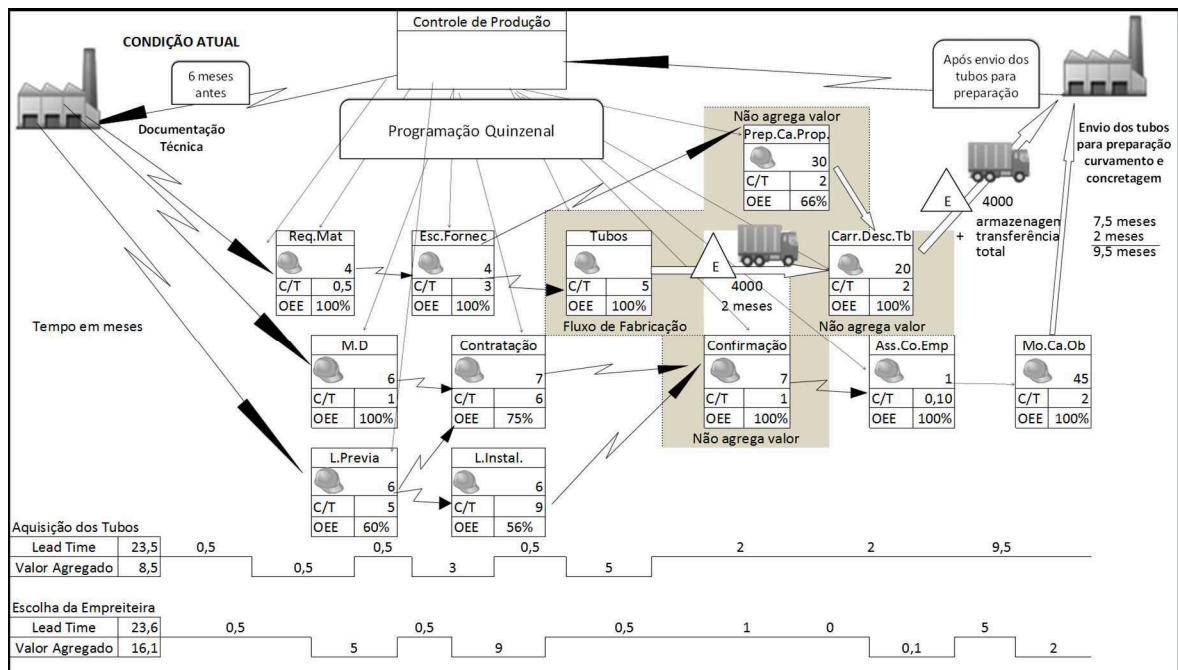


Figura 31. Mapeamento de Fluxo de Valor Atual – Fornecimento dos Tubos (AUTOR, 2018).

Inicialmente, cumpre ressaltar que este mapeamento possui parte das etapas que se referem a fluxos de documentos, em meio digital, portanto, nestes casos, não há geração de estoque, entretanto, ocorre também a fabricação e entrega dos tubos necessários a montagem da dutovia e, neste caso, ocorre a geração de estoque.

A conclusão da primeira etapa (documentação técnica), possibilitou iniciar as etapas de elaboração do memorial descritivo, licenciamento ambiental e requisição dos materiais. As realizações destas etapas reúnem três áreas diferentes da organização.

- Setor de engenharia: área responsável pela elaboração da documentação técnica.
- Setor de licenciamento da obra: área responsável pela emissão da licença ambiental da obra
- Setor contratação de fornecimento dos tubos e contratação da empreiteira: área responsável pelo recebimento da documentação para proceder a contratação da empreiteira e o fornecimento dos tubos.

Relacionado especialmente a aquisição dos tubos, destaca-se o fluxo para busca dos tubos necessários em estoques da empresa ou de fornecedores que já estejam suprindo tubos similares. Esta prática está alinhada com o conceito *lean* e evita compra de tubos desnecessárias e, conseqüentemente, de desperdícios acarretados pelo aumento de estoque de materiais.

Entretanto, foram localizados desperdícios acarretados pela falta de disciplina do sistema (*lack of system discipline*), em razão da identificação de quantidade significativa de comunicados entre as três áreas supracitadas, visando a solicitação da revisão da documentação elaborada, entretanto, sem uma avaliação integrada dos impactos das mudanças da documentação técnica por estas áreas.

Observou-se que os atrasos ocorridos em razão destes desperdícios impactam principalmente os setores de licenciamento da obra e de contratação, visto que estes se relacionam externamente com o órgão ambiental e as empreiteiras interessadas na construção do duto respectivamente, e a revisão de documentação técnica impacta nestas tratativas.

A ocorrência de constante comunicação entre estas três áreas é essencial para possibilitar a revisão da documentação técnica visando o atendimento a demandas ambientais, entretanto, também deve ser avaliada conjuntamente a viabilidade técnica e os impactos nos processos de contratação que podem surgir com estas revisões.

A Figura 32 onde está ilustrado este fluxo de comunicação.

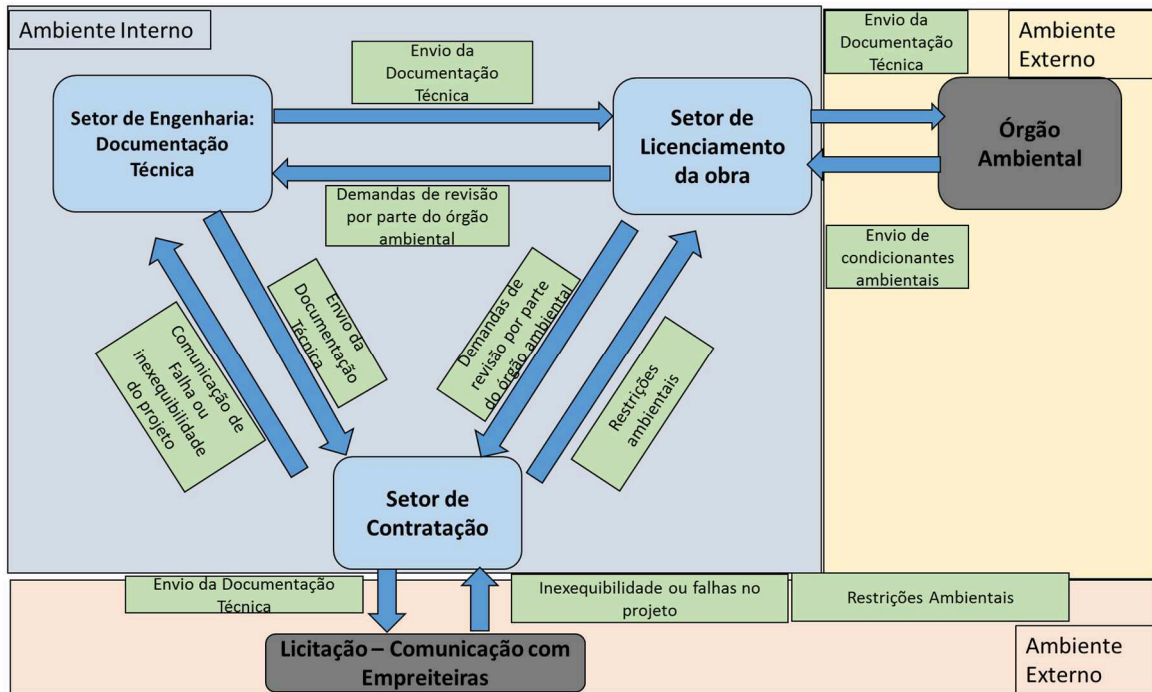


Figura 32. Comunicação para revisão de documentação (AUTOR, 2018).

O que ocorreu neste fluxo de comunicação é esta constante de troca de comunicados de documentação técnica entre as três áreas, com as mudanças solicitadas por uma destas, gerando um ciclo moroso de revisões emitidas pela falta de integração das necessidades técnicas das áreas.

Uma solução possível para mitigar este desperdício a curto prazo é a criação de um grupo técnico envolvendo participantes das três áreas, para onde seriam enviadas as necessidades de revisão da documentação técnica, possibilitando a avaliação simultânea dos impactos causados e estudo de soluções possíveis, controlando os prazos das demandas e, conseqüentemente, reduzindo o fluxo de informações.

A Figura 33 demonstra o fluxo com a criação de um grupo técnico para avaliação das mudanças.

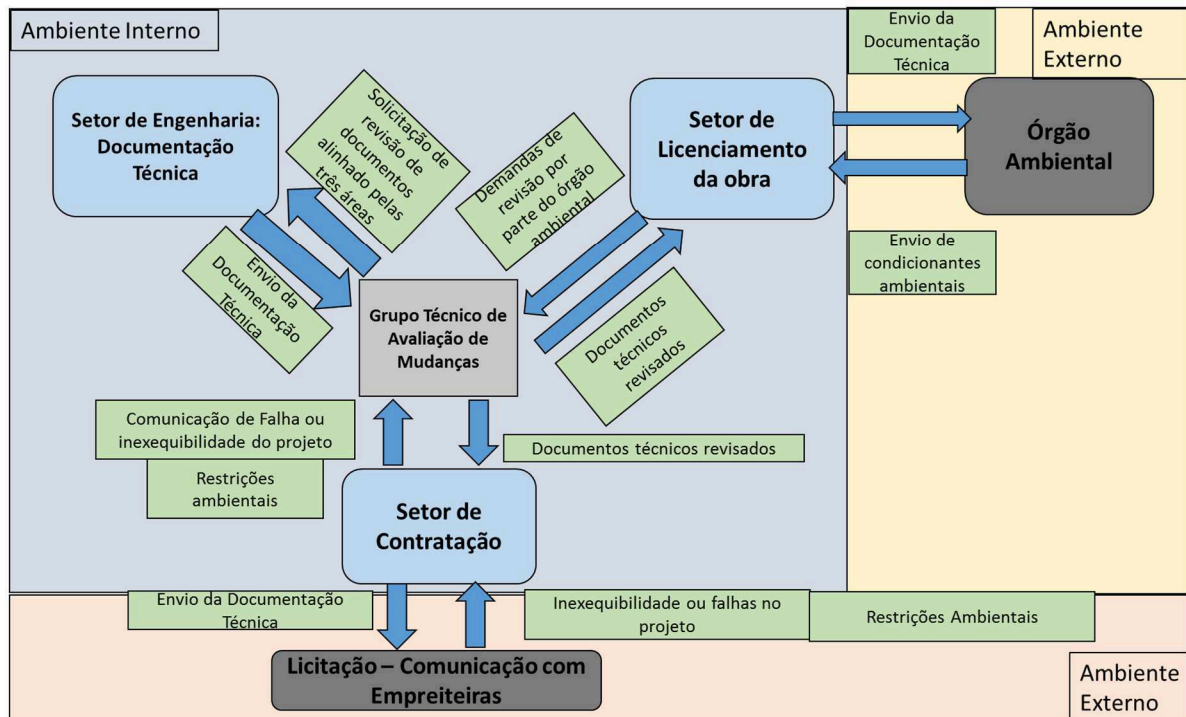


Figura 33. Comunicação para revisão de documentação – Grupo Técnico (AUTOR, 2018).

Cumprе ressaltar que este grupo técnico deverá possuir o empoderamento necessário para avaliar e autorizar as mudanças técnicas necessárias. Em razão disto, deverá ser designado por autoridade que seja a responsável pelas três áreas.

Para médio e longo prazo é possível a adoção de um *workflow* incluindo as três áreas, utilizando um sistema de gerenciamento de documentação já existente e que é utilizado atualmente apenas pela área de documentação técnica, que implementa um fluxo eletrônico de documentos, do término de sua elaboração ou revisão até a sua aprovação. Esta implementação acarretaria a eliminação da troca dos correios eletrônicos entre as três áreas, e a comunicação ocorreria exclusivamente através do *workflow* deste sistema.

Foi verificado ainda que o maior *lead time* atravessa as etapas que envolvem a obtenção das licenças necessárias para a realização da construção da dutovia. O licenciamento deste tipo de dutovia é recorrente e envolve a interface entre o proprietário da obra e o órgão de licenciamento que detém a competência (IBAMA a nível federal ou as secretarias ambientais estaduais como o INEA no Rio de Janeiro).

Neste caso, a redução do tempo para obtenção das licenças depende de dois fatores:



- Tempo demandado pelo órgão ambiental para análise dos processos que são submetidos;
- Tempo demandado para atender as solicitações do órgão ambiental;

Quanto ao tempo demandado pelo órgão ambiental, cumpre destacar que não há ações da solicitante que possam ser realizadas, visto não haver gerência sobre os prazos demandados por órgãos ambientais.

Entretanto, é possível reduzir o tempo demandado para atender as solicitações destes órgãos e, conseqüentemente, reduzir o *lead time* total mitigando desperdícios decorrentes de espera para obtenção da licença.

A redução seria através da alteração do tipo de interface junto ao órgão ambiental que, atualmente, ocorre através de setores de licenciamento segregados por projeto, ou seja, ocorre a atuação de diversos setores de licenciamento da proprietária junto ao órgão ambiental.

A Figura 34 ilustra o fluxo de comunicação atual, bem como cita o prazo que foi necessário para a obtenção da licença ambiental da obra, a ordem que a licença foi solicitada, bem como o nível de criticidade de cada projeto, adotado com base no prazo e custo de cada projeto.

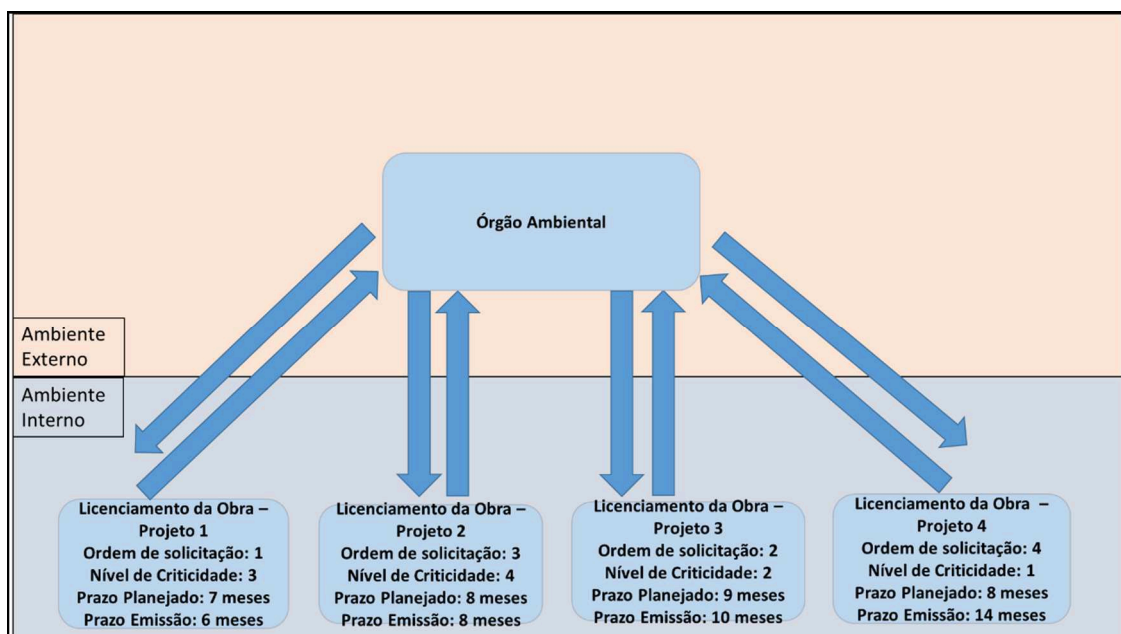


Figura 34. Fluxo atual de comunicação para Licenciamento Ambiental (Fonte: AUTOR, 2018).

O que é identificado no mapeamento atual é um desnivelamento de pedidos solicitados junto ao órgão ambiental, bem como variação de prazos, decorrente das diferentes interfaces junto a este órgão ambiental. Ou seja, por vezes a emissão da licença ocorre de forma célere do que a necessária, por vezes no tempo necessário e, em outros momentos, de forma lenta mais lenta que a necessária.

Uma solução neste caso seria a definição de um único interlocutor junto ao órgão ambiental e as demandas serão definidas em colegiado envolvendo os setores de licenciamento que possuem demandas junto ao órgão ambiental. O interlocutor sugerido neste caso é aquele que conseguiu obter a licença no menor tempo, visto que os licenciamentos descritos na Figura 34 se referem a projetos similares.

Neste colegiado, deve ocorrer o sequenciamento das solicitações de licenças a serem realizadas junto ao órgão ambiental, estabelecendo prioridades. A priorização dos projetos deve ser avaliada de acordo com a criticidade, seja por prazos mais exíguos ou volume de investimento, possibilitando viabilizar a programação das licenças a serem obtidas junto ao órgão ambiental, conforme deliberação deste colegiado.

Segue o fluxo de comunicação a ser utilizado, demonstrado na Figura 35.

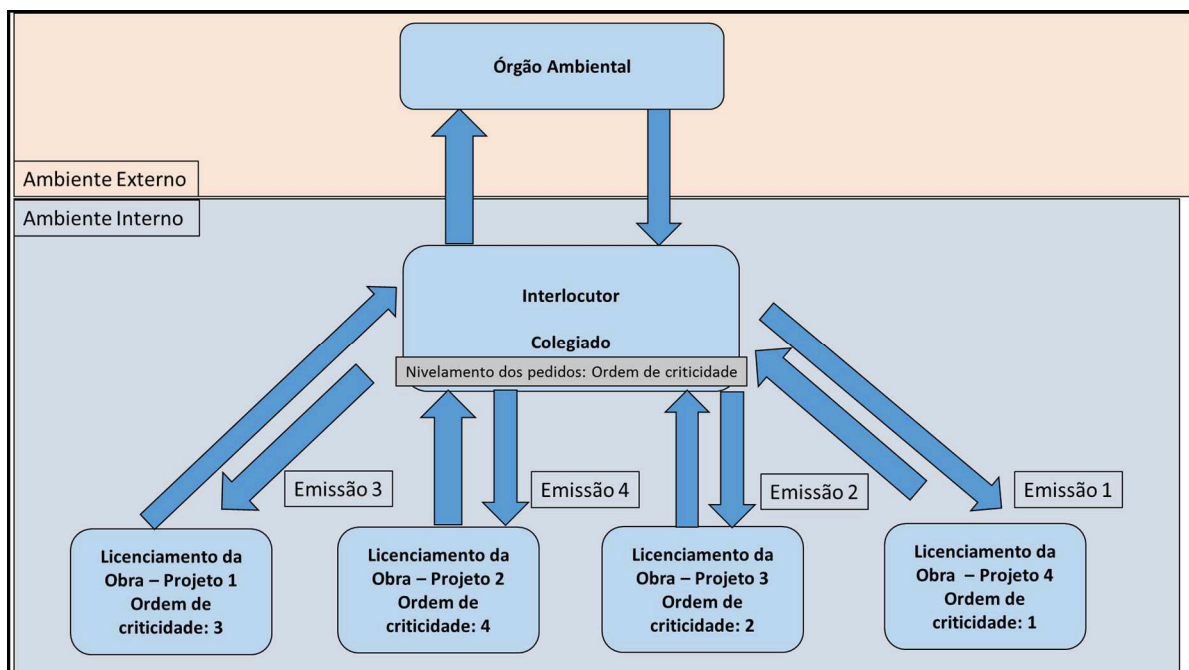


Figura 35. Fluxo futuro de comunicação para Licenciamento Ambiental (AUTOR, 2018).

Com a implementação do fluxo acima, haveria duas significativas melhorias neste processo, a primeira trata da redução de interfaces junto ao órgão ambiental, conseqüentemente, otimizando o fluxo de informações. A segunda melhoria seria sequenciar a ordem de solicitação de acordo com a criticidade do projeto, possibilitando o nivelamento e sequenciamento dos pedidos de emissão de licenças ambientais.

Cumprе ressaltar que este colegiado bem como o interlocutor escolhido, deverá possuir o empoderamento necessário para realizar o nivelamento entre as licenças, de acordo com a ordem de criticidade. Em razão disto, deverá ser designado por autoridade responsável pelas três áreas.

Ressalta-se que a obtenção da licença de instalação deve ocorrer preferencialmente antes da finalização do processo de contratação da empreiteira responsável pela montagem de dutos. Desta forma, haveria a eliminação de uma etapa, a de confirmação da proposta da empreiteira, pois não haveria necessidade de reanálise das condições estabelecidas na contratação.

Ocorrendo desta forma, o fluxo descrito na Figura 29 é extinto e o fluxo da figura 28 é revisado. Segue a Figura 36 que descreve esta nova configuração.

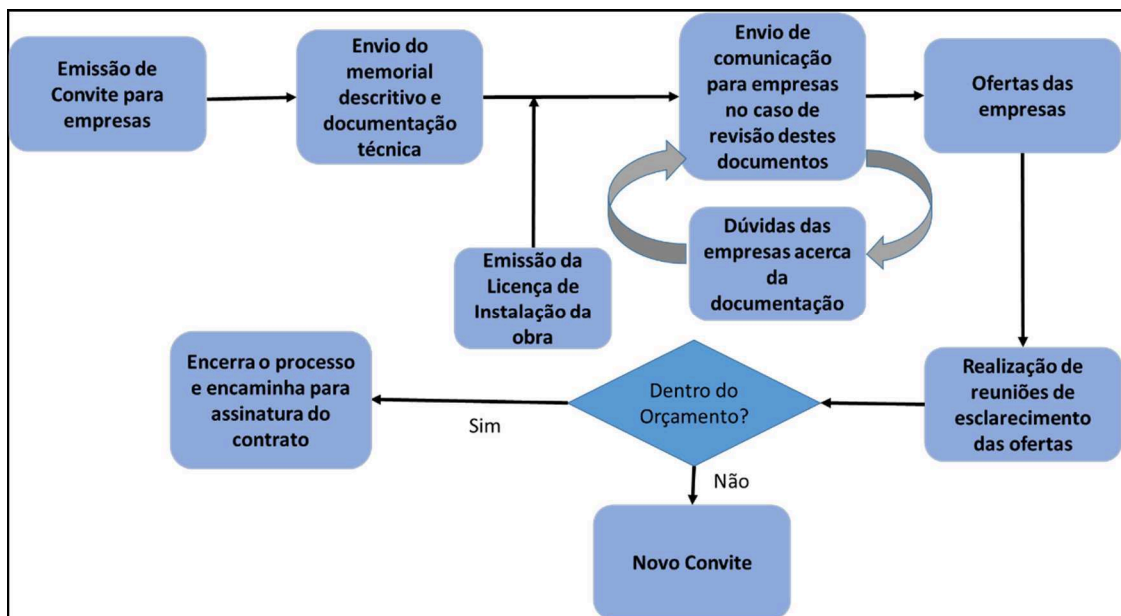


Figura 36. Fluxo revisado para contratação da empreiteira (AUTOR, 2018).

Outro ponto relevante é o *lead time* atual para a aquisição dos tubos ser significativamente menor do que o *lead time* atual para a contratação da empreiteira responsável pela montagem do duto. Com os tempos obtidos no mapeamento atual,

acarreta-se a necessidade de estocagem dos materiais pois o início da entrega dos tubos ocorre por aproximadamente sete e meio meses, mais precisamente até o início da preparação do canteiro pela empreiteira para preparação dos tubos. Com a entrega dos tubos ocorrendo sem esta antecedência de nove e meio meses evita-se a geração de desperdícios como:

- Desperdício por superprodução:

A produção dos tubos ocorre antes do momento necessário à sua aplicação, gerando aumento de estoque e, conseqüentemente, dos custos advindos desta compra antecipada.

- Desperdício por estoques:

Com a estocagem dos tubos por tempos prolongados, são gerados riscos como perdas decorrentes de furto de tubos ou danos causados pela corrosão ou, em casos extremos, ocorre a obsolescência do material. Além disto, a aquisição antecipada dos tubos, apesar de reduzir riscos relacionados a atrasos no seu fornecimento, também pode acarretar aumento de riscos relacionados a mudanças de projeto, decorrente da revisão da quantidade ou da especificação dos tubos comprados, além da identificação tardia de defeitos de fabricação que sejam verificados quando da aplicação dos tubos.

- Desperdício por transportes:

Com a aquisição nesta antecedência de nove e meio meses em relação a contratação da empreiteira, ocorre a necessidade de transporte dos tubos para área da proprietária, antes do envio dos tubos para a empreiteira responsável pela obra. Em razão disto, há uma maior movimentação dos tubos adquiridos pela proprietária.

Portanto, o pedido de compra de aquisição dos tubos deverá ocorrer de forma a reduzir o período total de estocagem destes, ou melhor, deverá ocorrer de modo a possibilitar o transporte do fornecedor expedir os tubos diretamente para a empreiteira responsável pela montagem do duto, eliminando assim a necessidade de preparação de área pela proprietária, bem como transporte dos tubos e armazenamento em área da proprietária, portanto, eliminando estoques e movimentos desnecessários.

Em resumo, no mapeamento de fluxo atual deste processo, o extenso prazo para emissão da licença ambiental da obra impacta diretamente no processo de contratação da empreiteira, que por sua vez acarreta a postergação da mobilização

da empreiteira e, com isto, posterga-se o carregamento dos tubos para montagem do duto.

Portanto, com a redução do prazo de emissão da licença ambiental, possibilitando a redução do lead time total, acarreta a redução do prazo para mobilização da empreiteira e, conseqüentemente, possibilita viabilizar o transporte do tubo, da fabricante diretamente para a empreiteira responsável pela montagem do duto.

#### **4.1.2 Mapa do Estado Futuro – Etapas de contratação da empreiteira, aquisição e fornecimento dos tubos.**

No estado futuro, o fluxo continua sendo iniciado com a conclusão da elaboração da documentação técnica, referente ao conjunto de plantas que descrevem as principais informações para a construção da dutovia.

Após a conclusão e envio da documentação técnica iniciam-se três etapas:

- **Requisição de Materiais:** Nesta etapa permanece a necessidade de quatro profissionais e a duração de aproximadamente meio mês.
- **Memorial Descritivo e Anexos:** Esta etapa permanece com a dedicação de 06 profissionais e a duração de aproximadamente um mês.
- **Licenciamento Ambiental da obra:** No mapeamento de fluxo futuro esta atividade ocorrerá em oito meses e demandará seis profissionais. Permanece dividida em duas etapas: Licença Prévia (LP) realizada em três meses e Licença de Instalação (LI) realizada em cinco meses.

O término da etapa de requisição de materiais inicia as seguintes etapas:

- **Escolha do Fornecedor de Tubos:** A aquisição dos tubos permanece iniciada através do processo de contratação do fornecedor dos tubos. Esta etapa possui a necessidade de quatro profissionais por aproximadamente três meses.
- **Fabricação dos Tubos:** Posteriormente, o fornecedor contratado inicia a fabricação dos tubos propriamente dita. A fabricação permanece ocorrendo ao longo

do prazo de cinco meses, de acordo com o mapeamento de fluxo constante no estado atual.

Neste novo mapeamento, ocorre a postergação em um mês a emissão do pedido de fabricação dos tubos, visando o alinhamento desta etapa com o início da preparação da área de recebimento dos tubos, visando a expedição dos tubos fabricados.

Os tubos são transportados ao longo de dois meses, da fábrica diretamente para a área mobilizada pela empreiteira responsável pela montagem do duto.

A conclusão do processo de elaboração do memorial descritivo e anexos é sequenciada pelas seguintes etapas:

- **Contratação da empreiteira:** A etapa de Contratação da empreiteira que será a responsável pela realização das atividades de montagem é objeto de licitação que determinará a empresa que será responsável pela montagem do duto, através de critérios previamente estabelecidos. Esta atividade possui a duração de seis meses e demanda sete profissionais.
- **Assinatura do Contrato:** Ocorre em quatro dias com a disponibilidade de um profissional. Após a assinatura do contrato, inicia-se a mobilização do canteiro de obras pela empreiteira.
- **Mobilização deste canteiro de obras:** A conclusão da preparação deste canteiro de obras, apropriado para concretagem e curvamento dos tubos pela empreiteira, possui prazo de dois meses e participação de 45 empregados e possibilita o início do transporte de tubos, da área do proprietário para esta nova área e, com isto, ocorre a conclusão deste mapeamento. O transporte dos tubos ocorre ao longo de dois meses, à medida que esta área é preparada.

Destaque-se que o mapeamento futuro realizado permanece com os dois *lead times* mapeados anteriormente:

- Escolha da empreiteira responsável pela obra;
- Aquisição e entrega dos tubos.

Neste mapeamento futuro, o *lead time* total demandado para aquisição e entrega dos tubos é reduzido de 23,5 para 13 meses, sendo que o tempo utilizado para agregar valor é mantido em oito e meio meses, portanto, aumentando de 36% para 65% do tempo que é utilizado para agregação de valor.

O *lead time* futuro referente a escolha da empreiteira responsável pela obra também é reduzido de 23,5 meses para 13 meses, entretanto, mantendo os 11 meses são utilizados para agregar valor, aumentando de 68% para 85% do tempo é utilizado para agregação de valor.

A Figura 37 ilustra o mapeamento de fluxo da contratação da empreiteira e aquisição dos tubos no estado futuro.

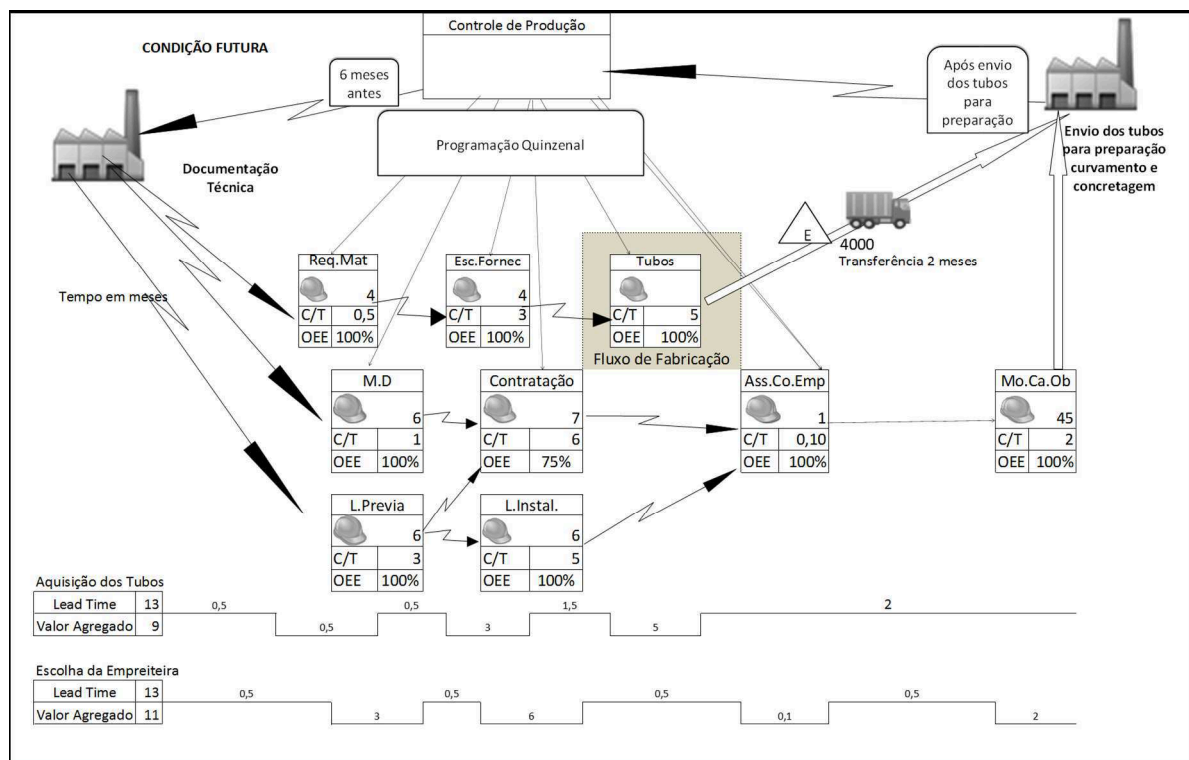


Figura 37. Mapeamento de Fluxo de Valor Futuro – Fornecimento dos Tubos (AUTOR, 2018).

## 4.2 Construção e Análise dos Mapas - Etapa de preparação dos tubos

### 4.2.1 Mapa do Estado Atual – Etapa de preparação de tubos

- A etapa de preparação dos tubos iniciou com a movimentação, internamente ao canteiro de obras, do tubo para o curvamento do mesmo. Este deslocamento ocorre em 15 minutos.

- Este curvamento é realizado com um equipamento (curvadeira) que “curva” o tubo até o raio necessário estabelecido em projeto. Possui quatro profissionais alocados para a atividade, e a duração é de 60 minutos. Na Figura 38 ilustramos como ocorre a execução desta etapa e a Figura 39 ilustra os tubos estocados após a atividade.

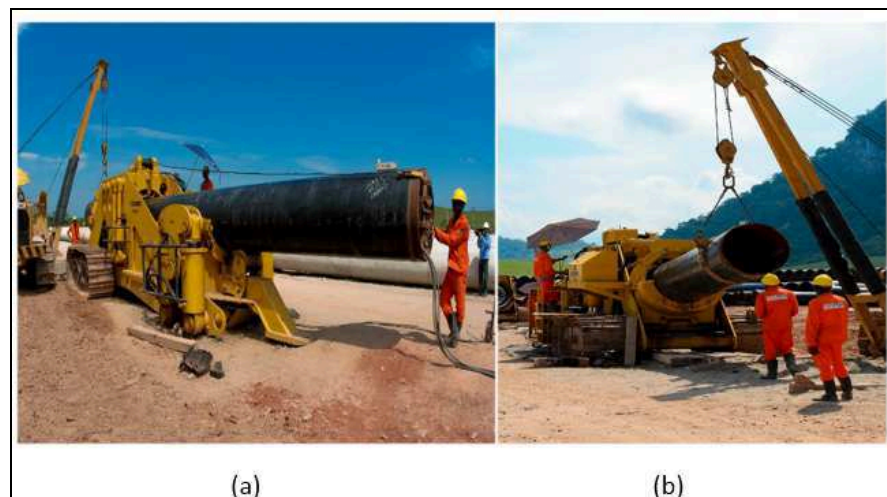


Figura 38. (a) Preparação de tubo para curvamento. (b) Realização de curvamento (PETROBRAS, 2017).



Figura 39. Tubos curvados (PETROBRAS, 2017).



- Em paralelo, iniciou-se a preparação de uma armadura de tela, que é realizada previamente a instalação desta no tubo, visando realização da concretagem, com uma duração de 60 minutos, sendo que esta atividade foi realizada por três profissionais.
- Posteriormente, este tubo foi movimentado até a área de concretagem, onde a armadura de tela é instalada no tubo. Esta tarefa foi realizada em 120 minutos e mobiliza quatro profissionais. A Figura 40 ilustra esta atividade.



Figura 40. (a) Instalação de armadura de tela nos tubos. (b) Armadura de tela instalada no tubo (PETROBRAS, 2017).

- Após a instalação da armadura de tela, iniciou-se a concretagem do tubo. Esta atividade foi realizada por oito profissionais e possuiu duração de 180 minutos.
- Após a concretagem, ocorreu a cura do concreto instalado no tubo, que é necessária para que o concreto atinja os requisitos mínimos de qualidade estabelecida em projeto. Esta cura possuiu a necessidade de armazenamento do tubo por 1440 minutos com a alocação de um profissional. Abaixo a Figura 41 onde está ilustrado um tubo após a concretagem.



Figura 41. Tubos concretados (PETROBRAS, 2017).

- A desforma ocorreu após a cura que dura 60 minutos e possuiu a alocação de dois trabalhadores.
- Em seguida ocorreu a inspeção durante 20 minutos e em seguida estes tubos são transportados para as frentes de trabalho e ocorre a conclusão deste mapeamento.

O *lead time* total demandado para preparação dos tubos através de curvamento e concretagem foi de 1930 minutos, sendo que o tempo utilizado para agregar valor contabiliza o total de 320 minutos, portanto, aproximadamente 16% do tempo foi utilizado para agregação de valor.

Na Figura 42 podemos visualizar o Mapeamento de Fluxo de Valor do Estado Atual deste processo.

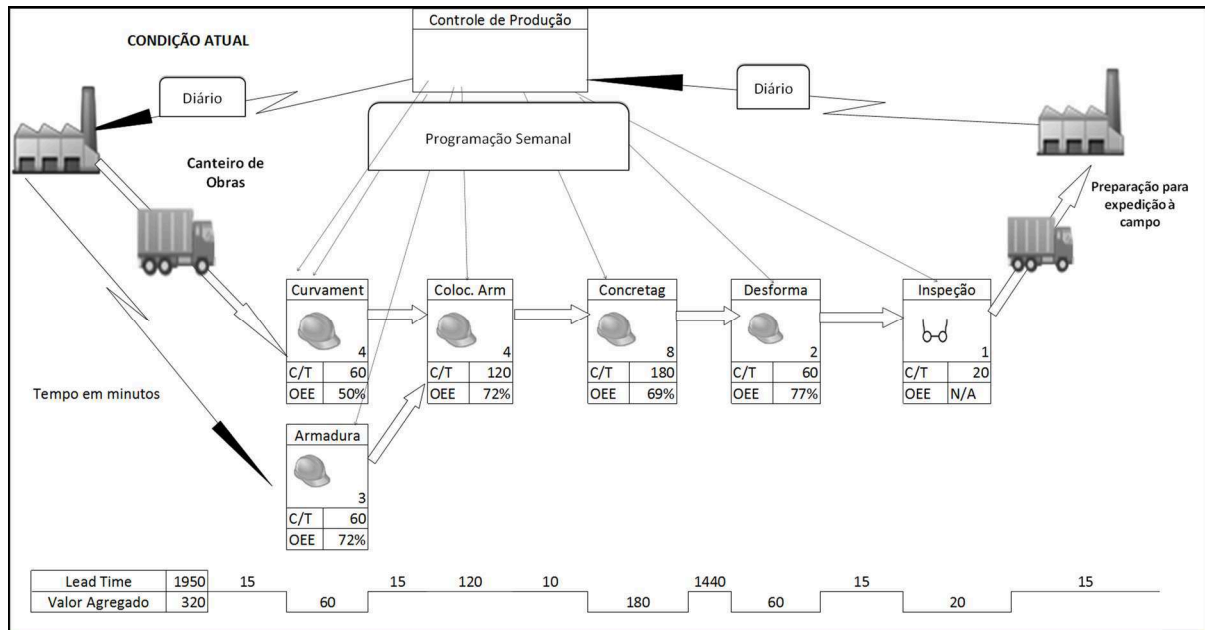


Figura 42. Mapeamento de Fluxo de Valor Atual – Preparação dos Tubos (AUTOR, 2018).

Inicialmente, identificamos que a atividade de preparação da armadura propriamente dita não gera valor, e sim a atividade de concretagem do tubo. Neste caso, deve-se verificar alternativas para eliminar a preparação da armadura, anterior a execução da concretagem, evitando um desperdício classificado como processamento excessivo ou inadequado.

Uma alternativa conhecida é a utilização de fibras de aço como agregado ao concreto, em substituição a instalação da armadura. Esta solução já é adotada em concretagem de tubos que não transportam hidrocarbonetos, como, por exemplo, adutoras ou emissários. A utilização de fibra de aço em detrimento a armadura de tela acarreta outros ganhos a esta atividade de concretagem, além da eliminação da armadura, como:

- Redução de resíduos oriundos da preparação da armadura;
- Redução de exposição ao risco dos trabalhadores envolvidos na atividade de preparação da armadura.

Cumprir destacar que a execução da concretagem utilizando uma armadura de tela, que também pode ser denominada como tela de reforço ou gaiola, é prevista na norma NBR 15280-Parte 2: Construção e Montagem (2015). Esta norma possui como

escopo o estabelecimento de requisitos de construção e montagem de dutos terrestres para transporte de hidrocarbonetos. O item 5.8 desta norma descreve os requisitos da atividade de concretagem de tubos e, dentre elas, a necessidade de instalação desta tela.

Portanto, alterar a metodologia de concretagem de tubos de instalação da armadura de tela para fibra de aço agregada ao concreto, relacionado a dutovias para transporte de hidrocarbonetos, deverá envolver, previamente, a revisão de uma norma brasileira, o que demandará inicialmente uma avaliação de um grupo de trabalho técnico da empresa para verificar a viabilidade e mensurar os impactos na hipótese de solicitação de uma revisão da norma NBR 15280 – Parte 2.

Observa ainda que o tempo para cura do concreto é elevado, em especial quando comparado ao tempo de execução da atividade de concretagem propriamente dita, gerando desperdício relacionado a espera. Em resumo, é necessário a adoção de medidas visando reduzir o tempo de cura do concreto, que pode ser obtida através dos aditivos aceleradores de cura, entretanto, deve-se também verificar se o concreto obterá as características mínimas necessárias de resistência estabelecidas em projeto.

Ressalta-se ainda que, durante a cura do concreto, estabelecida no mapa como tempo em que não agrega valor, não há impacto de paralisação da mão de obra envolvida, pois a cura do concreto ocorre, em paralelo, com a execução da concretagem de outros tubos. O impacto neste caso é relacionado ao tempo que o tubo fica armazenado durante a cura, ocupando espaços no canteiro de obras, ou seja, quanto mais rápida a cura menor a área de armazenagem necessária neste canteiro.

Outro ponto relevante é relacionado ao impacto na OEE, em razão de problemas mecânicos do equipamento de curvamento dos tubos. Ressalta-se que há poucas opções de compra ou locação deste tipo de equipamento no Brasil, estando a posse destes equipamentos em poder de poucas empresas.

Neste mapeamento atual, o equipamento é locado de uma empresa terceirizada. Na ocorrência de problemas de funcionamento, a empreiteira aciona o locador, que encaminha um mecânico especializado ao local.

Para o mapeamento futuro não consideraremos a compra do equipamento, e sim a manutenção do equipamento locado com soluções para mitigar as paralisações,

ou seja, através da aplicação da ferramenta TPM, que pode ocorrer das seguintes formas:

- Treinamento com o operador do equipamento de curvamento de tubos, de modo que este realize o primeiro atendimento de manutenção corretiva do equipamento.
- Treinamento com o mecânico responsável pela manutenção do equipamento, de modo que este aprenda a operar o equipamento de curvamento de tubos.
- Manutenção do mecânico em tempo integral junto ao equipamento de curvamento de tubos, de modo a reduzir o tempo de paralisação do equipamento.

#### **4.2.2 Mapa do Estado Futuro – Etapas de preparação dos tubos**

- A etapa de preparação dos tubos inicia-se com a movimentação e curvamento do tubo. Este curvamento é realizado com um equipamento próprio para curvamento de tubos que “curva” o tubo até o raio necessário estabelecido em projeto. Possui quatro profissionais alocados para a atividade, e a duração é de 60 minutos.
- Posteriormente, este tubo é movimentado até o local onde será realizada a concretagem. Após a movimentação, inicia-se a concretagem do tubo. Esta atividade é realizada por quatro profissionais, e possui duração de 120 minutos.
- Após a concretagem, ocorre a cura do concreto instalado no tubo. Esta cura possui demandará 1200 minutos neste mapeamento futuro, com o mesmo número de profissionais alocados do mapeamento atual.
- Em seguida ao tempo de cura do concreto ocorre a desforma, que dura uma hora com a alocação de dois trabalhadores. Logo após, ocorre o transporte destes tubos para as frentes de trabalho.

O *lead time* total demandado para preparação dos tubos neste mapeamento futuro é de 1555 minutos, sendo que o tempo utilizado para agregar valor contabiliza o total de 320 minutos, portanto, aproximadamente 21% do tempo é utilizado para agregação de valor.

Segue a Figura 43 com o Mapeamento de Fluxo de Valor do Estado Futuro deste processo.

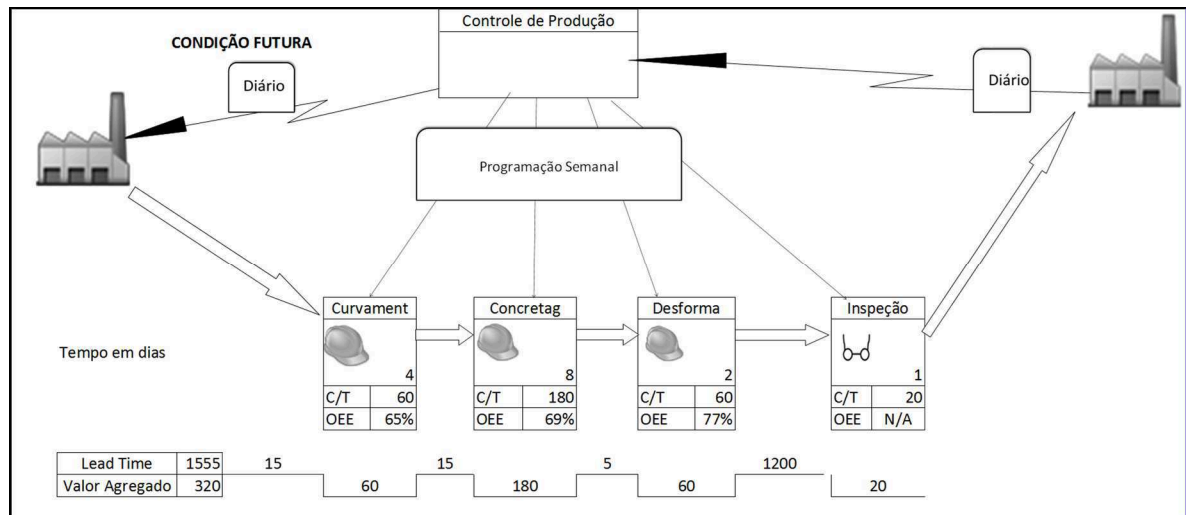


Figura 43. Mapeamento de Fluxo de Valor Futuro– Preparação dos Tubos (AUTOR, 2018).

### 4.3 Construção e Análise do Mapas - Etapa de soldagem dos dutos

#### 4.3.1 Mapa do Estado Atual – Soldagem do duto terrestre

Foi considerado como foco de análise para inspeção apenas o processo de solda apesar da obra envolver outras atividades. A seguir é apresentado o sequenciamento das observações para construção do Mapa Atual:

- Transporte dos tubos do fornecedor até as estações de trabalho. Os tubos foram carregados na carreta até às 06h45min e, neste horário, a carreta iniciou o seu deslocamento até as estações de trabalho chegando às 08h00min. A Figura 44 ilustrando a carreta carregada para expedição de tubos ao campo.



Figura 44. Carreta carregada com tubos. (Fonte: PETROBRAS,2018)

- Estação de trabalho “pré-solda”: ocorreu a movimentação dos tubos e o acoplamento destes. Foram envolvidos três profissionais para a movimentação e posicionamento do tubo no local de execução da soldagem e um profissional para acoplamento dos tubos. Esta atividade durou aproximadamente 30 minutos.

A Figura 45 ilustra como é realizado o acoplamento dos tubos.



Figura 45. (a) acoplamento com acopladeira externa. (b) acoplamento com acopladeira interna (Fonte: PETROBRAS, 2017).

- Estações de soldagem: são realizados os passes de raiz, enchimento e acabamento. Cada uma das duas estações possuiu uma dupla de soldadores, com dois lixadores para a remoção de escória e limpeza da junta soldada, um operador de máquina e um ajudante para içar o tubo. Ao longo da execução, um inspetor de soldagem acompanha as atividades verificando a qualidade da solda de forma visual totalizando, portanto, 14 profissionais.
- Para soldagem com eletrodo revestido (SMAW) os passes de raiz, enchimento e acabamento duraram aproximadamente 15, 26 e 37 minutos, respectivamente. Para soldagem MAG (GMAW) e Arame Tubular (FCAW), os passes de raiz, enchimento e acabamento duraram aproximadamente 14, 17 e 26 minutos, respectivamente.

Segue a Figura 46 abaixo, que demonstra a soldagem sendo executada e, posteriormente, da junta soldada.



Figura 46. (a) Soldador executando a soldagem de dois tubos. (b) Soldagem de dois tubos concluída (PETROBRAS, 2017).

Ao término da atividade de soldagem de acabamento da junta, foi realizada a inspeção da junta e foi gerado o relatório de qualidade, encerrando-se a execução da atividade. Caso a junta estivesse defeituosa, a mesma era reparada por meio de um procedimento específico.



É relevante ressaltar que não há a geração de estoque e nem tempo de deslocamento da matéria prima, visto que são as estações de trabalho que se movimentam ao invés da matéria prima. Para o deslocamento das equipes para a execução da soldagem verificou-se o tempo aproximado de três minutos para as equipes dos passes de enchimento e acabamento e cinco minutos para deslocamento do inspetor de soldagem até a junta a ser inspecionada. Não há deslocamento para a equipe que executa o passe de raiz, visto que a mesma se encontra próxima quando o acoplamento é concluído.

Quanto aos desperdícios encontrados, verificou-se que o deslocamento do tubo entre o fornecedor e o local de trabalho é bastante variável, pois, como a obra é realizada em perímetro urbano, as condições de tráfego são bastante flutuantes. Além disso, outro motivo verificado para atrasos nas entregas dos tubos foi a concretagem dos mesmos pelo fornecedor antes de seu envio para a obra. Como o processo de concretagem não é objeto deste estudo, o mapeamento de fluxo do estado futuro será realizado de modo que elimine este desperdício utilizando-se uma nova estratégia para o fornecimento e transporte dos tubos.

Observou-se, também, comparando os métodos de soldagem utilizados, que o método de soldagem utilizando arame tubular (FCAW) se mostrou muito produtivo em relação ao SMAW. Basicamente, o motivo da maior produtividade do método FCAW é a maior taxa de deposição, que permite a execução de menor número de passes de solda, aliada às improdutividades inerentes ao método de soldagem SMAW, dentre eles, paradas para troca de eletrodo, limpeza e remoção de escória da junta soldada.

A Figura 47 ilustra o Mapa do Estado Atual para o processo de soldagem dos dutos.

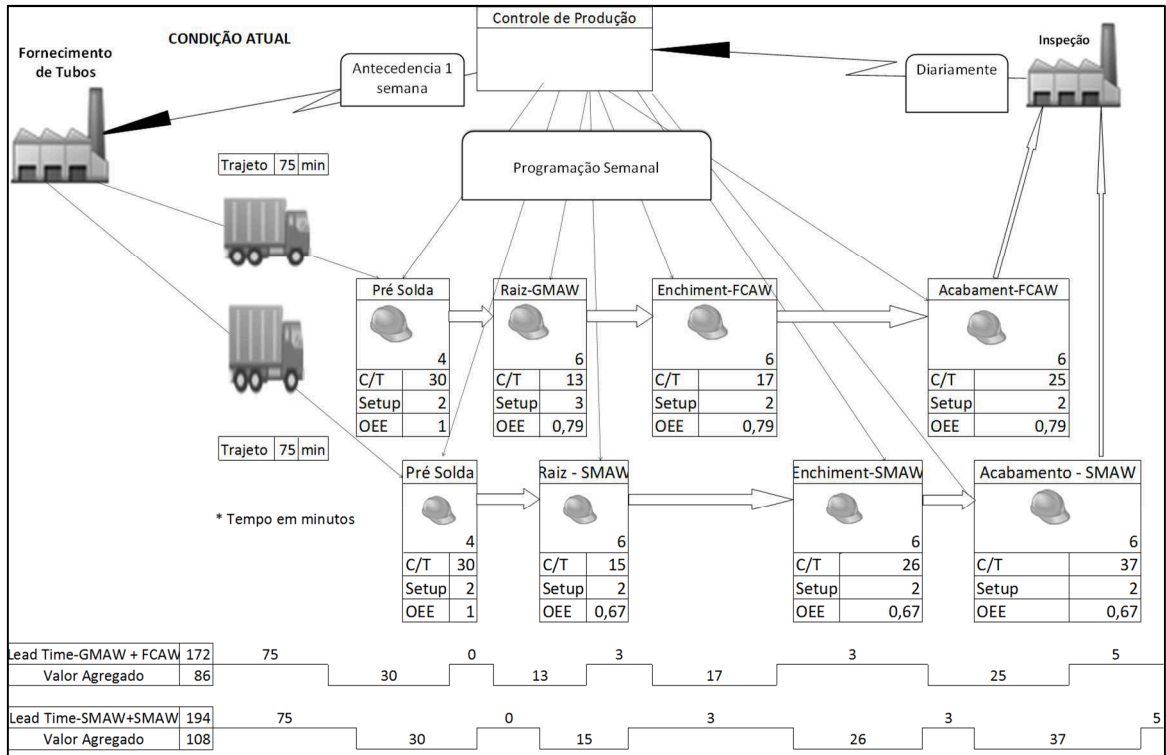


Figura 47. Mapeamento de Fluxo de Valor do Estado Atual (AUTOR, 2018).

O método SMAW depende diretamente da habilidade manual do soldador, enquanto que o FCAW, que é semi-automatizado, confere maior qualidade e menor número de reparos comparado ao método SMAW. Portanto, o método GMAW combinado com FCAW possui uma OEE de 0,79 sendo, portanto, maior se comparado à utilização do método SMAW, que possui uma OEE de 0,67 Isto ocorre em razão da maior qualidade e do melhor desempenho da combinação GMAW/FCAW em relação à combinação SMAW/SMAW.

Observa-se da análise do Mapa Atual que o lead time de produção é de 172 minutos com tempo de valor agregado de 86 minutos para a combinação GMAW/FCAW, portanto, apenas 50% total de tempo do lead time é utilizado para agregar valor. Para a combinação SMAW observou-se que o lead time de produção possui um total de 194 minutos com um tempo de valor agregado de 108 minutos, portanto, com 55% do tempo de lead time utilizado para agregar valor.

### 4.3.2 Mapa do Estado Futuro – Soldagem do duto terrestre

Foi proposto um sequenciamento na construção do Mapa do Estado Futuro, que é apresentado em seguida:

- O transporte dos tubos do local de seu fornecimento até as estações de trabalho foi proposto que tivesse início de seu deslocamento antecipado para às 06h15min, chegando ao destino aproximadamente às 07h00min. A proposta foi no sentido de evitar os momentos de intenso trânsito da manhã.
- Para a estação da “pré-solda” a duração foi mantida em aproximadamente 30 minutos.
- Com relação às estações de soldagem, foi proposta a seguinte mudança: adotar a combinação de método MAG (GMAW) e Arame Tubular (FCAW) para as duas equipes, visando à redução do lead time. A previsão de execução dos passes de raiz, enchimento e acabamento passaria para aproximadamente 14, 17 e 26 minutos respectivamente, possibilitando uma redução do lead time da equipe que utilizava o método SMAW, além de uma melhor distribuição da carga de trabalho.
- Ao término da atividade de soldagem de acabamento da junta, foi realizada a inspeção da junta e gerado um relatório de qualidade, encerrando-se tal atividade.

O deslocamento das equipes para a execução da soldagem continuou com o tempo aproximado de três minutos para as equipes dos passes de enchimento e acabamento. Para o deslocamento do inspetor de soldagem até a junta a ser inspecionada o tempo foi de cinco minutos. Não houve deslocamento para a equipe que executa o passe de raiz, visto que a mesma deverá estar próxima quando o acoplamento estiver concluído. A Figura 48 apresenta o Mapa do Estado Futuro.

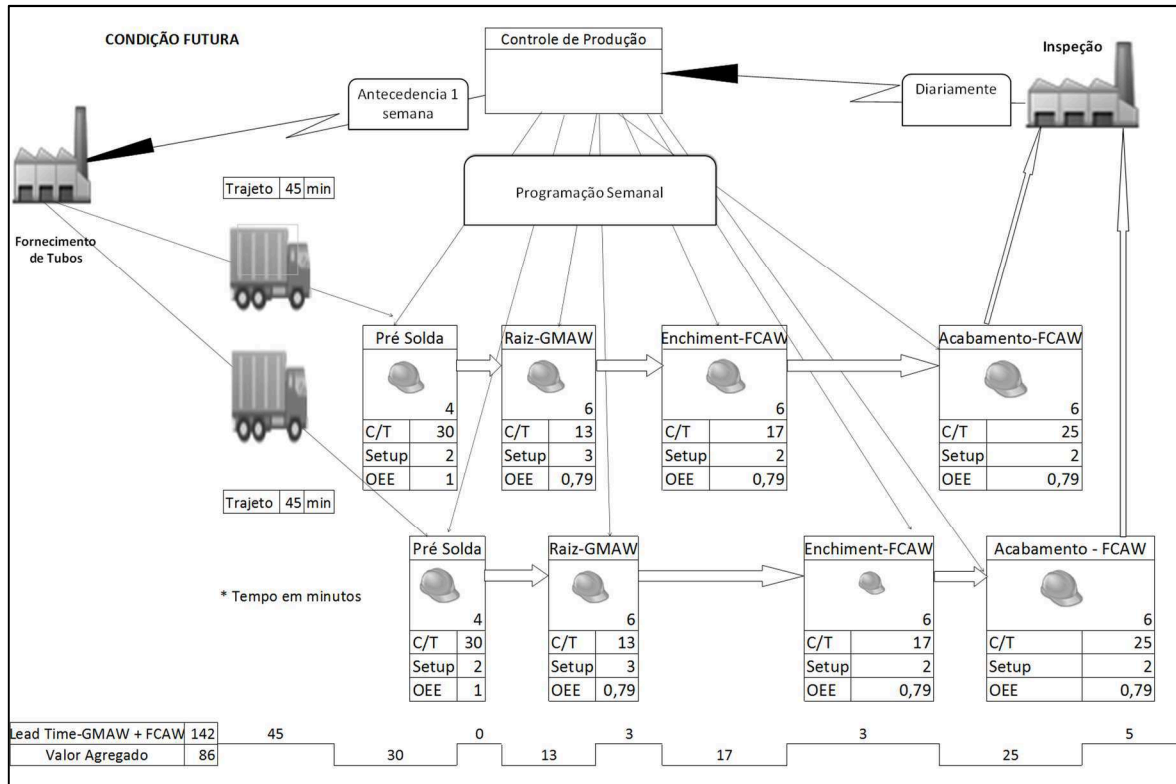


Figura 48. Mapeamento de Fluxo de Valor do Estado Futuro (AUTOR, 2018).

A análise do Mapa do Estado Futuro permite observar que o lead time de produção é de 142 minutos com a manutenção do tempo de valor agregado em 86 minutos para a combinação GMAW com FCAW nas duas equipes, portanto, 60% do total de tempo do lead time são utilizados para agregar valor. Além disto, no mapeamento de fluxo do estado futuro o OEE das equipes de soldagem é de 0,79 uma melhoria em relação a combinação SMAW/SMAW que possui uma OEE de 0,67.

#### 4.4 Benefícios e resultados alcançados com a aplicação do MFV nos processos mapeados

##### 4.4.1 Benefícios da aplicação do MFV

De acordo com o apresentado ao longo dos capítulos desta dissertação, pode-se concluir que a aplicação da ferramenta MFV em processos de montagem de dutos terrestres:

- se mostrou eficiente na identificação de desperdícios e na busca pela otimização dos processos mapeados;
- possibilitou propor melhoria dos processos através da implementação do estado futuro, conseqüentemente, viabilizando a redução dos custos e prazos envolvidos na montagem de dutos. Além disto, se mostrou uma excelente ferramenta para estruturação da melhoria contínua;
- facilitou a visualização dos processos relacionados à montagem de dutos, em especial, para visualização dos tempos e recursos envolvidos nas atividades, tornando-se uma ferramenta efetiva para o planejamento das atividades a serem realizadas;
- não demandou a aquisição de nenhum software licenciado, bem como não é necessário o incremento do número de profissionais ou de recursos de TI para implementação da ferramenta;
- mostrou, para os diversos pontos de melhoria identificados, a não necessidade de novos investimentos, mas sim, de mudança no planejamento dos processos.

Entretanto, há alguns desafios e pontos de atenção relacionados a implementação da ferramenta, tais como:

- É fundamental haver o empoderamento dos empregados envolvidos no processo de implementação da ferramenta, em especial dos empregados responsáveis pelos mapeamentos dos fluxos e das ações propostas que forem advindas destes mapeamentos;
- apesar de não ser necessária a aquisição de recursos ou mobilização de profissionais para implementação da ferramenta, é necessário que as pessoas envolvidas, em especial os gestores da empresa, incentivem a prática da utilização destas ferramentas de forma contínua, para viabilizar as melhorias;
- os profissionais operacionais, que vierem utilizar estas ferramentas, também devem acreditar na mesma e utilizá-la como rotina. Não devem entender que se trata apenas de mais um controle ou mais um formulário para ser preenchido;

- a recomendação é que a ferramenta MFV seja utilizada de forma integrada as ferramentas de planejamento e qualidade existentes, para evitar que se torne mais uma burocracia do que uma ferramenta de melhoria contínua;
- além disto, a implementação do MFV requer mudanças, não apenas das técnicas da fabricação ou de execução das atividades, mas de paradigma, ou seja, de comportamento ou da forma de observar os processos, mais precisamente, deve-se entender tais processos dentro do conceito *lean*. Esta mudança possibilitará a principal característica da aplicação do mapeamento de fluxo de valor, que é separar as atividades que geram valor ao cliente daquelas atividades que geram desperdícios, possibilitando introduzir melhorias nos processos mapeados.

#### **4.4.2 Resultados obtidos com a aplicação do MFV nos processos mapeados**

Referente a etapa de contratação da empreiteira e fornecimento de tubos, o Mapa do Estado Futuro, a partir do Atual, possibilitou chegar-se às seguintes considerações finais:

- Redução do lead time de 23,5 meses para 13 meses (44,68% de redução).
- manutenção do tempo de valor agregado de oito e meio meses para aquisição de tubos e redução do tempo de valor agregado, de 16,5 meses para 11 meses, para o processo de escolha da empreiteira.
- aumento de 36% para 65% do tempo que é utilizado para agregação de valor no lead time de aquisição dos tubos.
- aumento de 68% para 85% do tempo é utilizado para agregação de valor no lead time de escolha da empreiteira responsável pela montagem do duto.
- eliminação de três atividades que não agregam valor ao cliente.
- eliminação de tempo de estoques desnecessários causado pela armazenagem de tubos por sete e meio meses.
- redução do fluxo de comunicações entre a proprietária e órgãos externos.

Referente a etapa de preparação dos tubos, o Mapa do Estado Futuro, a partir do Atual, possibilitou chegar-se às seguintes considerações finais:

- redução do lead time de 1950 minutos para 1555 minutos (20,25%).
- manutenção do tempo de valor agregado de 320 minutos.
- aumento de 16% para 21% do tempo que é utilizado para agregação de valor no lead time de preparação dos tubos.
- eliminação de duas etapas que não agregam valor ao cliente.
- redução de espaço de armazenagem de tubos durante o processo de cura do concreto.

Referente a etapa de soldagem e montagem do duto, o Mapa do Estado Futuro, a partir do Atual, possibilitou chegar-se às seguintes considerações finais:

- Redução do lead time de produção de 172 minutos para 142 minutos (17,4%);
- manutenção do tempo de valor agregado em 86 minutos para a combinação GMAW/FCAW;
- duas equipes com aumento de 50% para 60% o total de tempo do lead time utilizado para as atividades que agregam valor;
- OEE de 0,79 com a adoção da metodologia GMAW/FCAW para as duas equipes de soldagem;
- maior qualidade das juntas soldadas, evitando retrabalhos, e melhor distribuição das cargas de trabalho entre as equipes.
- redução das distâncias a serem percorridas mostrou ser fundamental para a redução do tempo de trajeto desde o fornecimento dos tubos e as frentes de trabalho.





## 5. Planos de Ação

### 5.1 Ações a serem realizadas

Para estruturar os planos de ação visando alcançar o estado futuro, foram identificados os pontos de melhoria e considerados dois tipos de ações:

- **Pontos de Melhoria:** São os pontos identificados na análise do mapeamento de fluxo no estado atual, e que devem ser tratados visando atingir o estado futuro.
- **Ações Imediatas:** Ações de curto prazo e médio custo visando a mudança imediata nos projetos de montagem de dutos terrestres que encontram-se em andamento.
- **Ações para Projetos Futuros:** Ações de longo prazo e baixo custo visando a mudança para projetos de montagem de dutos terrestres que ainda serão iniciados

Foram elaborados três planos de ação, seguindo a estrutura descrita acima, um plano para cada uma das três etapas de montagem de dutos terrestres que foram mapeadas.

## 5.2 Contratação da empreiteira e fornecimento dos tubos

Após a elaboração do mapeamento de fluxo foi traçado o Plano de Ação descrito na Tabela 1.

Tabela 1. Plano de Ação para fornecimento dos tubos e contratação da empreiteira (AUTOR, 2018).

Ponto de Melhoria	Ações Imediatas	Ações para os Projetos Futuros
Redução da quantidade de comunicados entre as áreas de documentação técnica, contratação e licenciamento da obra	1. Criação de grupo técnico envolvendo as três áreas para avaliação simultânea das revisões na documentação técnica, reduzindo o fluxo de informações.	2. Adoção de Workflow utilizando sistema de documentação existente para implementar um fluxo eletrônico da documentação técnica para avaliação das áreas afetadas pela emissão ou revisão da documentação técnica
Redução de prazos e nivelamento dos prazos de emissão das licenças ambientais	1. Definição de um único interlocutor (single point) junto ao órgão ambiental. As demandas serão definidas em colegiado envolvendo os setores de licenciamento que possuem demandas junto ao órgão ambiental. 2. Sequenciamento das solicitações de licenças a serem realizadas junto ao órgão ambiental, estabelecendo prioridades. A priorização dos projetos deve ser avaliada de acordo com a criticidade, seja por prazos mais exíguos ou volume de investimento elevado, possibilitando viabilizar a programação das licenças a serem obtidas junto ao órgão ambiental, conforme deliberação deste colegiado.	
Eliminação da necessidade de armazenagem em área da proprietária da obra	1. Alinhamento dos processo de aquisição dos tubos e de contratação da empreiteira, através da redução do tempo necessário ao licenciamento da obra, descrito acima.	2. Após a redução do prazo de emissão das licenças, ocorrerá uma maior celeridade do processo de contratação da empreiteira responsável pela obra, possibilitando um alinhamento dos prazos do processo de contratação da empreiteira em relação ao processo de aquisição dos tubos. 3. Após o passo 2 acima, ocorrerá a eliminação da necessidade de preparação de área de armazenagem pela proprietária da obra, possibilitando a transferência da fornecedora dos tubos diretamente para a empreiteira responsável pela obra.

### 5.3 Preparação dos tubos

Após a elaboração do mapeamento de fluxo foi traçado o Plano de Ação descrito na tabela 2.

Tabela 2. Plano de Ação para preparação dos tubos (AUTOR, 2018).

Ponto de Melhoria	Ações Imediatas	Ações para os Projetos Futuros
Eliminação da utilização da armadura de tela para concretagem dos tubos		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Criação de grupo técnico para avaliação dos impactos da solicitação de revisão da norma NBR 15280 quanto a utilização de fibra de aço agregada ao concreto como possibilidade de substituição da armadura de tela.</li> <li>2. Caso seja viável a revisão da norma, protocolar a solicitação de revisão da mesma.</li> </ol>
Redução do tempo de cura do concreto.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Estudo para avaliar as medidas necessárias para reduzir o tempo de cura do concreto, obtida através dos aditivos aceleradores de cura, em especial, para verificar se o concreto obterá as características mínimas necessárias de resistência estabelecidas em projeto.</li> </ol>	
Melhoria do percentual de OEE referente a atividade de curvamento de tubos, em especial quanto a disponibilidade do equipamento de curvamento.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Avaliação da solução mais vantajosa economicamente, como menor risco, dentre as três opções abaixo: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Treinamento com o operador do equipamento de curvamento de tubos, de modo que este realize o primeiro atendimento de manutenção corretiva do equipamento.</li> <li>• Treinamento com o mecânico responsável pela manutenção do equipamento, de modo que este aprenda a operar o equipamento de curvamento de tubos.</li> <li>• Manutenção do mecânico em tempo integral junto ao equipamento de curvamento de tubos, de modo a reduzir o tempo de paralisação do equipamento.</li> </ul> </li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>2. Avaliação da viabilidade de compra de um equipamento novo para curvamento de tubos.</li> </ol>

## 5.4 Soldagem do duto terrestre

Diante das considerações anteriormente mencionadas foi traçado o seguinte Plano de Ação descrito na tabela 3.

Tabela 3. Plano de Ação para soldagem dos dutos (AUTOR, 2018).

Ponto de Melhoria	Ações Imediatas	Ações para os Projetos Futuros
Redução do Tempo de Trajeto	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Antecipação do início e do término da jornada de trabalho da equipe de carregamento dos tubos.</li> <li>2. Atuação junto ao fornecedor visando o mapeamento do fluxo na atividade de concretagem, visando a redução do tempo de execução do serviço.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>3. Estudo dos locais para fornecimento de tubos, visando a equalização da distância média percorrida entre os trechos de obra.</li> <li>4. Considerar, quando da definição do traçado do duto, os melhores acessos entre os possíveis fornecedores de tubos e os locais onde a obra será realizada.</li> </ol>
Troca do Método SMAW para GMAW+ FCAW	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Troca dos equipamentos de soldagem</li> <li>2. Treinamento dos operadores, caso necessário.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>3. Estudo prévio ao início das obras quanto a melhor combinação de métodos de soldagem a ser implementado no duto a ser construído, visando a redução do lead time.</li> </ol>
Estudo de novos métodos de soldagem	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Identificação de estudos referentes a métodos de soldagem potencialmente mais produtivos dos que os atualmente empregados nas obras.</li> <li>2. Caso seja identificado, realizar testes visando a revisão do procedimento de soldagem.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>3. Estudo prévio quanto à melhor combinação de métodos de soldagem a ser implementado no duto a ser construído, visando a redução do lead time.</li> </ol>

## 6. Conclusões

Conforme os mapeamentos realizados, a ferramenta de Mapeamento de Fluxo de Valor mostrou-se efetiva na identificação de desperdícios nas atividades de montagem de dutos terrestres. Abaixo estão elencados os principais desperdícios localizados e ganhos obtidos com a aplicação do MFV nos processos de montagem de dutos terrestres que foram mapeados:

- Redução do lead time de todas as etapas mapeadas.
- aumento do tempo de valor agregado das etapas mapeadas.
- aumento da OEE de algumas das atividades mapeadas, através do aumento da qualidade do processo e aumento da disponibilidade de equipamentos.
- eliminação de diversas atividades que não agregavam valor ao cliente.
- redução de espaços de armazenagem de tubos.
- redução de tempo de transporte dos tubos para as frentes de serviço.
- redução de fluxo de comunicações.

Os desafios e pontos de atenção para a implementação da ferramenta MFV, principalmente de forma sistemática, são diversos, mas destacamos que:

- A correta utilização da ferramenta de Mapeamento de Fluxo de Valor demanda o conhecimento prévio do conceito *Lean*. O desconhecimento deste conceito impossibilita que os profissionais responsáveis pela realização dos mapeamentos enxerguem os desperdícios encontrados nos processos, ou seja, muitas vezes um processo que atualmente é considerado como necessário, que agrega valor, pode ser um desperdício.

Portanto, deve-se instruir os profissionais envolvidos no mapeamento de fluxo de valor, não apenas na correta utilização da ferramenta MFV, mas principalmente no conceito de *Lean*, em especial nos temas referentes a identificação de desperdícios e agregação de valor, visando a mudança da forma que estes profissionais enxergam o processo de montagem dos dutos.

- Atualmente existem diversas ferramentas utilizadas para planejamento e controle de obras de dutos terrestres. Portanto, o desafio é a utilização da ferramenta MFV de uma forma integrada as ferramentas que já são utilizadas.

Se o MFV não estiver integrado, e se tornar mais uma ferramenta a ser utilizada, haverá o risco dos profissionais enxergarem o preenchimento do MFV mais como uma obrigação ou burocracia do que propriamente visualizar as vantagens de sua utilização.

## 7. Sugestões para trabalhos futuros:

- Aplicação de outras ferramentas *lean* nas atividades relacionadas a construção e montagem de dutos terrestres;
- aplicação do MFV em outros tipos de obras lineares, como construção de rodovias ou linhas de transmissão;
- estudo sobre os aspectos logísticos, em especial quanto aos deslocamentos realizados e seus impactos, na realização de obras lineares como os dutos terrestres;
- estudo sobre o fluxo de revisão de normas brasileiras para possibilitar a sua revisão e a melhoria de processos constantes nestas normas;
- integração da ferramenta de mapeamento de fluxo de valor às ferramentas de planejamento e qualidade já utilizadas em montagem de dutos, tais como, por exemplo, cronogramas com diagrama de Gantt.

## Referências

- ALBANO, João Fortini. **Vias de Transporte**. Bookman Editora, 2016
- ALVES, João Murta. **O sistema Just in Time reduz os custos do processo produtivo**. In: Anais do Congresso Brasileiro de Custos-ABC. 1995.
- ANP, **Armazenamento e movimentação de transportes líquidos**, Disponível em <http://www.anp.gov.br/wwwanp/armazenamento-e-movimentacao-de-produtos-liquidos/oleodutos-de-transporte-e-transferencia>. Consultado em 28/12/2017.
- ANP, **Normas Técnicas**, Disponível em <http://www.anp.gov.br/wwwanp/movimentacao-estocagem-e-comercializacao-de-gas-natural/transporte-de-gas-natural/acesso-a-gasodutos/213-normas-tecnicas>. Consultado em 27/12/2017.
- BAUCH, Christoph. **Lean product development: making waste transparent**. 2004. Tese de Doutorado. Massachusetts Institute of Technology.
- BLANCO, Alexandre Juis et al. **Microestrutura e Propriedades Mecânicas de uma junta Soldada obtida por Processo de Soldagem Manual Gas Metal Arc Welding**. Unisanta Science & Technology, v. 4, p. 55-63, 2015.
- BOWEN, David E.; YOUNGDAHL, William E. **“Lean” service: in defense of a production-line approach**. International journal of service industry management, v. 9, n. 3, p. 207-225, 1998.
- BRETT, Samantha. **Environmental considerations of pipeline installation methods through watercourses**. Dissertação de Mestrado. Royal Roads University. 2016.
- BRIGOLINI, Henrique Caixeta et al. **INDICADOR DE DESEMPENHO OEE - OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS: UMA ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA DE 2010 A 2016**. XXXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção. 2016
- CARELLI, Fernanda Pereira Lopes; RODRIGUEZ, Carlos Manuel Taboada; RÔA, Larissa Maynara. **Proposta de adequação do processo de inspeção com base nos conceitos do lean manufacturing: estudo de caso em um fabricante de equipamentos agrícolas**. Journal of Lean Systems, v. 1, n. 4, p. 66-86, 2016.
- CARLSSON, Daniel; FRÖBERG, Peter. **Lean Manufacturing and Company Integration In Swedish and Danish Machining Industry**. Dissertação de Mestrado. Lund University. 2016.



- CEGLIAS, R. B. **Análise de tensão residual em tubo de aço API 5L X70**; Dissertação de mestrado, Instituto Militar de Engenharia, 2012.
- CHILEXPO. Imagem de tubos biselados. Disponível em <http://www.chilexpo.com>. Consultado em 05/06/2017.
- COSTA, Amauri Harvey. **Aplicações da curva S e do método do caminho crítico no planejamento de obras**. 2017.
- DAL FORNO, Ana Julia et al. **Value Stream Mapping: a study about the problems and challenges found in the literature from the past 15 years about application of Lean tools**. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, v. 72, n. 5-8, p. 779-790, 2014.
- DANNAPFEL, Petra; POKSINSKA, Bozena; THOMAS, Kristin. **Dissemination strategy for Lean thinking in health care**. International journal of health care quality assurance, v. 27, n. 5, p. 391-404, 2014.
- DE ALCANTARA, Fábica Cristina Sobral; Y RICKARDO, Joana Daiane Fernandes Palacio; GOMES, Léo Ramos. **PLANEJAMENTO DE MEIOS LOGÍSTICOS PARA A CONSTRUÇÃO DO GASODUTO URUCU-MANAUS REALIZADO PELA PETROBRAS**. 2016.
- DE ALMEIDA COPETTI, Filipe; SAURIN, Tarcisio Abreu; SOLIMAN, Marlon. **Gestão de barreiras na implantação da produção enxuta: um estudo no setor automobilístico/Management of barriers in the implementation of lean production: a study in the automotive sector**. Revista Produção Online, v. 16, n. 1, p. 313, 2016.
- DE CAMARGO, Paulo Rogerio et al. **IMPLEMENTAÇÃO DE TÉCNICAS DA MENTALIDADE ENXUTA EM UMA EMPRESA AUTOMOBILÍSTICA**. Journal of Exact Sciences, v. 20, n. 1, 2015.
- DE OLIVEIRA, Karine Borges; DOS SANTOS, Eduardo Ferro; JUNIOR, Lucio Garcia Veraldo. **Utilização do Lean Thinking como ferramenta para o diagnóstico de perdas na indústria hoteleira: um estudo de caso**. Jornada Científica, v. 1, n. 1, 2015.
- DE OLIVEIRA, Rafael Pellizzoni et al. **Lean Manufacturing em Associação à Automação Industrial: Estudo de Caso Aplicado à Indústria Moveleira**. Revista Espacios, v. 38, n. 17, p. 23, 2017.

- DE SOUZA, Guilherme Reigada Pinheiro et al. **Análise do Potencial uso do Processo de Soldagem FCAW-S na Execução de Fundações Profundas**. Unisanta Science & Technology, v. 6, p. 17-26 2017.
- DENNIS, Pascal. **Produção lean simplificada**. Bookman Editora, 2009
- ESAB<sup>1</sup>, **Soldagem com Eletrodo Revestido**, Disponível em [http://www.esab.com.br/br/pt/education/blog/processo\\_soldagem\\_eletrodo\\_revestido\\_mma\\_smaw.cfm](http://www.esab.com.br/br/pt/education/blog/processo_soldagem_eletrodo_revestido_mma_smaw.cfm). Consultado em 13/03/2018.
- ESAB<sup>2</sup>, **Apostila de Soldagem MIG/MAG**, Disponível em [http://www.esab.com.br/br/pt/education/apostilas/upload/1901104rev0\\_apostilas\\_oldagemmigmag\\_low.pdf](http://www.esab.com.br/br/pt/education/apostilas/upload/1901104rev0_apostilas_oldagemmigmag_low.pdf). Consultado em 13/03/2018.
- FBTS. **Soldagem pelo método GMAW**, Disponível em [http://www.fbts.org.br/quantum/cursos/000071/downloads/M1\\_D4\\_T4\\_MIG%20MAG.pdf](http://www.fbts.org.br/quantum/cursos/000071/downloads/M1_D4_T4_MIG%20MAG.pdf). Consultado em 13/03/2018.
- FERCOQ, Alain; LAMOURI, Samir; CARBONE, Valentina. **Lean/Green integration focused on waste reduction techniques**. Journal of Cleaner production, v. 137, p. 567-578, 2016.
- FERNANDEZ, Quentin. **Performance indicator design and implementation on semi-automated production lines: Overall Equipment Effectiveness (OEE) philosophy adaptation**. 2016.
- FONTES, Érica Soares. **Apoio Logístico Integrado para Construção e Montagem de Dutos Terrestres**. Rio de Janeiro, 2008. Dissertação de Mestrado. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.
- FREIRE, José Luiz de França et al. **Engenharia de Dutos**, Editora ABCM, 2009.
- GELSONLUZ, **Soldagem pelo método FCAW**, Disponível em <https://gelsonluz.com/o-que-e-soldagem-fcaw-com-aramé-tubular/2/>.
- GHINATO, Paulo. **Elementos fundamentais do sistema Toyota de produção. Produção e competitividade: Aplicações e Inovações**. Ed.: Almeida & Souza, Editora Universitária da UFPE, Recife, 2000.
- GHINATO, Paulo. **Sistema Toyota de Produção: mais do que simplesmente just-in-time**. Production, v. 5, n. 2, p. 169-189, 1995.
- GOLBABAIEI, Farideh; KHADEM, Monireh. **Air Pollution in Welding Processes—Assessment and Control Methods**. In: **Current Air Quality Issues**. InTech, 2015.
- GOLDRATT, Eliyahu M. **Corrente crítica**. NBL Editora, 2007.

- GONCALVES, Alexandre Svenssno. **DESAFIOS E RESULTADOS DURANTE IMPLEMENTAÇÃO DE FERRAMENTAS LEAN**. Revista Gestão Industrial, v. 11, n. 4, 2015.
- HARISH, K. A.; SELVAM, M. **Lean Wastes: A Study of Classification from Different Categories and Industry Perspectives**. The Asian Review of Civil Engineering, p. 7-12, 2015.
- HUTCHINS, David. **Just in time**. Gower Publishing, Ltd., 1999.
- JONES, Daniel T.; WOMACK, James P. **A mentalidade enxuta nas empresas: elimine o desperdício e crie riqueza**. Gulf Professional Publishing, 2004.
- KEYTE, Beau; LOCHER, Drew A. **The complete lean enterprise: value stream mapping for office and services**. CRC Press, 2015.
- KINDERMANN, Renan Medeiros et al. **Soldagem orbital do passe de raiz**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina. 2016.
- KOU, Sindo. **Welding metallurgy**. John Wiley & Sons, 2003.
- KROLCZYK, Jolanta B.; LEGUTKO, Stanislaw; SZCZEPAŃSKA, Anna. **Value Stream Mapping as a tool for the optimization of production—case study**. In: MATEC Web of Conferences. EDP Sciences, 2017. p. 02006.
- KURDVE, Martin et al. **Lean and green integration into production system models—experiences from Swedish industry**. Journal of Cleaner Production, v. 85, p. 180-190, 2014.
- LI, Xiaoqi. **A Literature Review on Value Stream Mapping With a Case Study of Applying Value Stream Mapping on Research Process**. 2014. Tese de Mestrado. Texas A&M University. 2014
- LIKER, Jeffrey K. **O modelo Toyota: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo**. Bookman Editora, 2016.
- LIKER, Jeffrey; ROTHER, Mike. **Por que os programas lean fracassam?**. Artigo publicado em Lean Institute Brasil, 2011.
- LUDWIG, Jean Pierre et al. **Aplicação da metodologia just in time para a redução de estoques em uma indústria do ramo moveleiro**. Journal of Lean Systems, v. 1, n. 2, p. 25-39, 2016.
- MANNING, Jesper; SÖRLIN, Filip. **Value Stream Mapping as a Basis for Process Improvement in the Pharmaceutical Industry**. Dissertação de Mestrado. Lund University. 2017.

- MARTIN, Karen; OSTERLING, Mike. **Value stream mapping**. Estados Unidos de América: Shingo Institute, 2014.
- MARZOUK, Mohamed M.; EL-RASAS, Tarek I. **Analyzing delay causes in Egyptian construction projects**. Journal of advanced research, v. 5, n. 1, p. 49-55, 2014.
- MENDONÇA SOBRINHO, Adelino F. de. **Aplicação do licenciamento e estudo de impacto ambiental em gasodutos: estudo de casos**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal da Bahia. 2008.
- MODENESI, Paulo J.; MARQUES, Paulo V.; SANTOS, Dagoberto B. **Introdução à metalurgia da soldagem**. Belo Horizonte: UFMG, 2012.
- MODENESI, Paulo José; MARQUES, Paulo Villani; BRACARENSE, Alexandre Queiroz. **Soldagem-fundamentos e tecnologia**. Editora UFMG, 2005.
- MOHAMAT, Syarul Asraf et al. **The effect of flux core arc welding (FCAW) processes on different parameters**. Procedia Engineering, v. 41, p. 1497-1501, 2012.
- MOHITPOUR, M. M.; GOLSHAN, H.; MURRAY, A. **Pipeline Design & Construction**; New York: ASME Press, 2000.
- MONDEN, Yasuhiro. **Sistema Toyota de Produção: uma abordagem integrada ao just in time**. Bookman Editora, 2015.
- MORAIS, Suelyn Fabiana Aciole; SANTOS, Antonio Carlos de Queiroz; ARAUJO, Ivanildo Fernandes. **ANÁLISE DAS PERDAS PRODUTIVAS SEGUNDO OS SETE DESPERDÍCIOS DE TAIICHI OHNO: UM ESTUDO DE CASO**, 2016.
- NORDIN, Norani; MD DEROS, Baba. **Organisational change framework for lean manufacturing implementation**. International Journal of Supply Chain Management, v. 6, n. 3, p. 309-320, 2017.
- OHNO, Taiichi. **O Sistema Toyota de Produção Além Da Produção**. Bookman, 1997
- OLIVEIRA, Fernando Nascimento. **UMA ANÁLISE EMPÍRICA DO MERCADO DUTOVIÁRIO NORTE-AMERICANO**. Revista Economia & Gestão, v. 16, n. 45, p. 32-57, 2017.
- PENUSILA, Guduru et al. **ENHANCING PRODUCTIVITY BY USING BUILDING INFORMATION MODELING APPLICATIONS IN PIPELINE CONSTRUCTION PROJECTS**. 2016. Tese de Doutorado. University of Texas at Arlington
- PESTANA, Creso; DO ESPIRITO SANTO, Eniel. **Gasoduto: uma análise das etapas do projeto de implantação**. VETOR Revista de Ciências Exatas e Engenharias, v. 21, n.2, p. 44-59, 2012.

- PIGOZZO, Ivan Olszanski et al. **Soldagem tig orbital: otimização de equipamentos e prospecções tecnológicas para procedimentos de passe de raiz.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina. 2015.
- PINHEIRO, Larissa Maria Prisco; TOLEDO, José Carlos de. **Application of lean approach in the product development process: a survey on Brazilian industrial companies.** *Gestão & Produção*, v. 23, n. 2, p. 320-332, 2016.
- PRODANOV, Cleber Cristiano; DE FREITAS, Ernani Cesar. **Metodologia do Trabalho Científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico-2ª Edição.** Editora Feevale, 2013.
- REVIE, R. Winston. **Oil and gas pipelines: integrity and safety handbook.** John Wiley & Sons, 2015.
- REZA, Samsad et al. **Integrating lean manufacturing with environmental sustainability and innovation; Impact on improving environmental performance.** 2017.
- RIBEIRO, Priscilla Cristina Cabral; FERREIRA, Karine Araújo. **Logística e transportes: uma discussão sobre os modais de transporte e o panorama brasileiro.** XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2002.
- ROHAC, Tomas; JANUSKA, Martin. **Value stream mapping demonstration on real case study.** *Procedia Engineering*, v. 100, p. 520-529, 2015.
- ROSENFELD, Michael J. **Transportation Pipelines, Including ASME B31. 4, B31. 8, B31. 8S, B31G, and B31Q Codes.** In: Companion Guide to the ASME Boiler and Pressure Vessel and Piping Codes, Fifth Edition-Volume 2. ASME Press, 2018.
- ROTHER, Mike; SHOOK, John. **Learning to see: value stream mapping to add value and eliminate muda.** Lean Enterprise Institute, 2003.
- SARTORI, Francisco et al. **Tecnologias e técnicas modernas do processo MIG/MAG para o passe de raiz em soldagem orbital de tubos.** Universidade Federal de Santa Catarina. 2016.
- SHINGO, Shigeo. **O sistema Toyota de produção.** Bookman Editora, 1996.
- SILVA, Marcelo Simon Quintino, **Aplicação do mapeamento do fluxo de valor estendido na cadeia de suprimentos de componentes eletromecânicos.** Dissertação de Mestrado. Instituto Tecnológico da Aeronáutica, São José dos Campos, 2013

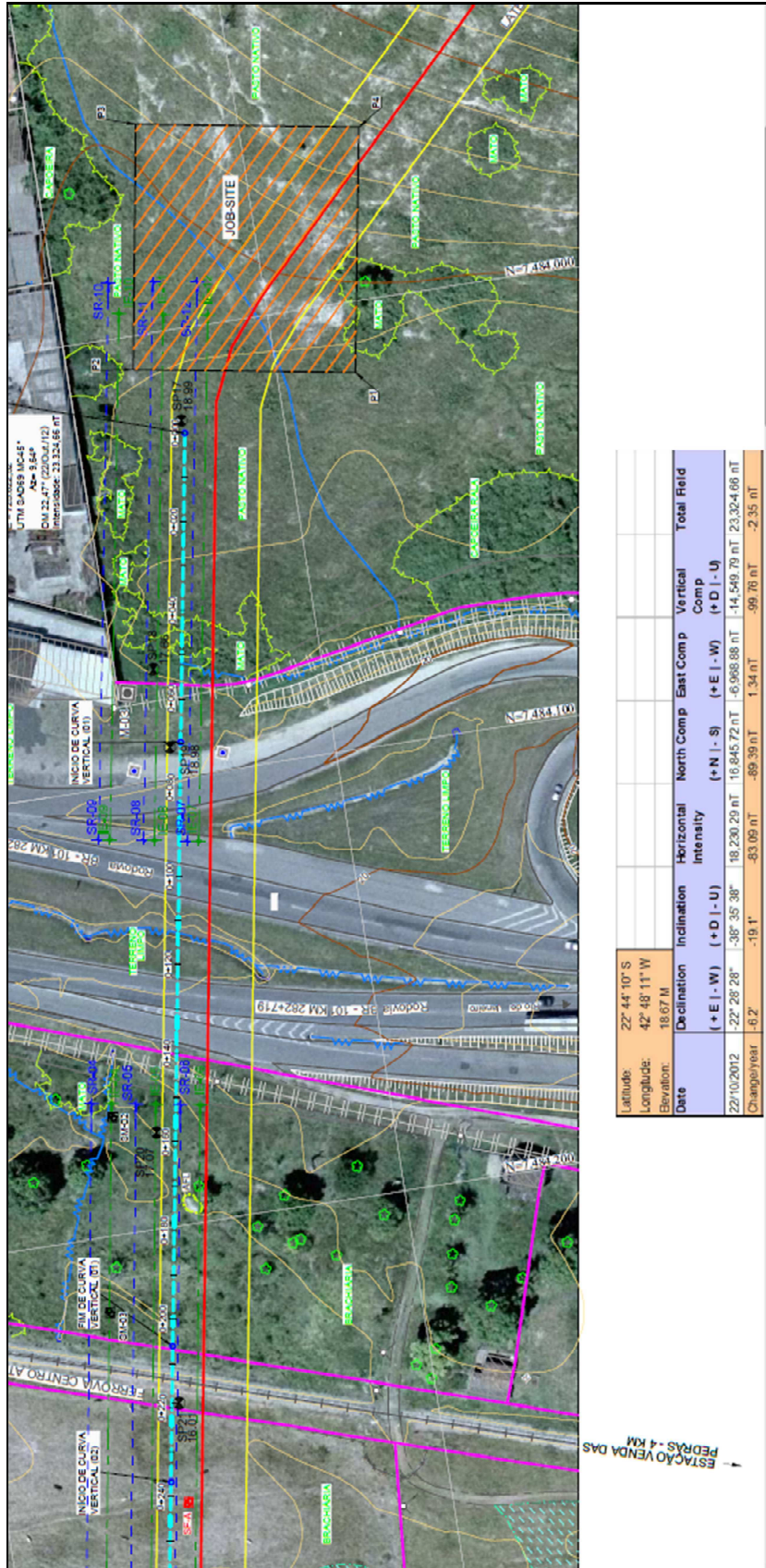
- SILVA, Moisés Gomes da. **Riscos de vazamentos, incêndios e explosões em terminais petroquímicos ocasionados pela falta de integridade física em tubulações industriais**. Dissertação de Mestrado. Universidade de Coimbra. 2014.
- SILVEIRA, Cristiano Bertucci. **Mapeamento de Fluxo de Valor**. Disponível em <https://www.citisystems.com.br/mapeamento-fluxo-valor-1>. 2016. Consultado em [02/10/2017](#).
- SOEIRO JUNIOR, Jaime Casanova; ROCHA, David Bellentani; BRANDI, Sérgio Duarte. **Uma breve revisão histórica do desenvolvimento da soldagem dos aços API para tubulações**. Soldagem & Inspeção, São Paulo, v. 18, n. 2, p. 176-195, 2013.
- SOUZA, Vitor Antônio da Rold de. **Estudo da aplicação do princípio Lean Construction na construção de um condomínio residencial em Urussanga-SC**. 2017.
- STEINBERG, José Gustavo. **Lean Mining: modelagem e melhorias em cadeias logísticas minerais**. 2011. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- SUNDAR, R.; BALAJI, A. N.; KUMAR, RM Satheesh. **A review on lean manufacturing implementation techniques**. Procedia Engineering, v. 97, p. 1875-1885, 2014.
- TENARIS .**Oil and Pipelines – Industrial Standards**. Disponível em <http://www.tenaris.com/en/Products/OnshoreLinePipe/OilAndGasPipeline.aspx>. Consultado em 26/12/2017.
- TRANSMOUNTAIN, **Modelo de instalação de dutos em áreas rurais**. Disponível em <http://www.transmountain.com>. Consultado em 28/03/2017.
- VAZ, Paulo Joaquim Antunes. **A Metodologia Lean e o seu Impacto na Produção Sustentável**. 2015. Tese de Doutorado. Universidade de Coimbra
- VIAGI, Arcione Ferreira. **Cadeia de Suprimentos, Tecnologia da Informação e Manufatura Enxuta**. Novas Edições Acadêmicas, 2011.
- VIENAZINDIENE, Milita; CIARNIENE, Ramune. **Lean manufacturing implementation and progress measurement**. Economics and management, v. 18, n. 2, p. 366-373, 2013.
- VOTTO, Rodrigo Goulart; FERNANDES, Flavio Cesar Faria. **Produção enxuta e teoria das restrições: proposta de um método para implantação conjunta na**

- Indústria de Bens de Capital sob Encomenda.** Gestão & Produção, v. 21, n. 1, p. 45-63, 2014.
- WANKE, Peter; FLEURY, Paulo Fernando. **Transporte de cargas no Brasil: estudo exploratório das principais variáveis relacionadas aos diferentes modais e às suas estruturas de custos. Estrutura e dinâmica do setor de serviços no Brasil.** Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, p. 409-64, 2006.
- WOMACK, James P.; JONES, Daniel T. **Lean thinking—banish waste and create wealth in your corporation.** Journal of the Operational Research Society, v. 48, n. 11, p. 1148-1148, 1997.
- WOMACK, James. Daniel T. Jones, Daniel Roos. **A máquina que mudou o mundo.** Rio de Janeiro: Campus, 1992.
- YSHII, L.N, CHIODO, M.S.G, **Aplicação de Aços de Alta Resistência em Dutos de Transporte de Óleo e Gás: Implicações sobre o Projeto e Construção,** Poli-USP, 2007.

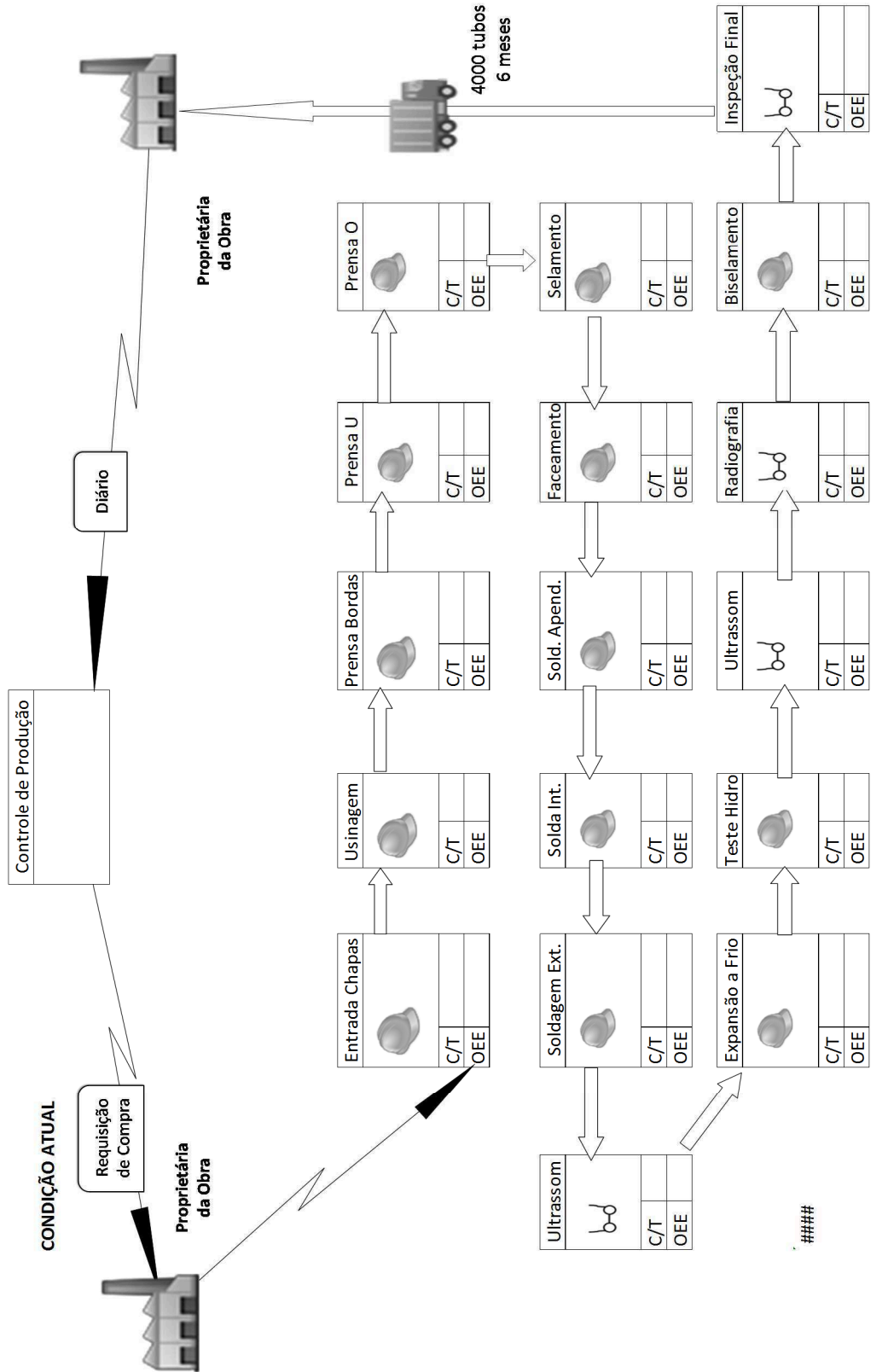
## APÊNDICES



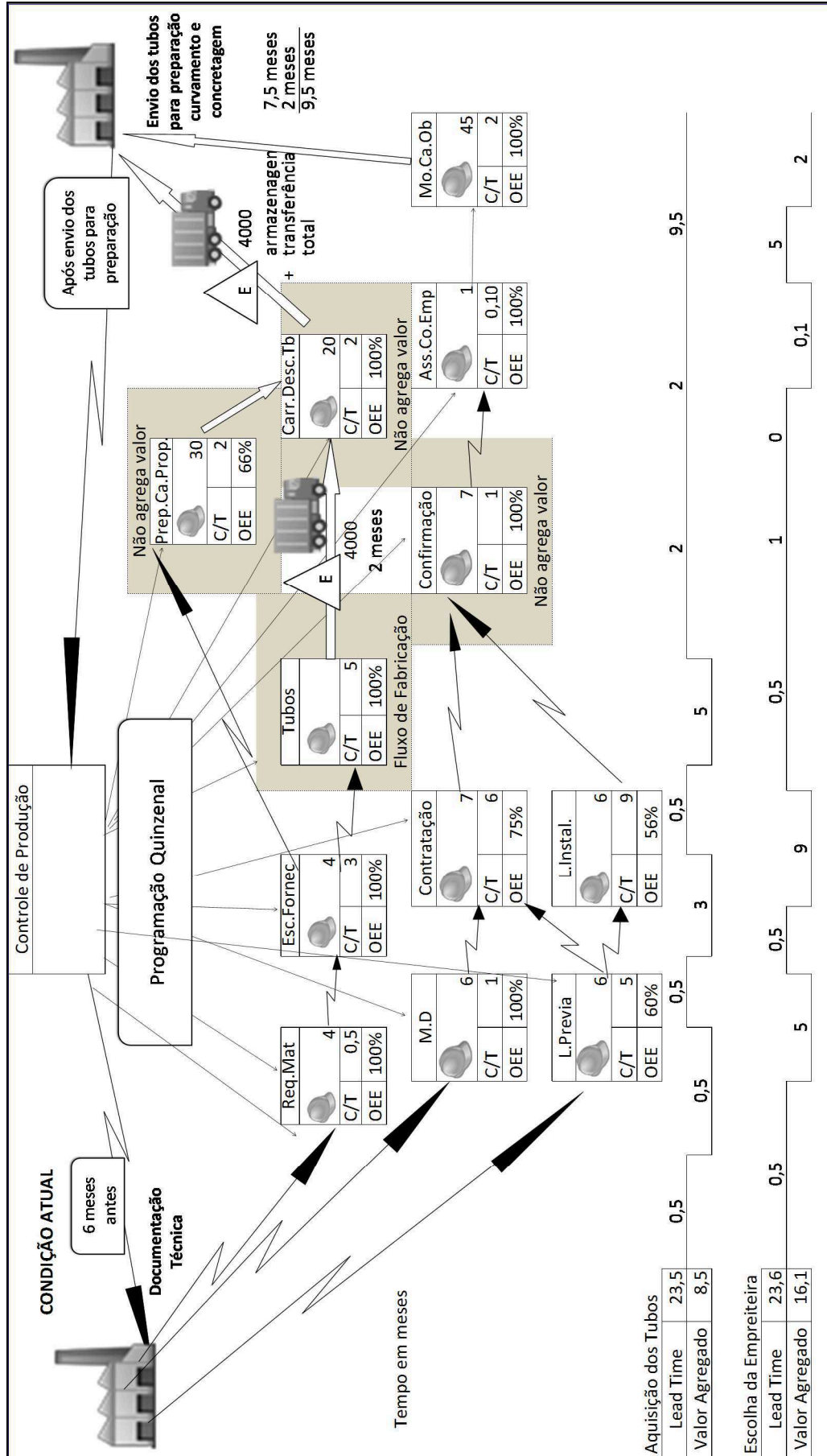
Apêndice I – Documento Técnico (Planta)



Apêndice II - Mapeamento da Fabricação dos tubos

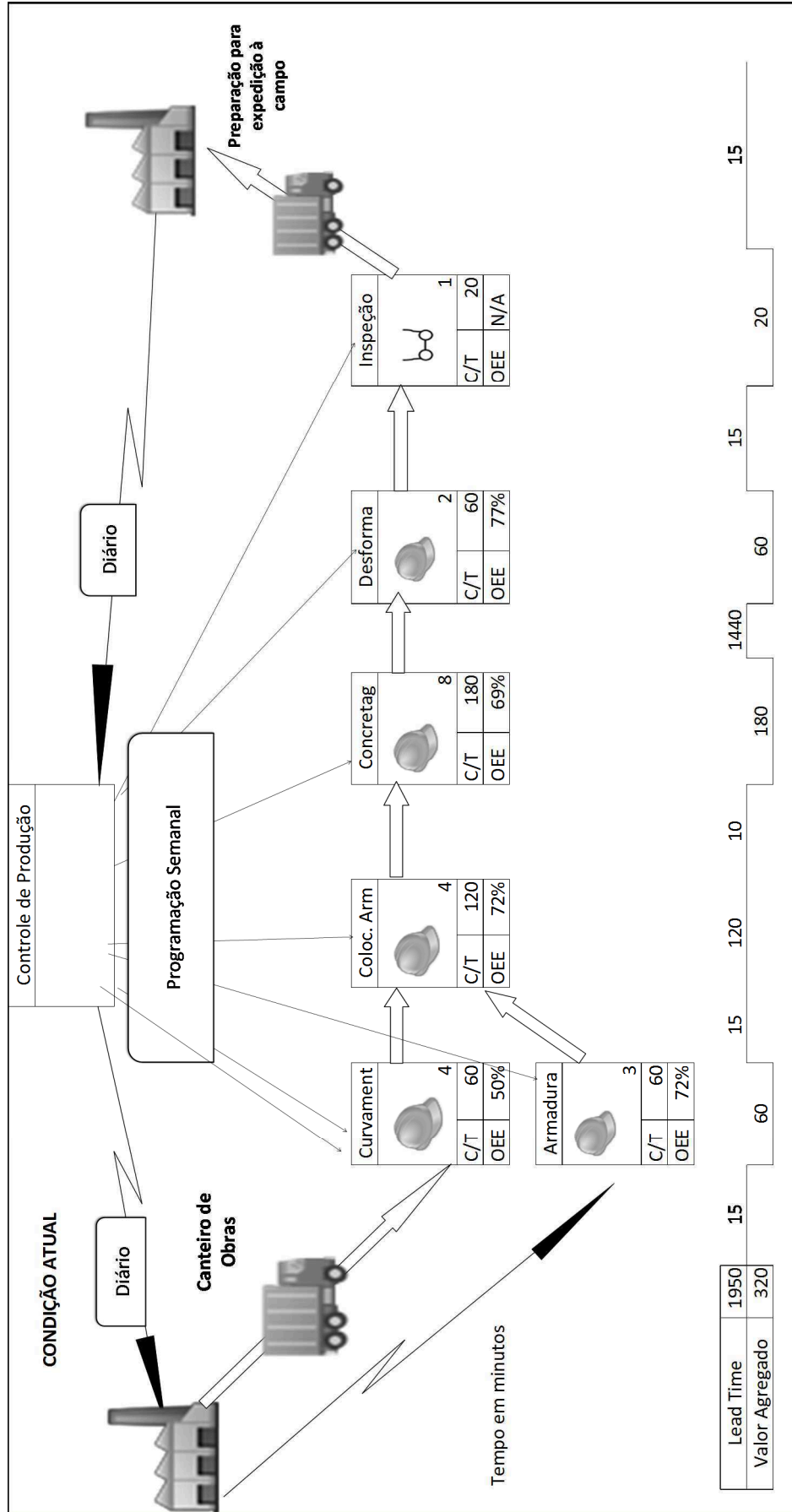


Apêndice III - Mapa atual do Fornecimento dos tubos

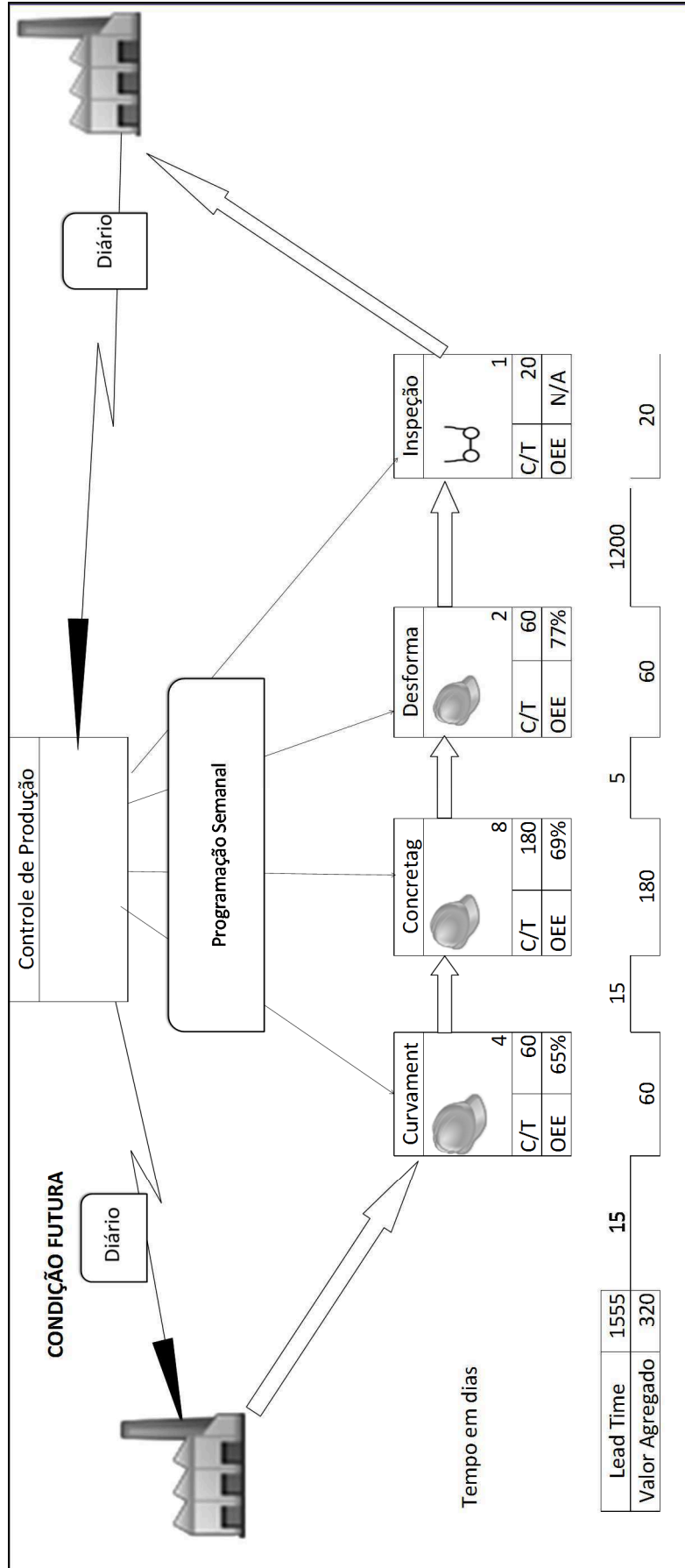




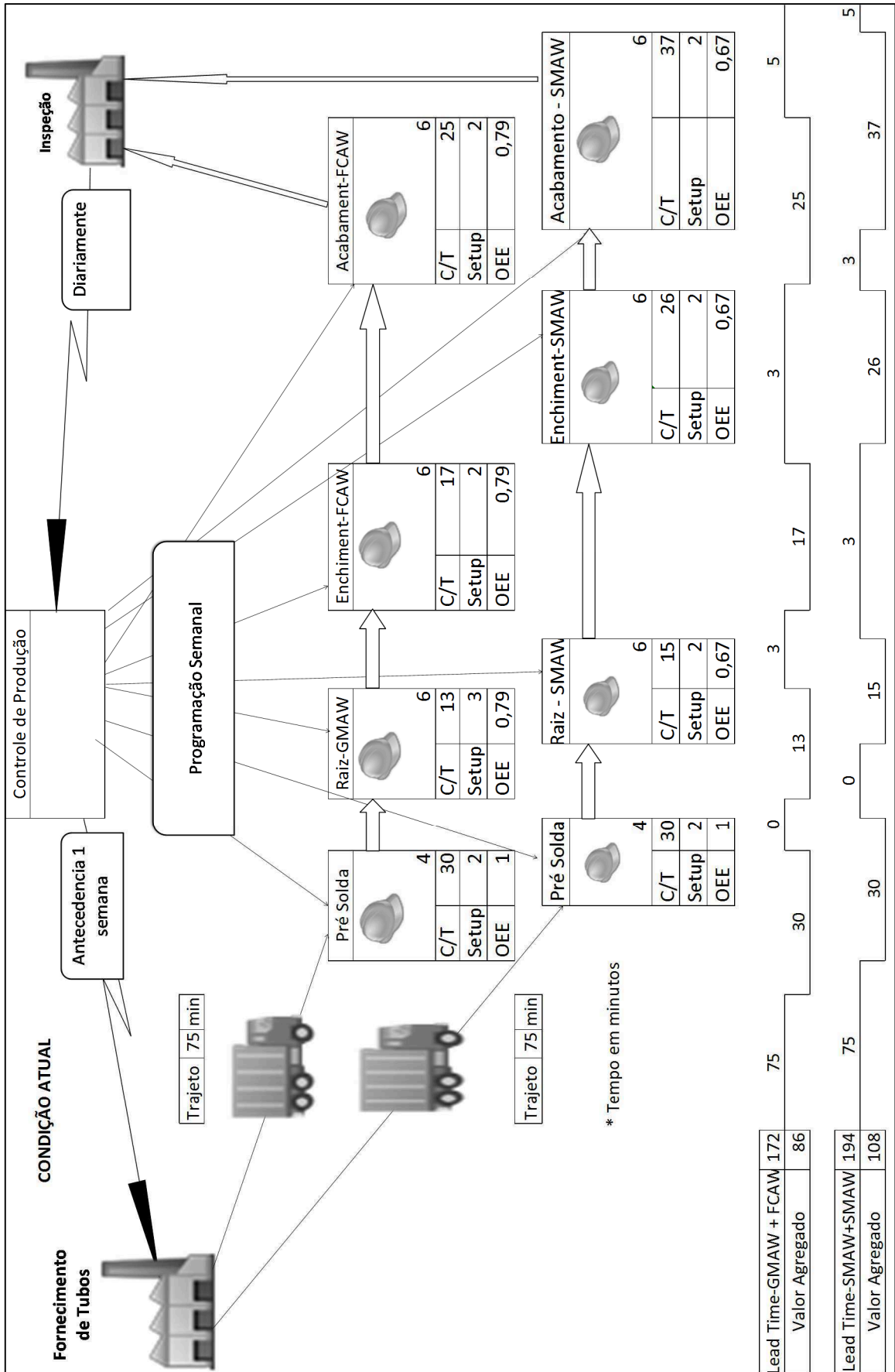
Apêndice V - Mapa atual da Preparação dos tubos



Apêndice VI - Mapa Futuro da Preparação dos tubos



Apêndice VII - Mapa atual da Montagem do duto



Apêndice VIII - Mapa Futuro da Montagem do Duto

