

## ENGENHARIA DE MÉTODOS E TEMPOS APLICADA NO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE ESTRUTURAS METÁLICAS

André Mendonça da Costa<sup>1</sup>

**Resumo:** O artigo apresentado evidencia a importância da utilização das técnicas de engenharia de métodos e tempos na produção de bens em uma indústria, buscando o aperfeiçoamento e melhorias em seu processo de fabricação. Para tanto, coordenou-se referências teóricas e aplicabilidades de tais técnicas na produção de estruturas metálicas em uma fábrica situada na cidade de Bento Gonçalves-RS. Estas estruturas são constituídas por perfis metálicos que, após montagem, desempenham as funções estruturais dentro da construção civil, como, por exemplo, as coberturas de grandes galpões. Seu processo de fabricação é composto pelas etapas de corte, dobra, furação, solda, acabamento, banho, secagem, pintura, embalagem, armazenagem e expedição. O trabalho teve como objetivo analisar as etapas de fabricação por meio de Fluxograma, Mapofluxograma e Diagrama de atividades múltiplas (homem-máquina), com o intuito de tornar o processo de produção mais eficaz e menos dispendioso. Os dados para a análise foram todos obtidos através de visitas à fábrica. Inicialmente, para caracterizar a situação atual, foram produzidos o fluxograma e o mapofluxograma de todo o processo produtivo. Além disso, através do diagrama homem-máquina, realizou-se um estudo individual da etapa de pintura e secagem na estufa. Posteriormente, foram realizadas as análises da situação atual e geradas as propostas de mudanças no *layout* do processo fabril e o aperfeiçoamento da etapa de pintura e secagem na estufa. Ao final, os resultados do estudo foram ao encontro do objetivo do trabalho, pois, caso as propostas sejam adotadas, será possível obter as melhorias desejadas. Dessa forma, pode-se concluir que as mudanças no *layout* proposto reduzirão em 96 metros, 9 minutos e 2 atividades no processo produtivo. Ademais, através do diagrama homem-máquina proposto, será possível obter ganhos de 45,34% nas atividades executadas pelos operadores e 44,01% no uso da máquina de pintura e secagem na estufa.

**Palavras-chave:** Engenharia de métodos e tempos. Processo de produção. Estruturas metálicas.

---

<sup>1</sup> Graduado em Engenheiro Civil (UFPA-2005). Pós-graduado nas especialidades de Estruturas de concreto e fundações (UNICID - São Paulo-2016) e Engenharia de Produção (UNINTER - Curitiba -2014). Professor do curso de graduação em engenharia civil da Faculdade de Tecnologia FTEC - Bento Gonçalves-RS. Email's: [andrecosta@acad.ftec.com.br](mailto:andrecosta@acad.ftec.com.br); [eng.mendonca1@gmail.com](mailto:eng.mendonca1@gmail.com)

# 1 INTRODUÇÃO

Em tempos de grande crise, como a vivida mundialmente na área da saúde (COVID-19), o impacto negativo na economia e na produtividade é sentido de forma latente pelas industriais. Este impacto conduz a uma adaptação emergencial para a sobrevivência destas organizações que, cada vez mais, encontram na melhoria da competitividade um “remédio” para solução de seus problemas.

A aplicação das técnicas de «métodos e tempos» possui grande relevância na competitividade das organizações, pois a forma como um produto ou serviço é feito, além do tempo gasto para a realização destes, podem permitir a racionalização de seus recursos, o controle de seus processos e determinar o sucesso de produção.

Este artigo tem como objetivo analisar o processo produtivo de uma indústria de estruturas metálicas, com o foco na racionalização de seus recursos e tornar o processo produtivo mais eficiente e menos dispendioso. Portanto, executou-se um estudo na empresa Grupo Tedesco, com sede na cidade de Bento Gonçalves-RS.

Esta empresa atua em duas frentes de mercado industrial, sendo “Estruturas Metálicas” que atende vários segmentos da construção civil e “Sistemas de Armazenagem” que inclui, entre outros, a produção de porta-pallets, porta-bobina; *drive in, push back, racks* e mezanino estruturado. Sendo assim, optou-se pelo estudo de caso do primeiro segmento industrial, aplicando as ferramentas de engenharia de métodos e tempos no processo produtivo de estruturas metálicas utilizadas, geralmente, para atender a indústria da construção civil.

As etapas do processo produtivo de estruturas metálicas são divididas em corte, dobra, furação, solda, acabamento, banho, secagem, pintura, embalagem, armazenagem e expedição. As ferramentas de engenharia de métodos e tempos utilizadas para analisar as etapas de fabricação foram o Fluxograma, Mapofluxograma e Diagrama de atividades múltiplas (homem-máquina). Com efeito, a etapa produtiva escolhida para a análise das atividades homem-máquina foi a de pintura e secagem na estufa.

## 2 BASE TEÓRICA

### 2.1 Engenharia de métodos

Maynard (1970), ao conferir metodologia a processos e ações que levam a um resultado, deu-lhes o nome de engenharia de métodos.

Segundo Souto (2004), a Engenharia de Métodos é o estudo ordenado do trabalho, com o propósito de estabelecer métodos práticos e eficientes e criar padrões operacionais. Ademais, foca na melhoria da qualidade produtiva,

através do aperfeiçoamento e racionalização do trabalho existente, visando à aplicação de novos processos com métodos que conduzam ao aumento da capacidade de produção.

O progresso e abordagem de um projeto de trabalho ou projeto de métodos, ao longo dos anos, ocorreram de diferentes formas. Ao analisar o desenvolvimento do trabalho, partindo da definição e divisão de trabalho (ADAM SMITH, 1776) até a prática ordenada da administração científica, pode-se destacar estudos sobre ergonomia e caracterização executiva da atividade do trabalhador. Neste contexto, observa-se que o trabalho individual e coletivo é visto como uma “ferramenta” para alcançar um novo fazer com maior eficiência (SOUTO, 2004).

## **2.2 Fluxogramas**

Segundo Krajewski e Lee (2010), um fluxograma é a representação gráfica contendo as informações, clientes, equipamentos ou materiais das diversas etapas de um processo.

O fluxograma é a representação gráfica e textual das atividades da empresa a ser analisada. Para identificar as tarefas operacionais, foram criados símbolos que representam cinco categorias: operação, transporte, inspeção, espera e armazenamento. Esses símbolos representam as atividades realizadas no processo produtivo, ou seja, traduz o curso das atividades dentro da produção específica de um determinado produto (DANTAS, 2007).

Em 1947, American Society Mechanical Engineers (ASME) introduziu, como padrão, os cinco símbolos conforme representado no Quadro 1.

Quadro 1 - Símbolos das operações

Símbolo	Operação	Definição da Operação
	Operação	Uma operação existe quando um objeto é modificado intencionalmente numa ou mais das suas características. A operação é a fase mais importante no processo e, geralmente, é realizada numa máquina ou estação de trabalho.
	Transporte	Um transporte ocorre quando um objeto é deslocado de um lugar para outro, exceto quando o movimento é parte integral de uma operação ou inspeção.
	Inspeção	Uma inspeção ocorre quando um objeto é examinado para identificação ou comparado com um padrão de quantidade ou qualidade.
	Espera	Uma espera ocorre quando a execução da próxima ação planejada não é efetuada.
	Armazenamento	Um armazenamento ocorre quando um objeto é mantido sob controle, e a sua retirada requer uma autorização.

Fonte: Barnes (1977).

Segundo Seleme (2009), entre as finalidades do fluxograma, pode-se destacar a análise comparativa e a análise das sequências e do desempenho das operações. Esta deve ser realizada questionando cada etapa executiva. Aquela é realizada com duas situações distintas, onde o resultado do estudo aponta para o melhor custo.

Slack et al. (2009) destacam que a principal finalidade do fluxograma é a identificação de áreas problemáticas que não possuem procedimento estabelecido para lidar com o caso em particular.

### 2.3 Mapofluxograma

O Mapofluxograma é produzido a partir da planta de onde são realizadas as etapas produtivas. Nele é possível obter uma visão geral de todo o ambiente e como ocorre o processo produtivo. Seu propósito é identificar melhorias no deslocamento e o arranjo físico, de forma a reduzir o tempo de produção. Segundo Barnes (1977), o mapofluxograma retrata a movimentação

física de um elemento, seguindo as etapas produtivas pré-estabelecidas pelo arranjo físico da fábrica.

## 2.4 Diagrama de atividades múltiplas (homem-máquina)

Segundo Moreira (2017), o diagrama homem-máquina é a reprodução gráfica que retrata as atividades executadas pelos operadores no uso das máquinas.

No diagrama analisam-se as atividades do homem e máquina de forma isolada, combinada ou a espera entre um e outro. Sendo assim, é possível o estudo e a obtenção do tempo de execução, ocupação dos equipamentos e dos operadores. Dessa forma, os gestores da fábrica podem, com o auxílio dessas informações, desenvolver métodos eficazes de trabalho e analisar possíveis melhorias nas operações, processos e atividades (SELEME, 2009).

O diagrama possui uma simbologia particular para traduzir o trabalho. Martins e Laugeni (2009) representam cada tipo de atividade conforme o Quadro 2.

Quadro 2 - Símbolos do diagrama homem-máquina

Situação	Símbolo/Cor	Definição da atividade - Resultado produzido
Trabalho independente		O operador estará trabalhando independentemente da máquina ou de outro operador.
Trabalho combinado		Quando o operador e máquina realizam operações, estas podem ser também chamadas de operações simultâneas.
Espera		Ocorre a espera tanto para o operador quanto para a máquina e ocorre quando um está esperando a execução da atividade pelo outro.

Fonte: Adaptado de Martins e Laugeni (2009).

## 3 METODOLOGIA

A metodologia de trabalho segue o preconizado por Gil (1991), sendo sua classificação de acordo com os objetivos e caminhos adotados pelo pesquisador. Sobre a execução do trabalho, adotou-se a pesquisa bibliográfica e técnicas de engenharia de métodos.

Mas, afinal, o que é método? A palavra de origem grega significa caminho para se chegar a um resultado (FERREIRA, 1975). Ao considerar a competitividade entre as empresas, é oportuno acrescentar a palavra melhor no conceito indicado, ficando então a definição final: caminho para se chegar a um melhor resultado.

O estudo de caso desenvolveu-se na empresa Grupo Tedesco, através de levantamentos de dados realizados em duas visitas em sua fábrica, no setor de produção e beneficiamento, tendo como objeto de estudo o processo produtivo de estruturas metálicas. Para se chegar ao melhor resultado, foram efetuadas medições das distâncias entre as etapas produtivas, a cronometragem dos tempos de execução do processo, além da análise dos movimentos dos colaboradores em seu posto de trabalho. Para tanto, utilizou-se as ferramentas métricas de fluxograma, mapofluxograma e o diagrama de atividades múltiplas ou homem-máquina.

### **3.1 Sobre a Empresa Tedesco**

Sediada na cidade de Bento Gonçalves-RS, a Tedesco Engenharia e Logística deu início às suas atividades em 1999, no comércio de Estruturas Metálicas e Sistemas de Armazenagem. Em três anos de existência, procurando aumentar sua atuação no mercado, passou a produzir *Racks* e Contêineres. Com o passar dos anos a demanda pelos seus produtos aumentou de forma significativa, ao passo que, no ano de 2008, realizaram investimentos na aquisição de novos equipamentos, resultando na ampliação da gama de produtos destinados à logística e sistemas de armazenagem.

Em 2013, nasceu o Grupo Tedesco, atuando no mercado de Estruturas Metálicas e Sistemas de Armazenagem. Suas atividades estão localizadas em um novo parque fabril de 12.000 metros quadrados, com linha de produção totalmente modernizada e automatizada.

Atualmente a capacidade de fabricação da empresa é aproximadamente 800 Toneladas por mês. Entre outros, os produtos fabricados são: estruturas metálicas para atender as necessidades da construção civil, porta-pallets, mezanino, piso elevado, *cantilever*, *racks*, divisória industrial e autoportante. Conta com mais de 130 colaboradores nas diversas áreas de conhecimento, aliando a experiência e a inovação na criação de produtos aptos a satisfazer seus clientes.

### **3.2 aplicações da engenharia de métodos**

Conforme descrição, a empresa atua em dois mercados distintos, sendo Estruturas Metálicas para construção civil e o Sistema de Armazenagem. Optou-se pelo estudo de caso no primeiro segmento industrial, aplicando as ferramentas de engenharia de métodos e tempos no processo produtivo de estruturas metálicas para construção civil.

#### **3.2.1 Descrição das etapas produtivas**

Todo o processo produtivo tem como ponto de partida a liberação, pelo setor de engenharia, do projeto de fabricação. Este possui todas as informações

técnicas necessárias para o processo fabril. Nele, as etapas são divididas em corte, dobra, furação, solda, acabamento, banho, secagem, pintura, embalagem, armazenagem e expedição. Na sequência, após pré-agendamento com o cliente, são expedidos e transportados por via rodoviária até o seu destino final, onde o produto será montado.

O processo inicia no setor de recebimento do material, onde as chapas metálicas estão organizadas por espessuras que variam de 0,50 mm até 6,35 mm e são entregues ao responsável pelo setor de corte. A partir daí começa a ser processada essa matéria prima conforme as definições de projeto.

### 3.2.1.1 Corte

As chapas são transportadas por ponte rolante e acondicionadas sobre a mesa da máquina de corte. Esta máquina possui a capacidade de corte de até 4 metros de comprimento. Ao final, as peças são retiradas por empilhadeiras. A máquina de corte e o local de execução do serviço são apresentados na Figura 1.

Figura 1 - Máquina de corte



Fonte: Acervo do autor (2020).

### 3.2.1.2 Dobra

Seguindo as informações de projeto, nesta etapa são realizadas as dobras dos perfis para diversas finalidades. O processo é realizado a partir do transporte dos perfis, por de empilhadeiras, para a máquina de dobra. Esta possui a capacidade de dobra de até 4 metros de comprimento. A Figura 2 representa a máquina de dobra e local de execução do serviço.

Figura 2 - Máquina de dobrar perfis



Fonte: Acervo do autor (2020).

### 3.2.1.3 Furação

Esta etapa representa a execução dos furos nos perfis. Após corte e seleção, o processo é iniciado com o transporte por empilhadeiras até a máquina de furos. Os furos são executados através de prensa hidráulica, conforme gabarito (matrizes de furação) determinado em projeto. As matrizes de furação (a) bem como a prensa hidráulica (b) estão indicadas na Figura 3.

Figura 3 - Furação a) matrizes de furação b) prensa hidráulica



Fonte: Acervo do autor (2020)

### 3.2.1.4 Solda e acabamento

Representa a etapa onde é conduzida a união dos perfis. É realizada pelos próprios colaboradores (montadores e soldadores) da empresa, adotando o processo de soldagem MIG/MAG<sup>2</sup>. Este segue as recomendações previstas nas normas técnicas NBR 13043 - Números e nomes de processos e a NBR-0133M - Soldagem. Na sequência, é realizada a etapa de acabamento pelos mesmos profissionais. Tal atividade é caracterizada pela retirada de rebarbas de soldas e cantos “vivos”, dando a estrutura metálica um aspecto mais uniforme. Os serviços de solda e acabamento são indicados na Figura 4.

Figura 4 - Execução de soldagem e acabamento



Fonte: Acervo do autor (2020)

### 3.2.1.5 Banho e secagem

O setor de banho e secagem é caracterizado por tanques de concreto paralelos entre si. Estes tanques são preenchidos com água, com e sem produto químico, à temperatura adequada para a remoção de poeiras, graxas e outros resíduos sólidos. Ademais, é utilizada, sobre os tanques, uma ponte rolante para o deslocamento da estrutura metálica.

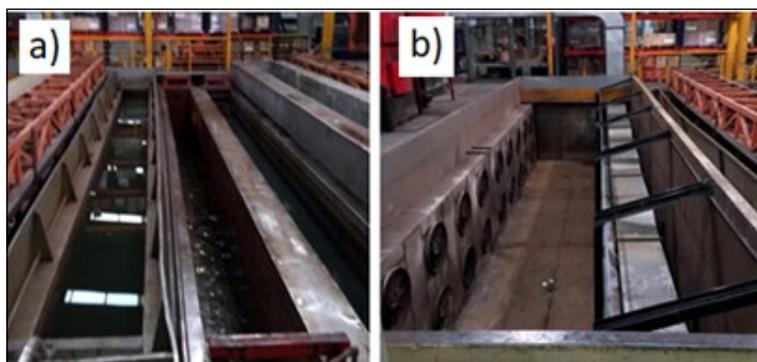
---

2 A solda MIG/MAG é um processo de soldagem por arco elétrico, envolvendo um metal de base e um consumível em forma de arame denominado eletrodo não revestido, fornecido por uma alimentação contínua, realizando uma união de materiais metálicos pelo aquecimento e fusão, sob uma atmosfera de proteção gasosa.

A execução do banho ocorre após a etapa de solda e acabamento, onde o material é transportado, por empilhadeiras, para o setor correspondente. O processo está dividido em seis tanques. Inicialmente, a estrutura metálica é mergulhada em água à 80° C. Na sequência, ocorrem outros banhos para aumentar a eficácia na retirada de material inerte. A penúltima etapa é caracterizada pela fosfatização da estrutura, onde há presença de fosfato na água para aumentar a proteção superficial e, quando ocorrer à pintura, melhorar a aderência da tinta. Finalizando o processo de banho, ocorre o enxague da estrutura em temperatura à 60° C.

A secagem da estrutura metálica é realizada ao lado dos tanques de banho. Esta etapa não requer nenhum procedimento tecnológico além do posicionamento do material em tanque vazio para que seja possível a realização da secagem por gravidade e evaporação com a ajuda de calor aplicado por ventiladores instalados internamente ao tanque. A Figura 5 está mostrando os tanques de (a) banho da estrutura e (b) secagem da estrutura.

Figura 5 - Tanques a) banho e b) secagem da estrutura



Fonte: Acervo do autor (2020).

### 3.2.1.6 Pintura e estufa

O processo é realizado seguindo uma linha de pintura a pó automatizada, com capacidade de 40 a 50 toneladas por dia. A quantidade de cores das tintas é bem ampla, conseguindo atender às recomendações de projeto e desejo dos clientes. Todo o procedimento para a preparação de superfícies de aço e aplicação da pintura ou revestimentos anticorrosivos seguem o recomendado pela norma NBR 7348 - Pintura industrial.

A linha de pintura pode ser dividida em três etapas. A primeira é caracterizada pela fixação do material que será pintado. Esta fixação é feita em suportes atrelados ao sistema de deslocamento que promoverá todo o transporte da estrutura metálica entre a segunda e a terceira etapa sendo,

respectivamente, as câmaras fechadas de pintura e secagem na estufa. Entre as duas câmaras, é realizada a pintura manual através de pistolas para garantir o acabamento final.

O processo de pintura é bem dinâmico. O sistema de deslocamento não é paralisado para que sejam efetivadas as três etapas. Logo, o colaborador possui, constantemente, em sua frente, suportes livres para a fixação das estruturas que serão pintadas.

Devido às atividades executadas pelos operadores, esta etapa de produção das estruturas metálicas foi escolhida para um estudo mais aprofundado e apresentado adiante na aplicação do diagrama homem-máquina. O processo de fixação do material que será pintado é representado na figura 6.

Figura 6 - Fixação do material para pintura



Fonte: Acervo do autor (2020).

### 3.2.1.7 Embalagem

Após a passagem pela estufa, toda a estrutura é movimentada por empilhadeira e disposta em local adequado (bancada ou piso da fábrica) para a realização da embalagem. Este acondicionamento é realizado manualmente, de forma a organizar e envolver as partes da estrutura metálica por papelões e abraçadeiras plásticas. Na sequência, é realizado o deslocamento para um setor de depósito e armazenagem.

### **3.2.1.8 Armazenagem**

Esta etapa inicia-se com o deslocamento da estrutura metálica após sua embalagem. Todo transporte da armazenagem é realizado por empilhadeiras para uma área específica e próxima ao portão de saída da fábrica. Nesta área, a estrutura permanece por um período a depender do agendamento de sua entrega.

### **3.2.1.9 Expedição**

O processo de expedição é todo realizado por agendamento prévio, respeitando o controle de entrega do produto ao cliente final. De forma geral, ao chegar à data de expedição, a estrutura metálica é novamente transportada por empilhadeira e acondicionada em caminhões. O transporte é todo via terrestre para sua entrega e montagem.

### **3.2.2 Aplicação do fluxograma na produção da estrutura metálica**

Iniciou-se a análise do processo de fabricação das estruturas metálicas com a aplicação do fluxograma. Este é a representação gráfica da sequência normal do trabalho de produção. Cada etapa produtiva, além de indicar a distância e o tempo necessário para a execução, é caracterizada por uma simbologia correspondente. O fluxograma em questão é mostrado na Tabela 1.

Tabela 1 - Fluxograma da produção das estruturas metálicas - atual

Número	Distância (m)	Tempo (min)	Símbolos	Processo
1	-	3,0		pegar as chapas metálicas no setor de recebimento do material.
2	4	1,0		Transporte para a máquina de corte. (ponte rolante).
3	-	15,0		Corte das chapas metálicas na guilhotina.
4	-	5,0		Seleção dos perfis metálicos que serão furados.
5	18,0	4,0		Transporte dos perfis metálicos selecionados para a furação. (empilhadeira).
6	32,0	2,0		Transporte dos perfis metálicos para a máquina de dobra. (empilhadeira).
7	-	15,0		Furação dos perfis metálicos na prensa hidráulica.
8	-	15,0		Dobra dos perfis metálicos.
9	30,0	3,0		Transporte dos perfis metálicos furados para solda. (empilhadeira).
10	32,0	2,0		Transporte dos perfis dobrados para solda. (empilhadeira).
11	-	100,0		Solda e acabamento dos perfis metálicos.
12	67,0	2,0		Transporte para o banho e secagem. (empilhadeira).
13	-	25,0		Banho da estrutura metálica.
14	-	25,0		Secagem da estrutura metálica.
15	55,0	2,0		Transporte para a pintura e estufa. (empilhadeira).
16	-	75,0		Pintura e secagem na estufa.
17	6,0	1,0		Transporte da estrutura metálica para embalagem. (empilhadeira).
18	-	7,0		Embalagem da estrutura metálica
19	34,0	1,0		Transporte para a armazenagem. (empilhadeira).
20	-	1,0		Armazenagem da estrutura metálica.
21	-	-		Aguarda o dia planejado para expedição.
22	5,0	1,0		Transportada para o caminhão e expedição. (empilhadeira).

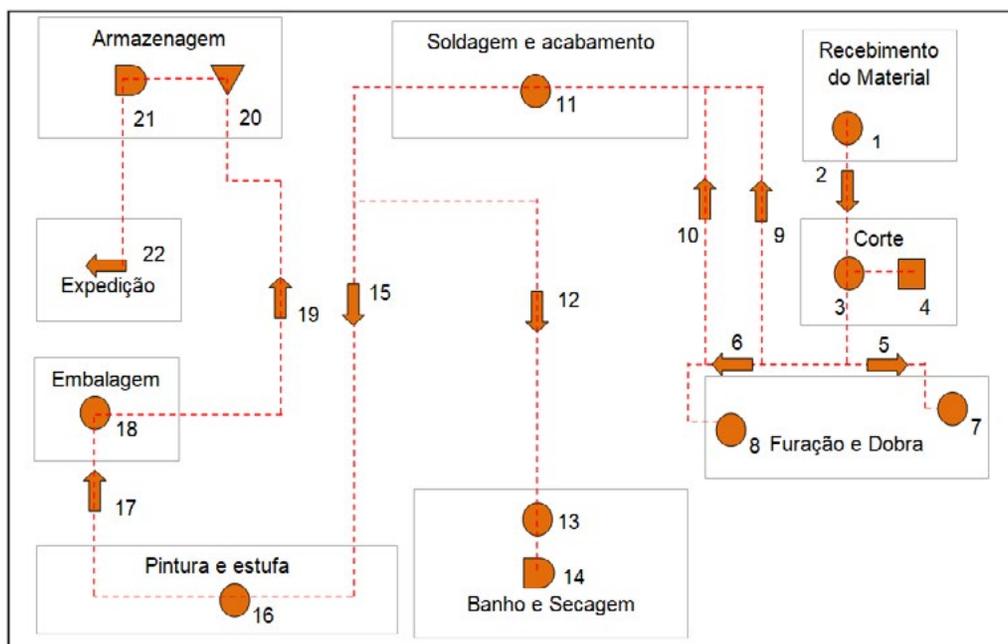
Operação	Transporte	Inspeção	Espera	Armazenamento

Fonte: autor (2020).

### 3.2.3 Aplicação do Mapofluxograma na produção da estrutura metálica.

O Mapofluxograma é a representação do arranjo físico onde são produzidas as estruturas metálicas. O *layout* do ambiente é constituído por equipamentos e materiais, sendo cada etapa produtiva caracterizada por numeração, nomenclatura e simbologia correspondente. O espaço físico para a produção é dividido em setor de recebimento do material, corte, furação e dobra, soldagem e acabamento, banho e secagem, pintura e estufa, embalagem, armazenagem e expedição. Conforme *layout* apresentado na Figura 7.

Figura 7 - Mapofluxograma da produção das estruturas metálicas - atual



Fonte: autor (2020).

### 3.2.4 Aplicação do Diagrama homem-máquina.

A etapa produtiva escolhida para a análise das atividades homem-máquina foi a de pintura e secagem na estufa. Nela, ocorrem interações humanas, principalmente, no início onde são realizadas as fixações da estrutura nos suportes, entre as câmaras fechadas de pintura e estufa onde é realizada a pintura manual de acabamento com pistolas e, por fim, na retirada da estrutura para que ocorra a embalagem do material.

No posto de trabalho, vale apenas destacar a rotina da empresa e seus produtos, pois, além da estrutura metálica, os sistemas de armazenagem também passam pela etapa de pintura e secagem na estufa durante o dia. Logo,

este processo é sempre demandado e etapas como equipamentos parados ou em espera são raros de acontecer. Porém, para melhor compreensão deste estudo, considerou-se apenas o processo de pintura e secagem da estrutura metálica, ou seja, sem interferências de outros produtos nesta linha de produção. Na Tabela 2, será apresentado o diagrama homem-máquina e na Tabela 3, um resumo dos resultados obtidos.

Tabela 2 - Diagrama homem-máquina - atual

Homem		Máquina	
Operadores	Tempo (min)	Pintura/estufa	Tempo (min)
Receber a estrutura metálica.	5,0	Espera	5,0
Organizar as estruturas metálicas sobre balcão.	1,0	Espera	1,0
Fixar nos suportes do sistema de deslocamento.	1,0	Espera	1,0
Espera	4,5	Deslocamento da estrutura para a câmara de pintura.	4,5
Espera	1,0	Pintura a pó automatizada.	1,0
Espera	4,5	Deslocamento da estrutura para a pintura manual/pistolas.	4,5
Executa a Pintura manual de acabamento.	1,0	Executa a pintura através da pistolas	1,0
Espera	4,5	Deslocamento da estrutura para a secagem na estufa.	4,5
Espera	15,0	Secagem - passagem da estrutura dentro da estufa.	15,0
Espera	4,5	Deslocamento da estrutura metálica para a embalagem.	4,5
Remoção da estrutura metálica dos suportes.	1,0	Espera	1,0
Organizar, sobre balcão, as estruturas que serão embaladas.	32,0	Espera	32,0

Fonte: autor (2020).

Tabela 3 - Resumo do diagrama homem-máquina - atual

<b>Etapas</b>	<b>Operadores</b>	<b>Máquina de pintura e estufa</b>
Tempo de espera	34,0	40,0
Tempo de trabalho	41,0	35,0
Tempo total do ciclo	75,0	75,0
<b>Realização em %</b>	<b>54,66%</b>	<b>46,66%</b>

Fonte: Coletado no diagrama homem-máquina - atual (2020)

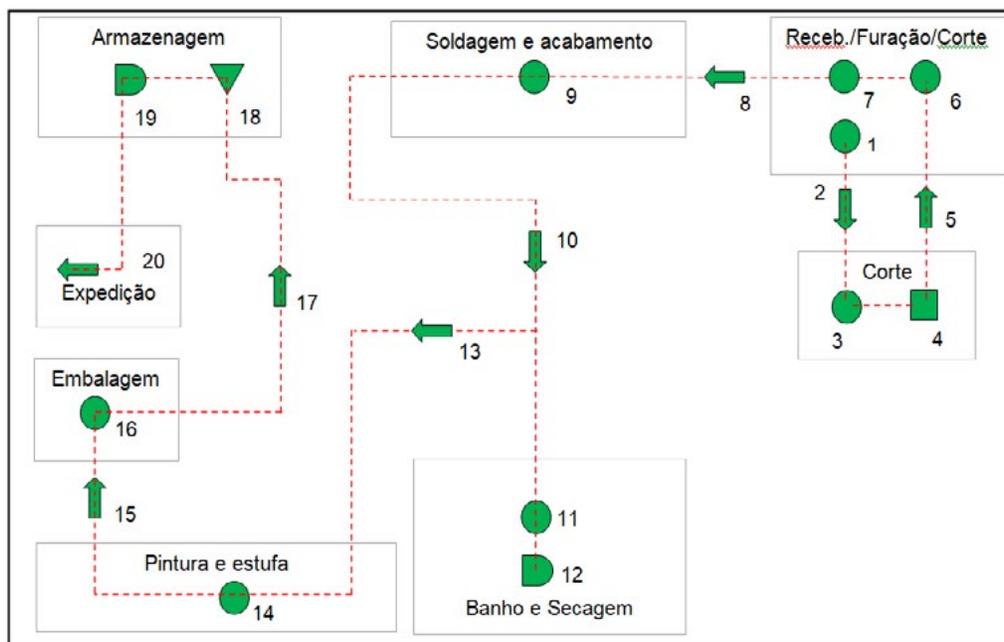
## **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A partir dos resultados obtidos através dos estudos realizados com as aplicações do fluxograma, mapofluxograma e diagrama homem-máquina, foram propostas algumas melhorias, conforme indicado abaixo.

### **4.1 Melhorias no layout do processo fabril**

As modificações sugeridas no mapofluxograma proposto evidenciam mudanças na localização das etapas de furação e dobra do material. Tais mudanças acarretarão mais agilidade na produção das estruturas metálicas, pois ocorrerão dois eventos significativos no processo. O primeiro será a aproximação entre as etapas de corte, furação, dobra, solda e acabamento. O segundo está relacionado ao transporte do material entre as etapas do primeiro evento, sendo totalmente substituído o uso das empilhadeiras pela ponte rolante que possui maior capacidade de carga. O mapofluxograma em questão está indicado na Figura 8

Figura 8 - Mapofluxograma - proposto



Fonte: autor (2020).

Outro fator positivo será a redução de 13,0 metros da distância percorrida ao transportar, por empilhadeira, a estrutura metálica entre as etapas de banho/secagem e pintura/estufa. Situação esta pode ser observada no item 13 do fluxograma proposto.

Por fim, as sugestões de melhorias resultarão em redução para 20 o número de etapas no processo produtivo das estruturas metálicas. Conforme indicado no fluxograma proposto apresentado na Tabela 4.

Tabela 4 - Fluxograma - proposto

Número	Distância (m)	Tempo (min)	Símbolos	Processo
1	-	3,0		Feçar as <u>chapas</u> metálicas no setor de recebimento do material.
2	4,0	1,0		Transporte para a máquina de corte. ( <u>ponte rolante</u> ).
3	-	15,0		Corte das <u>chapas</u> metálicas na guilhotina.
4	-	5,0		Seleção dos <u>perfis</u> metálicos que serão furados.
5	8,0	1,0		Transporte dos <u>perfis</u> metálicos para as máquinas de furação e dobra. ( <u>ponte rolante</u> ).
6	-	15,0		Furação dos <u>perfis</u> metálicos na prensa hidráulica.
7	-	15,0		Dobra dos <u>perfis</u> metálicos.
8	30,0	2,0		Transporte dos <u>perfis</u> metálicos furados e dobrados para solda/acabamento. ( <u>ponte rolante</u> ).
9	-	100,0		Solda e acabamento das <u>estruturas</u> metálicas.
10	07,0	2,0		Transporte da <u>estrutura</u> metálica para o banho e secagem. ( <u>empilhadeira</u> ).
11	-	25,0		Banho da <u>estrutura</u> metálica.
12	-	25,0		Aguarda-se a secagem da <u>estrutura</u> metálica.
13	42,0	1,0		Transporte para a pintura e estufa. ( <u>empilhadeira</u> ).
14	-	75,0		Pintura e secagem na estufa.
15	0,0	1,0		Transporte da <u>estrutura</u> metálica para embalagem. ( <u>empilhadeira</u> ).
16	-	7,0		Embalagem da <u>estrutura</u> metálica.
17	34,0	1,0		Transporte para a armazenagem. ( <u>empilhadeira</u> ).
18	-	1,0		Armazenagem da <u>estrutura</u> metálica.
19	-	-		Aguarda o dia planejado para expedição.
20	5,0	1,0		Transporte para o caminhão e expedição.

Fonte: autor (2020).

#### 4.2 Melhorias no Diagrama homem-máquina.

Após a análise das atividades de pintura e secagem na estufa, alguns aspectos importantes ficaram evidenciados na ação mútua homem-máquina.

Dessa forma, como antes dito, o processo é dinâmico, ou seja, movimento constante, logo os aspectos são bem sutis, porém puderam ser identificados na aplicação do estudo em questão.

Por exemplo, foi possível perceber que a rotação completa (ida/volta) da máquina é de 70,0 minutos. Logo, o tempo entre o início e o fim do processo de pintura e secagem é de 35 minutos, pois o sistema de deslocamento retorna vazio. De acordo com este tempo, e outras atividades necessárias para completar o ciclo, foi possível identificar e mensurar as atividades estudadas.

Com relação às melhorias, o estudo conduziu a eliminação do status “espera” do homem dentro do processo executado. Dessa forma, o operador estará sempre preenchendo os intervalos provocados pela atividade executiva da máquina. Esta situação pode ser obtida através da retroalimentação com outros materiais, pois o sistema de deslocamento para a pintura e secagem na estufa sempre está disponibilizando suportes livres.

Em suma, todas as melhorias sugeridas com as mudanças de *layout* do processo fabril e nas atividades de pintura e secagem resultariam em um ganho expressivo no tempo útil do processo de fabricação das estruturas metálicas. Tal situação pode ser observada no diagrama homem-máquina proposto na Tabela 5 e Tabelas 6 a 8 com comparativos.

Tabela 5 - Diagrama homem-máquina - proposto

Homem		Máquina	
Operadores	Tempo (min)	Pintura/estufa	Tempo (min)
Receber a estrutura metálica.	5,0	Espera	5,0
Organizar as estruturas metálicas sobre balcão.	1,0	Espera	1,0
Fixação nos suportes do sistema de deslocamento.	1,0	Espera	1,0
Retroalimentação com outros materiais.	4,5	Deslocamento da estrutura para a câmara de pintura.	4,5
Retroalimentação com outros materiais.	1,0	Pintura a pó automatizada.	1,0
Retroalimentação com outros materiais.	4,5	Deslocamento da estrutura para a pintura manual.	4,5
Executa a Pintura manual de acabamento.	1,0	Executa a pintura através da pistola	1,0
Retroalimentação com outros materiais.	4,5	Deslocamento da estrutura para a secagem na estufa.	4,5
Retroalimentação com outros materiais.	15,0	Secagem - passagem da estrutura dentro da estufa.	15,0

Homem			Máquina		
Retroalimentação com outros materiais.	4,5		Deslocamento da estrutura metálica para a embalagem.	4,5	
Remoção da estrutura metálica dos suportes.	1,0		Retroalimentação com outros materiais.	1,0	
Organizar, sobre balcão, as estruturas que serão embaladas.	32,0		Retroalimentação com outros materiais.	32,0	

Fonte: autor (2020).

Tabela 6 - Resumo do diagrama homem-máquina - proposto

Etapas	Operadores	Máquina de pintura e estufa
Tempo de espera	0,0	7,0
Tempo de trabalho	75,0	68,0
Tempo total do ciclo	75,0	75,0
<b>Realização em %</b>	<b>100,0%</b>	<b>90,67%</b>

Fonte: coletados no diagrama homem-máquina proposto (2020).

Tabela 7 - Comparativo entre diagramas homem-máquina

Etapas	Operadores	Máquina de pintura e estufa
Utilização - Atual	54,66 %	46,66 %
Utilização - proposto	100,0 %	90,67 %
<b>Ganho</b>	<b>45,34 %</b>	<b>44,01 %</b>

Fonte: Coletados nos diagramas homem-máquina - atual e proposto (2020).

Tabela 8 - Comparativo entre fluxogramas

Fluxogramas	Distância (m)	Tempo (min)	Atividades (unid)
Atual	292,0	365,0	22,0
Proposto	196,0	356,0	20,0
<b>Redução</b>	<b>96,0</b>	<b>9,0</b>	<b>2,0</b>

Fonte: Coletados nos fluxogramas - atual e proposto (2020).

## 5 CONCLUSÃO

Tendo em vista o trabalho apresentado, foi realizado um estudo com aplicação das técnicas de engenharia de métodos e tempos no processo de produção de estruturas metálicas, com o objetivo de proporcionar melhorias em suas etapas constituintes, utilizando as ferramentas de fluxograma, mapofluxograma e diagrama homem-máquina.

Inicialmente, com as visitas na empresa, foi possível produzir um *layout* e, através deste, a confecção do fluxograma. Neles, foram identificadas a sequência das etapas e respectivas distâncias e tempos necessários para a completa produção da estrutura metálica. Em seguida, as etapas foram analisadas e sugeridas alterações necessárias para otimização do processo produtivo.

As sugestões de melhorias destacaram as mudanças nas etapas de furação, dobra e pintura/estufa como sendo a solução do estudo apresentado. Contudo, existem outros caminhos para o aperfeiçoamento e racionalização do trabalho existente. Porém, estes caminhos conduzem a alterações na infraestrutura e instalações da empresa.

Considerando que a empresa produz não apenas as estruturas metálicas no mesmo *layout* apresentado no estudo, naturalmente, as melhorias sugeridas podem afetar positiva ou negativamente na linha de produção de outros produtos. Logo, uma sugestão para a continuidade do trabalho apresentado neste artigo é agregar a gestão “*Lean Manufacturing*” para a melhoria contínua de todos os processos produtivos.

A partir do exposto, pode-se concluir que o estudo de métodos apresentado neste artigo teve seu objetivo alcançado, pois, caso seja aplicado, resultará em redução de tempo, otimização no processo produtivo e, conseqüentemente, a redução de capital aplicado na produção das estruturas metálicas.

## REFERÊNCIAS

BARNES, R. M. **Estudo de Movimentos e de Tempos: Projeto e Medida do Trabalho**. 8ª edição. São Paulo. Edgard Blucher, 1977.

DANTAS, Alexandre Carvalho (2007). **Organização, Sistemas e Métodos. Notas de aula**. Faculdades Integradas Einstein de Limeira. Limeira/SP.

FERREIRA, A.B. de H. **Novo dicionário da língua portuguesa**. Rio de Janeiro: Nova fronteira, 1975.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 1991.

JUNIOR, A. H. da R. **Estudo de tempos e movimentos como ferramenta para a melhoria da produtividade nas obras**. Rio de Janeiro, 2014. Monografia (graduação em engenharia civil). Escola politécnica. Departamento de construção civil. Universidade federal do Rio de Janeiro.

KRAJEWSKI, L. J. **Administração de produção e operações**. 8<sup>a</sup> Ed. São Paulo: Person, 2010.

MOREIRA, Daniel A. **Administração da Produção e Operações**. 2<sup>a</sup> edição. São Paulo: Cengage Learning, 2017.

MARTINS, Petrônio G; LAUGENI, Fernando P. **Administração da Produção**. São Paulo: Saraiva, 2009.

MAYNARD, H.B. **Manual de Engenharia de Produção – Seção 5: Padrões de tempos elementares pré-determinados**. São Paulo: Edgard Blücher, 1970.

SOUTO, M. S. M. L. **Engenharia de Métodos**. Curso de especialização em Engenharia de Produção. PPGE/UFPA, 2004.

SELEME, Robson. **Métodos e tempos: Racionalizando a produção de bens e serviços**. Curitiba: Ibpex, 2009.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da produção**. 3<sup>a</sup> ed. São Paulo: Atlas, 2009.