



ENTAC 2024



XX ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO
Maceió, Brasil, 9 a 11 de outubro de 2024

Implementação da Construção Enxuta em uma empresa de corte, dobra e armação de aço

Lean Construction implementation in a steel frame, bending and cutting company

Vítor Valérius

Unochapecó | Chapecó | Brasil | vitor.valerius@unochapeco.edu.br

Fagner Junior Fernandes

Unochapecó | Chapecó | Brasil | fagner.fernandes@unochapeco.edu.br

Gabriela Schneider de Sousa Bottega

Unochapecó | Chapecó | Brasil | gabi.sousa@unochapeco.edu.br

Francieli Dalcanton

Unochapecó | Chapecó | Brasil | fdalcanton@unochapeco.edu.br

Marcelo Fabiano Costella

Unochapecó | Chapecó | Brasil | costella@unochapeco.edu.br

Resumo

A Construção Enxuta apresenta uma abordagem eficaz para eliminar desperdícios, reduzir custos e melhorar a qualidade do produto, visando agregar valor para o cliente. Assim, o objetivo foi de aprimorar o gerenciamento e a realização das atividades que agregam valor em uma empresa de corte e dobra de aço aplicando os princípios da Construção Enxuta (CE) com o auxílio do New PAD. Para isso, foram seguidas as nove etapas do New PAD no processo altamente mecanizado de corte e dobra de aço, sendo elas: reunião de partida; plano de identificação dos subprocessos; coleta de dados pré-melhorias; diagnóstico do processo; identificação de oportunidades; plano de melhorias; implantação de melhorias; coleta de dados pós-melhorias e; verificação de resultados. A aplicação da CE e do método New PAD se mostrou eficiente para melhorar a produção, com redução do tempo de paradas de máquinas em 26% durante as atividades de fluxo de abastecimento de matéria prima, de troca de bitola e de limpeza de máquina cheia, gerando contribuições para a empresa, tanto no mapeamento dos processos produtivos, como também no aumento da produtividade. Como contribuição para o ambiente construído demonstrou a aplicabilidade do New PAD em diversos ambientes produtivos da indústria da construção.

Palavras-chave: Lean Construction. Construção Enxuta. New PAD.

Abstract

Lean Construction presents an effective approach to eliminate waste, reduce costs and improve product quality, aiming to add value to the customer. Thus, the goal was to enhance the management and execution of value-adding activities in a steel cutting and bending company by applying Lean Construction (LC) principles and the New PAD. To this end, the nine steps of the New PAD were followed in the highly mechanized process of steel cutting and bending,



Como citar:

VALÉRIUS, V.; FERNANDES, F. J.; BOTTEGA, G. S. S.; COSTELLA, M. F. Implementação de Construção Enxuta em uma empresa de corte, dobra e armação de aço. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 20., 2024, Maceió. **Anais...** Maceió: ANTAC, 2024.

which are: start-up meeting; subprocess identification plan; pre-improvement data collection; process diagnosis; opportunity identification; improvement plan; implementation of improvements; collection of post-improvement data and; verification of results. The application of the LC and the New PAD method proved to be efficient in improving production, with a 26% reduction in downtime during the activities of raw material supply flow, gauge change, and complete machine cleaning, contributions to the company, both in the mapping of production processes, as well as in the increase of productivity. As a contribution to the built environment demonstrated the applicability of the New PAD in various production environments of the construction industry.

Keywords: Lean Construction. New PAD.

INTRODUÇÃO

A construção civil é um dos setores mais importantes da economia do Brasil e está envolvida não apenas na geração direta de emprego e renda, mas também no consumo de bens e serviços de outros setores da economia brasileira [1]. Porém, a indústria da construção civil possui um dos piores desempenhos, especialmente em termos de produtividade e segurança [2]. No Brasil, entre os anos de 2012 e 2017, foi constatado uma redução média da produtividade de 0,4% ao ano [3].

Como resposta à baixa produtividade e à escassez de mão de obra qualificada, a industrialização da construção civil tem avançado nos últimos anos no Brasil [4] e se tornou uma necessidade para empresas que buscam se manter competitivas neste mercado, garantindo índices satisfatórios em questões como qualidade, custo, tempo de execução e desempenho sustentável das construções [5].

O processo de corte, dobra e armação do aço para as estruturas em concreto armado é um exemplo dos avanços no setor. A industrialização desse processo, apesar de inicialmente ter um custo superior na compra das peças cortadas, dobradas e armadas, traz muitas vantagens no canteiro de obras como ganho de produtividade com a eliminação de processos na obra, aumento de segurança, otimização dos espaços e eliminação do desperdício de aço no processo de corte [6].

A Construção Enxuta (CE) ou Construção Enxuta é uma filosofia de produção que teve origem a partir da Produção Enxuta. A CE quando aplicada traz impactos positivos à construção civil com oportunidades de melhorias no que tange à redução de custo e tempo, tendo como premissa fornecer o máximo de valor à construção [2][7]. Esta nova filosofia se concentra em processos de conversões e fluxos, que estão presentes em todos os sistemas de produção. Somente as atividades de conversão adicionam valor ao produto, enquanto as atividades de fluxo devem ser reduzidas ou eliminadas [8][9].

A implementação da filosofia enxuta pode se valer de uma variedade de ferramentas e conceitos, para a aplicação da filosofia enxuta [10][11][12][13]. Essa implementação sistemática dos planos resulta em melhorias mensuráveis, que incluem a redução de desperdícios e o aumento da produtividade. No entanto, é importante notar que, para uma implementação bem-sucedida da CE, é fundamental investir em treinamento e manter reuniões regulares, pois esses componentes se mostram essenciais para alcançar ganhos significativos e duradouros nas organizações.

Uma das dificuldades da implantação da Construção Enxuta é a falta de métodos formais para isso. Para suprir essa lacuna o New PAD é um método para implantação dos princípios da Construção Enxuta [14] dividido em três fases: preparação, aplicação e implantação.

Diante desse contexto, o presente trabalho tem como objetivo aplicar a filosofia CE utilizando o método New PAD em uma empresa de corte e dobra de aço localizada em Chapecó-SC. A implementação da CE busca melhorar o gerenciamento e a execução das atividades que não agregam valor, reduzir custos operacionais, otimizar o tempo de produção, promover a qualidade produtiva e entrega do produto final.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A aplicação do New PAD [14] foi realizada em uma empresa de corte e dobra de aço para estruturas em concreto armado no formato de estudo de caso que será apresentado conforme as nove etapas do New PAD. A empresa conta com mais de 20 colaboradores e 4 engenheiros no setor de corte e dobra, 6 máquinas e duas pontes rolantes.

ETAPA 1 - REUNIÃO DE PARTIDA

Foram realizadas duas reuniões, sendo a primeira com a direção da empresa, a fim de apresentar o método e os princípios da CE. Ficou definido que a aplicação seria realizada no setor de corte e dobra de aço englobando as seis máquinas envolvidas no processo, além das movimentações das duas pontes rolantes que impactam diretamente nos fluxos do processo. Posteriormente, foi realizada uma reunião com os colaboradores para informar o que seria realizado e quais os resultados esperados.

ETAPA 2 - PLANO DE IDENTIFICAÇÃO DOS SUBPROCESSOS

Para detalhar todos os passos da operação e elaborar um mapa de fluxo do processo de produção foi elaborada uma lista com o passo a passo da produção destacando as principais atividades de fluxo. As informações foram organizadas em um fluxograma detalhando o processo de produção dentro do setor na indústria desde o início da produção até a liberação do pedido para a expedição.

ETAPA 3 - COLETA DE DADOS PRÉ-MELHORIAS

Foi elaborado um formulário com possíveis motivos de paradas da produção durante as atividades de fluxo a fim de identificar os tempos totais de paradas de máquina. A coleta de dados ocorreu em dois dias distintos, com um total de 12 horas de produção. Também foram coletados os dados de paradas nas máquinas com processo automatizado de corte e dobra disponíveis no software de gerenciamento da produção.

ETAPA 4 - DIAGNÓSTICO DO PROCESSO

Os dados coletados foram analisados, relacionando-as com os princípios da CE (1 - Reduzir atividades que não agregam valor; 2 - Aumento do valor do produto por meio

da consideração e requisitos do cliente; 3 - Redução da variabilidade; 4 - Redução do tempo de ciclo; 5 - Simplificação pela redução do número de etapas; 6 - Aumento da flexibilidade; 7 - Aumento da transparência), possibilitando o diagnóstico sobre cada uma delas.

ETAPA 5 - IDENTIFICAÇÃO DE OPORTUNIDADES

Foi realizada uma reunião com o administrador da empresa, o gerente do PCP e o coordenador de produção para apresentar o diagnóstico das atividades de fluxo, juntamente com os dados de tempos de paradas de máquina, tendo sido levantadas diversas oportunidades de melhorias nos subprocessos.

ETAPA 6 - PLANO DE MELHORIAS

A partir das oportunidades identificadas, optou-se por melhorias que inicialmente não demandam investimentos financeiros, nem alterações de layout, de máquinas e equipamentos na fábrica. De posse dessas oportunidades foi utilizado a ferramenta 5W1H para realizar um plano de ação a fim de implementar as melhorias do processo.

ETAPA 7 - IMPLANTAÇÃO DE MELHORIAS

Com o plano de melhorias estipulado foi realizado um treinamento com o setor de PCP e o setor de corte e dobra com apresentação de slides contendo demonstração em números dos tempos de parada e o plano de melhorias no processo produtivo.

ETAPA 8 - COLETA DE DADOS PÓS-MELHORIAS

Após a implantação das melhorias descritas no plano de ação, novos levantamentos foram realizados, analisando as atividades de fluxo envolvidas no setor de corte e dobra com base no mesmo formulário utilizado na Etapa 3 do New PAD. O tempo de cada parada de máquina (abastecimento, troca de bitola, máquina cheia) foi anotado na planilha para ser analisado novamente. Também foram coletados os dados de software de todo o período posterior à implantação das melhorias.

ETAPA 9 - VERIFICAÇÃO DE RESULTADOS

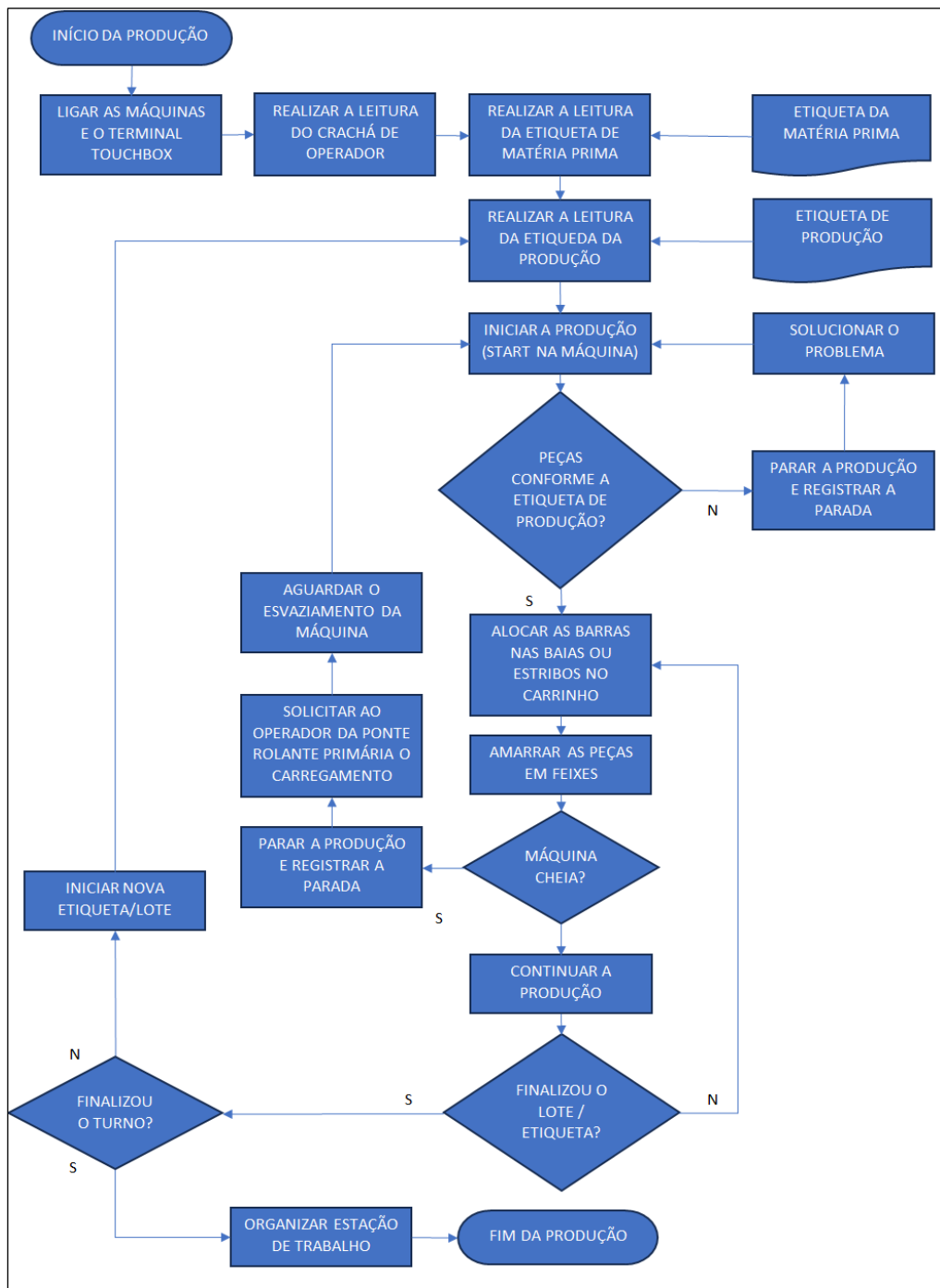
Para a verificação de resultados, os dados de pré e pós-melhoria foram comparados por meio de tabelas, expondo os resultados da diferença da média dos tempos de paradas nas atividades de fluxo que passaram pelo processo de melhorias.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

ETAPA 1 - REUNIÃO DE PARTIDA E ETAPA 2 - PLANO DE IDENTIFICAÇÃO DOS SUBPROCESSOS

Foi elaborado um fluxograma detalhando o processo de produção dentro do setor desde o início da produção até a liberação do pedido para a expedição (Figura 1) e uma lista das principais atividades de fluxo do processo de produção (Figura 2), além de.

Figura 1: Fluxograma da produção no setor de corte e dobra



Fonte: os autores.

Figura 2: Principais atividades de fluxo durante a produção

OPERADOR	PONTE ROLANTE PRODUÇÃO	PONTE ROLANTE CARREGAMENTO / DESCARREGAMENTO
<ul style="list-style-type: none"> •LEITURA DE ETIQUETAS •REPOSIÇÃO MATERIAL PRIMA •TROCAS DE BITOLAS •REGISTRO DE PARADAS •ARMAZENAMENTO DE CANHOTOS NO QUADRO DE CARGAS •LIMPEZA DE MÁQUINAS 	<ul style="list-style-type: none"> •ABASTECIMENTO DE MÁQUINAS •RETIRADA DE MATERIAL DAS MÁQUINAS •REMANEJAMENTO MATERIAL ARMADO •DIRECIONAMENTO DE MATERIAIS NAS BAIAS DE CARGAS 	<ul style="list-style-type: none"> •VERIFICAÇÃO DE QUAIS CARGAS •ANOTAÇÃO DE PESOS •ALOCAÇÃO DE MATÉRIA PRIMA QUANDO DESCARREGAMENTO •INSERÇÃO DE ETIQUETA DE MP DA EXACT

Fonte: os autores.

ETAPA 3 - COLETA DE DADOS PRÉ-MELHORIAS

Os dados do software de gerenciamento da produção (Figura 3) foram coletados tendo como referência os 30 dias de produção que antecederam as coletas in loco. Assim, foi possível ter um diagnóstico mais preciso dos tempos de paradas, reduzindo os efeitos de possíveis variações e observações atípicas realizadas nas coletas in loco. Então os dados foram compilados em uma planilha eletrônica, conforme modelo apresentado na.

Figura 3: Dados coletados via software de gerenciamento da produção

Start date	Time	End date	Name	Name
01/09/2023 06:07:44	0 h 09 m 46	01/09/2023 06:17:30	SCHNELL PRIMA 12	MAQUINA COM DEFEITO
01/09/2023 06:33:03	0 h 31 m 05	01/09/2023 07:04:08	SCHNELL LISTA BEND	ABASTECIMENTO
01/09/2023 06:42:30	0 h 00 m 47	01/09/2023 06:43:18	SCHNELL PRIMA 12	MAQUINA COM DEFEITO
01/09/2023 07:10:31	0 h 16 m 24	01/09/2023 07:26:55	SCHNELL P3 DOBRADEIRA	MÁQUINA CHEIA
01/09/2023 07:19:56	0 h 06 m 43	01/09/2023 07:26:40	SCHNELL C3 CORTADEIRA	ABASTECIMENTO
01/09/2023 07:39:36	2 h 21 m 30	01/09/2023 10:01:07	SCHNELL P3 DOBRADEIRA	MÁQUINA CHEIA
01/09/2023 07:46:20	0 h 25 m 52	01/09/2023 08:12:13	SCHNELL LISTA BEND	MÁQUINA CHEIA
01/09/2023 08:31:52	0 h 29 m 34	01/09/2023 09:01:26	SCHNELL LISTA BEND	ABASTECIMENTO
01/09/2023 08:56:48	0 h 08 m 02	01/09/2023 09:04:50	SCHNELL PRIMA 12	MÁQUINA CHEIA
01/09/2023 09:07:07	0 h 14 m 33	01/09/2023 09:21:40	SCHNELL C3 CORTADEIRA	MÁQUINA CHEIA
01/09/2023 09:58:24	0 h 29 m 09	01/09/2023 10:27:33	SCHNELL LISTA BEND	ABASTECIMENTO
01/09/2023 10:15:24	0 h 37 m 46	01/09/2023 10:53:10	SCHNELL C3 CORTADEIRA	ABASTECIMENTO
01/09/2023 10:34:21	0 h 31 m 53	01/09/2023 11:06:14	SCHNELL PRIMA 12	MÁQUINA CHEIA
01/09/2023 10:53:10	0 h 09 m 53	01/09/2023 11:03:04	SCHNELL C3 CORTADEIRA	MÁQUINA CHEIA

Fonte: os autores.

Os dados coletados foram compilados na Figura 4 com um resumo dos tempos totais de paradas observados.

Figura 4: Quadro de resumo de paradas observadas nas coletas in loco

RESUMO DE PARADAS								
MOTIVO APARENTE	PRIMA	AÇO 6	LISTA BEND	CORTA-DEIRA	DOBRA-DEIRA	PONTE ROLANTE 1	TOTAL DE PARADAS	TOTAL GERAL
Abastecimento	0:43:00		0:45:00	0:14:00			1:42:00	1:42:00
Abastecimento e movimentação armado						0:18:00	0:18:00	0:18:00
Aguardando ponte 2 alocar material						0:01:00	0:01:00	0:01:00
Ajuste de balança						0:05:00	0:05:00	0:05:00
Ajuste de rolo		0:22:00					0:22:00	0:22:00
Amarrando feixes	0:52:00	0:12:00	0:27:00	0:02:00	0:08:00		1:41:00	1:41:00
Análise de etiquetas	0:02:00		0:05:00				0:07:00	0:07:00
Ausente	1:18:00	0:18:00	0:27:00		0:02:00	0:44:00	2:49:00	2:49:00
Ausente / Aproveitamento	1:08:00		0:05:00				1:13:00	1:13:00
Ausente / Dobradeira	0:39:00						0:39:00	0:39:00
Ausente banheiro				0:05:00			0:05:00	0:05:00
Bipando etiquetas				0:02:00			0:02:00	0:02:00
Carregamento						1:14:00	1:14:00	1:14:00
Celular	0:17:00		0:02:00	0:01:00			0:20:00	0:20:00
Confêrencia de medidas	0:02:00						0:02:00	0:02:00
Intervalo	1:58:00	1:57:00	1:53:00	1:07:00	1:08:00	1:00:00	9:03:00	9:03:00
Limpeza de baias	0:58:00	0:03:00	0:50:00	0:58:00	0:33:00	0:56:00	4:18:00	4:18:00
Limpeza de baias aguardando ponte				0:16:00			0:16:00	0:16:00
Limpeza de caminhão						0:09:00	0:09:00	0:09:00
Organização de feixes	0:02:00						0:02:00	0:02:00
Procurando peças para carga						0:05:00	0:05:00	0:05:00
Regulagem de máquina	0:07:00		0:35:00		0:04:00		0:46:00	0:46:00
Sem etiquetas aguardando			0:02:00				0:02:00	0:02:00
Transporte manual de peças até dobradeira		0:05:00	0:06:00				0:11:00	0:11:00
Troca de bitola							0:00:00	0:00:00
Troca de operador		0:09:00					0:09:00	0:09:00

Fonte: os autores.

ETAPA 4 - DIAGNÓSTICO DO PROCESSO

Na Tabela 1 são apresentados os dados retirados do software na coleta de dados pré-melhorias, indicando os tempos médios de cada parada das máquinas por abastecimento, máquina cheia, e troca de bitola, que são as atividades de fluxo envolvidas no processo, o que auxiliou no diagnóstico.

Tabela 1: Tempo total e tempo médio por paradas de máquinas em atividades de fluxo

Subprocesso	Quantidade de paradas no mês	Tempo total de parada	Tempo Médio
Abastecimento de matéria prima	204	72:28:20	00:21:19
Troca de bitola de aço	51	21:43:07	00:25:33
Máquina cheia (limpeza de baia ou carrinho)	274	71:14:15	00:15:36

Fonte: os autores.

O Quadro 1 apresenta o diagnóstico das atividades de fluxo, tanto com base nos dados de software, como nos dados e observações realizadas in loco. O diagnóstico foi realizado analisando os subprocessos com base nos sete princípios de CE.

Quadro 1: Diagnóstico das atividades de fluxo no setor de corte e dobra

Subprocesso	Princípio	Diagnóstico
Leitura de etiquetas de produção	6	a) As etiquetas de produção são entregues pelo PCP considerando o planejamento da conforme a necessidade de entrega ao cliente
	3	b) Algumas peças precisam de lançamento manual de medidas nas máquinas para produção, estando passível de erros de lançamento, causando desperdício de tempo e de material
Abastecimento de matéria prima	1, 4	c) O operador da máquina aciona o operador da ponte rolante para abastecimento de um novo rolo de aço somente quando a matéria prima acaba
Troca de bitola de aço	1, 4	d) O operador da máquina solicita a troca de bitola somente quando pega um novo lote de peças e se a ponte rolante estiver ocupada o mesmo aguarda com a máquina parada
Subprocesso	Princípio	Diagnóstico
Máquina cheia (limpeza de baia ou carrinho)	1, 4	e) Por vezes o operador da máquina precisa aguardar a ponte rolante finalizar uma tarefa para então esvaziar sua máquina, neste tempo a produção da máquina precisa ficar parada
Feixes (amarração e organização)	3, 5	f) A amarração dos feixes é feita manualmente pelo operador com arames e com um alicate
Armazenamento de canhotos no quadro de cargas	7	g) Após finalizar um lote/etiqueta, o operador se desloca até a expedição para armazenar os canhotos das etiquetas no quadro de carregamento
Limpeza de máquina	7	h) Ao fim do expediente o operador realiza a limpeza e organização da sua estação de trabalho
Regulagem de máquina	6	i) O operador possui treinamento e realiza ajustes e manutenções básicas nas máquinas
	6	j) Dependendo do lote do rolo de aço utilizado na máquina, são necessárias mais paradas na máquina para regular o rolo que acaba travando
Transporte manual de peças até outras máquinas e teste de dobra/tamanho	1	k) Algumas peças precisam passar pelo corte e dobra em mais de uma máquina, tendo o operador da máquina realizar o transporte manual das peças até a dobradeira ou a cortadeira

Fonte: os autores.

ETAPA 5 - IDENTIFICAÇÃO DE OPORTUNIDADES E ETAPA 6 - PLANO DE MELHORIAS

Após a reunião para identificação de oportunidades, as sugestões de melhorias foram compiladas no Quadro 2. As melhorias escolhidas foram as relacionadas à reposição de matéria prima, troca de bitola de aço e retirada de material das baias e carrinhos. A escolha levou em conta o tempo de execução da pesquisa e o desembolso financeiro.

Quadro 2: Oportunidades de melhorias nas atividades de fluxo no setor de corte e dobra

Subprocesso	Diagnóstico	Melhoria
Abastecimento de matéria prima	c)	O operador da máquina deve analisar o lote a ser produzido e controlar o consumo de matéria prima, de modo que seja possível avisar o operador da ponte rolante com no mínimo 10 minutos de antecedência quando será necessário repor matéria prima da máquina
Troca de bitola de aço	d)	O operador da máquina deve analisar o lote a ser produzido e controlar o consumo de matéria prima, de modo que seja possível avisar o operador da ponte rolante com no mínimo 10 minutos de antecedência quando será necessário a troca da bitola do aço na máquina
Máquina cheia (limpeza de baia ou carrinho)	e)	O Operador da máquina deve analisar o ritmo da produção de modo que seja possível avisar o operador da ponte rolante com no mínimo 10 minutos de antecedência que será necessário esvaziar as baias de barras ou carrinhos de estribos

Fonte: os autores.

ETAPA 7 - IMPLEMENTAÇÃO DE MELHORIAS

A implementação das melhorias teve início com uma reunião junto aos colaboradores, na qual foi apresentada a proposta de aprimoramento do processo por meio de uma apresentação eletrônica (Figura 5) com o intuito de detalhar o plano de implementação aos operadores do setor de corte e dobra.

Figura 5: Apresentação Eletrônica utilizada para implantação de melhorias

PROPOSTA DE MELHORIA NO PROCESSO DE ABASTECIMENTO TROCA DE BITOLA E LIMPEZA DE BAIAS

5 MINUTOS NA EXACT AÇO

5 MIN x 12 TROCAS = 60 MIN-DIA
 60 MIN x 5.5 DIAS = 330 MIN-SEMANA
 4 SEMANAS x 330 MIN = 1320 MIN-MÊS
 12 MESES x 1320 MIN = 15840 MIN-ANO
 15840 MIN / 60 MIN = 264 HORAS-ANO
 264 HORAS-ANO / 1,5 TURNO = 19 DIAS ÚTEIS

19 DIAS ÚTEIS DESPERDIÇADOS DE PRODUÇÃO

PROPOSTA

REDUZIR EM 5 MINUTOS O ABASTECIMENTO, TROCA DE BITOLA E LIMPEZA DE BAIAS!!!

COMO FAZER?

A PARTIR DE HOJE 17/10/2023, OPERADOR TEM COMO FUNÇÃO AVISAR, INFORMAR, CHAMAR COM 10 MINUTOS DE ANTECEDÊNCIA A PONTE PARA REALIZAR A TROCA OU ABASTECIMENTO.

Fonte: os autores.

A melhoria proposta aos colaboradores da indústria abrange os três subprocessos definidos no plano de melhorias, visando uma redução de 5 minutos em cada um deles. Isso foi demonstrado para ilustrar como essa diminuição de tempo pode impactar ao longo de um ano de produção em termos de eficiência produtiva.

O procedimento foi definido para, quando o operador perceber e analisar que a bobina de matéria-prima está prestes a acabar, próximo da troca de diâmetro, abastecimento ou máquina cheia, é de sua responsabilidade alertar, chamar e acenar ao operador da ponte rolante para que este fique pronto para realizar a tarefa designada a ele.

O operador da ponte rolante, por sua vez, preparará as novas bobinas para as trocas de bitola ou abastecimento, inserindo-as em um estocador reserva sendo transportada até a máquina pronto para o acoplamento (Fig. 6 à esquerda). Quanto ao subprocesso de limpeza de baia, o operador da ponte aguardará a amarração dos feixes até que o operador da máquina sinalize que tudo está pronto, permitindo, assim, que o operador da ponte faça a retirada do material (Figura 6 à direita).

Figura 6: Atividades de fluxo pós-melhorias no processo produtivo



Fonte: os autores.

ETAPA 8 - COLETA DE DADOS PÓS-MELHORIAS

Na Tabela 2 são apresentados os dados retirados do software, representando os 30 dias posteriores a aplicação das melhorias, apresentando os tempos médios de paradas das máquinas com processo automatizado de corte e dobra, sendo paradas por abastecimento, máquina cheia e troca de bitola, que são as atividades de fluxo envolvidas no processo em que se aplicou as melhorias.

Tabela 2: Tempo total e médio de paradas de máquinas em atividades de fluxo

Subprocesso	Quantidade de paradas no mês	Tempo total de parada	Tempo Médio
Abastecimento de matéria prima	141	41:22:34	00:17:36
Troca de bitola de aço	35	11:13:51	00:19:15
Máquina cheia (limpeza de baia ou carrinho)	160	30:43:22	00:11:31

Fonte: os autores.

ETAPA 9 - VERIFICAÇÃO DOS RESULTADOS

Com relação aos tempos médios de paradas foi possível observar uma redução em todos os subprocessos, reduzindo o desperdício por espera no processo,

consequentemente tendo um ganho de efetividade produtiva. Os dados referentes ao comparativo total de paradas pré-melhorias e pós-melhorias são apresentados na Tabela 3.

É possível observar que a quantidade total de paradas dos três subprocessos é de aproximadamente 1,5 vezes. Essa economia resultou na alteração da produção da fábrica de um turno e meio de produção para apenas um turno.

Tabela 3: Comparativos e diferenças de tempo médio de paradas de máquinas pré-melhorias e pós-melhorias

Subprocesso	Pré-melhoria	Pós-melhoria	Diferença	Percentual de ganho
Abastecimento de matéria prima	00:21:19	00:17:36	-00:03:43	17%
Troca de bitola de aço	00:25:33	00:19:15	-00:06:18	25%
Limpeza de baia ou carrinho (máquina cheia)	00:15:36	00:11:31	-00:04:05	26%

Fonte: os autores.

A Limpeza de Baia ou Carrinho foi o subprocesso que apresentou a redução de tempo de espera mais significativa, chegando a 26%. O subprocesso de troca de bitola obteve o segundo melhor resultado de redução na média de tempo de espera, chegando a 25%, porém, esta etapa ocorre com menor frequência durante a produção. Assim, mesmo que o abastecimento de matéria prima tenha uma porcentagem menor de ganho (17%), se for analisado em números absolutos, revela que o impacto em horas de redução de paradas é dobrado. Em um mês de trabalho, há uma redução de aproximadamente 4,5 horas no subprocesso de troca de bitola, enquanto no abastecimento de máquina essa redução chega a 9 horas.

CONCLUSÕES

No presente trabalho, utilizou-se o método New PAD para implementação da filosofia da CE em uma empresa de corte e dobra de aço localizada em Chapecó-SC. O propósito principal foi aprimorar o gerenciamento e a execução das atividades de fluxo, visando otimizar o tempo de produção por meio da redução de transporte dentro da fábrica e esperas nas atividades que não agregam valor.

Os resultados obtidos revelaram-se positivos, demonstrando a eficácia da aplicação da CE por meio do método New PAD para melhoria do desempenho da empresa. Houve uma redução significativa do tempo de paradas de máquinas durante a execução de subprocessos e atividades de fluxo, como o abastecimento de matéria-prima, as trocas de bitola e a limpeza de baias e carrinhos quando as máquinas estavam cheias. O tempo médio de abastecimento de matéria-prima passou de 21min19s para 17min36s, o tempo de troca de bitola passou de 25min33s para 19min15s e o tempo médio de limpeza de baias ou carrinhos passou de 15min36s para 11min31s. Essas melhorias resultaram em uma eficácia produtiva, uma vez que essas atividades são recorrentes na produção da empresa. É possível projetar estes ganhos de tempo produtivo ao longo de um ano, visto que a empresa faz em média 12 abastecimentos

de matéria-prima por dia, alcança-se um ganho de 19 dias produtivos ao longo de um ano.

Este trabalho contribuiu para o avanço do conhecimento sobre a aplicação da CE na empresa de corte e dobra de aço. Além disso, apontou que o método New PAD, além da aplicação em obras de construção [14], pode ser aplicado em outras indústrias similares.

REFERÊNCIAS

- [1] RUSCHEL, Regina Coeli et al. O papel das ferramentas BIM de integração e compartilhamento no processo de projeto na indústria da construção civil. **REEC - Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, v. 7, n. 3, 2013.
- [2] ELFVING, Jan A.; SEPPÄNEN, Olli. Is Construction Industry Still Performing Worse Than Other Industries? in: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION 30, 2022. Edmonton, Canada. **Proceedings... IGLC**, 2022.
- [3] CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Produtividade da Construção Civil Brasileira: CE Nº 2418/14: projeto 054/14**, 2014. Disponível em <http://www.cbicdados.com.br/menu/estudos-especificos-da-cnstrucao-civil/produtividade-da-construcao-civil-brasileira>. Acesso em: 06 maio 2023.
- [4] MOSSMAN, Alan; RAMALINGAM, Shobha. Capacity Building: Learning From Corporate Successes Outside Construction. in: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION 30, 2022. Edmonton, Canada. **Proceedings... IGLC**, 2022.
- [5] ORTEGA, Jesús; VÁSQUEZ-HERNÁNDEZ, Alejandro; GIMÉNEZ, Zulay; ALARCÓN, Luis Fernando. Ideation Framework in Industrialized Construction. in: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION 30, 2022. Edmonton, Canada. **Proceedings... IGLC**, 2022.
- [6] ARAÚJO, Leonardo Cristiano de. **O Papel do Corte e Dobra de Vergalhão Para a Construção Sustentável**. Monografia (Especialização em Construção Civil) - Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013.
- [7] HOWELL, Gregory A. What Is Lean Construction. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNACIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION 7, 1999. Berkeley, USA. **Proceedings... IGLC**, 1999.
- [8] SILVA, Matheus Freire et al. Lean Construction: como os princípios do Sistema Toyota de Produção podem contribuir para construções mais enxutas, produtivas e sustentáveis: um estudo de caso na construtora Andrade Gutierrez. **Percursos Acadêmicos**, v. 8, n. 15, p. 93-115, 2018.
- [9] KOSKELA, Lauri. **Application of The New Production Philosophy to Construction**. Stanford: Centre of Integrated Facility Engineering. Technical Report 72, 81 p., 1992.
- [10] COSTELLA, Marcelo Fabiano et al. Proposal And Evaluation Of A Method To Implement The Lean Construction Principles. **Brazilian Journal of Operations & Production Management**, v. 15, n. 4, p. 545-557, 2018.
- [11] PÁDUA, Rafael Crissóstomo de. **Implementação de Práticas de Lean Construction em uma Obra Residencial em Goiânia – Estudo de Caso**. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2014.
- [12] TONIN, Luiz Andrei Potter; SCHAEFER, Cecilia Ogliari. Diagnóstico E Aplicação Da Lean Construction Em Construtora. In: XXXIII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. **Anais...** Salvador: UNIVALI, 2013

- [13] BALENA, Analice Pinzon. **Aplicação e Aperfeiçoamento de um Método de Implementação do Lean Construction**. Dissertação (Mestrado em Tecnologia e Gestão da Inovação) - Universidade Comunitária da Região de Chapecó, Chapecó, 2020.
- [14] COSTELLA, Marcelo Fabiano et al. The New PAD: A Method to Implement the Lean Construction Principles. **Engineering Management Journal**. v. 36, n. 3, p. 336-349, 2024.