

## PROPOSTA DE MELHORIA DE LAYOUT DE UMA INDÚSTRIA DE PRÉ- FABRICADOS DE CONCRETO

**Thaísia Rodrigues (UTFPR)**

tharodrigues89@gmail.com

**Gustavo Araujo Alves (UTFPR)**

gu.alves@gmail.com

**Gabriela Chiele Joner (UTFPR)**

gabriela.chj@hotmail.com

**Edna Possan (UTFPR)**

epossan@gmail.com

**CIDMAR ORTIZ DOS SANTOS (UTFPR)**

ortiz@utfpr.edu.br



*O setor da construção civil tem crescido vertiginosamente no Brasil, face ao crescimento econômico do país nos últimos anos. Por meio da evolução das tecnologias da construção este setor pôde expandir e melhorar substancialmente a velocidade de obtenção de seus produtos. Uma das alternativas é a construção de estruturas pré-fabricadas em concreto, que aceleram o processo construtivo e incrementam qualidade ao produto final. Uma vez que a produção destas estruturas ocorre em escala industrial, na pré-fabricação o arranjo físico das instalações e o sequenciamento das tarefas afetam diretamente o processo produtivo. Neste contexto, este artigo tem por objetivo analisar e propor mudanças na disposição de máquinas e equipamentos em uma célula produtiva de calhas e treliças de uma indústria de pré-fabricados de concreto. O estudo visa aumentar a velocidade do processo, diminuindo custos com movimentação excessiva, e dispêndio de quantidade excessiva de movimentação por parte dos colaboradores.*

*Palavras-chaves: arranjo físico, fluxos, projeto de fábrica, pré-fabricação*

## 1. Introdução

No Brasil o setor de construção civil tem demonstrado um notório crescimento com reflexo em toda a cadeia de suprimentos. A demanda por obras com cronograma de execução acelerado e de qualidade tem contribuído para a expansão da pré-fabricação de estruturas de concreto. As estruturas pré-fabricadas caracterizam-se por um processo de rápida execução, elevada qualidade e menor custo quando comparado com outras técnicas de construção, como a construção moldada *in loco*. Contudo, representa maior parte dos custos dos sistemas estruturais e dos custos gerados nas instalações e revestimentos.

Devido à grande importância da indústria de pré-fabricados e da grande expansão da construção civil impulsionada pelo atual desenvolvimento econômico brasileiro e competitividade global, são imprescindíveis para o seguimento a adoção de estratégias que permitam superar seus concorrentes e suprir essa crescente demanda do setor. Dentre essas estratégias, as melhorias dos fluxos de materiais, a distribuição de produtos e o arranjo das máquinas, equipamentos e pessoas dentro da indústria são essenciais para a manutenção dos níveis produtivos e, deste modo, para a melhoria da manufatura na pré-fabricação de estruturas. De acordo com Yang et al. (2000), o desempenho dos sistemas produtivos depende também do arranjo físico industrial e o qual influencia de forma direta os resultados da organização, constituindo um fator decisivo para sua sobrevivência no mercado competitivo mundial.

No que se refere ao arranjo físico ou *layout* das instalações, o dimensionamento inadequado gera perdas por excessos de atividades que não agregam valor, como excessos de estoque, fluxos de materiais cruzados, má disposição de equipamentos, entre outras. Para Slack (2002) “O arranjo físico é decidir onde colocar todas as instalações, máquinas, equipamentos e pessoal de produção, determinando a maneira segundo a qual os recursos transformados (materiais, informações e clientes) fluem pela operação”. Assim, o arranjo físico do processo de manufatura determina os fluxos de processos e como os recursos transformados percorrem o processo de produção.

O fluxo de material deve ser minimizado para a melhoria do arranjo físico. Com isso tem-se a redução dos custos de transporte e uma maior facilidade na gestão dos processos. Segundo Tompkins (1996), o fluxo de materiais é definido como “o movimento progressivo de um produto através dos recursos de produção desde o recebimento de materiais até a expedição do produto acabado, sem paradas devido à quebra de máquinas ou atrasos de produção”. Assim, o arranjo físico precisa ser caracterizado por fluxos de operações com distância mínima possível, fluxo seguindo uma direção, evitando retornos ou cruzamentos no mesmo equipamento e deve ocorrer de forma clara e concisa.

O arranjo físico das indústrias de estruturas pré-fabricadas de concreto comumente é do tipo celular. Segundo Black (1998) e Francischini & Fegyveres (1997), esse o tipo de arranjo objetiva dispor a indústria em mini fábricas para diferentes famílias de produtos. De acordo com Slack et al. (2002), é aquele onde os recursos transformados, ao entrar em operação, são selecionados para se movimentar em uma parte específica da operação (ou célula), na qual todos os insumos necessários à fabricação se encontram e a célula em si pode ser arranjada de acordo com um *layout* por processo ou por produto.

De acordo com Shingo (1996) o arranjo físico celular possui algumas vantagens, como maior flexibilidade para atender pedidos em última hora com rapidez; minimização de custos relacionados a desperdícios e estoque; maior transparência de problemas; otimização do potencial humano; maior competitividade; redução do tempo de processo e *setup*; menor estoque de produto em processo; entre outras. As principais desvantagens são menor flexibilidade de rota, pois os equipamentos saem dos centros de trabalho e são dispostos em células, que são menos sujeitas às variações de carga de trabalho e menor flexibilidade de produto devido a equipamentos e pessoas se dedicarem à célula diminuindo a capacidade de produzir novos itens.

Em resumo, a melhoria do *layout* permite um fluxo de materiais e informações mais eficientes, torna mais fácil à supervisão, propicia melhorias na qualidade de vida dos colaboradores em consequência do rendimento de seu trabalho, redução de filas, otimização da utilização de máquinas, equipamentos, pessoas e espaço físico, reduzindo custos operacionais e aumentando a produtividade da organização. Hall e Ford (1998) afirmam que o rearranjo físico é capaz de alterar a filosofia de trabalho de toda empresa.

Neste contexto, o objetivo do presente estudo é propor uma melhoria no arranjo físico no setor de beneficiamento de concreto (calhas e treliças), de uma indústria de estruturas pré-fabricadas e artefatos de concreto, localizada no oeste do Paraná.

## 2. Materiais e métodos

Este artigo tem por objetivo a análise e melhoria no arranjo físico do setor de calhas e treliças de uma indústria de pré-fabricados de concreto, visando reduzir os espaços entre os postos de trabalho e os custos com fluxos de materiais, pessoas e supervisão, os quais acarretam em perdas por movimentação. O estudo também pode contribuir para reduzir estoques em processo, aumentando à flexibilidade da produção, podendo facilitar readequações futuras na indústria e melhoria do ambiente de trabalho.

Para tal, foram realizadas visitas à fábrica e entrevistas com os encarregados de produção. Observou-se que a mesma apresentava o arranjo físico do tipo celular, sendo dividida em setores (setor de montagem de armadura; setor de produção de concreto; setor de artefatos, setor de calhas e treliças e setor de estruturas de concreto).

Foram utilizadas ferramentas de melhoria da qualidade da produção, como o fluxograma e o mapofluxograma para o estudo de melhoria do *layout* da área de manufatura de calhas e treliças, objeto deste estudo, pois são as matérias-primas base na elaboração dos demais produtos da empresa como vigas, pilares, postes, entre outros.

Segundo Batista et al. (2006), o fluxograma auxilia na melhoria dos arranjos físicos tendo a função e apresentar o processo de forma resumida com o auxílio de símbolos, necessitando da existência de uma sequência lógica das atividades produtivas constituintes do processo. Iniciando com a entrada dos insumos na empresa e terminando com a saída do produto final. A simbologia utilizada nos fluxogramas e mapofluxogramas é padronizada pela *American Society Mechanical Engineers* (ASME), e alguns símbolos são representados na Tabela 1.

SÍMBOLO	ATIVIDADE	DEFINIÇÃO DA ATIVIDADE
○	Operação	Significa uma mudança internacional de estado, forma, ou condição sobre um material ou informação, como: montagem, desmontagem, transcrição, fabricação, embalagem, processamento, etc.
⇒	Transporte	Movimento de um objeto ou de um registro de informação de um local para outro, exceto os movimentos inerentes à operação ou inspeção.
D	Demora ou Espera	Quando há um lapso de tempo entre duas atividades do processo gerando estoque intermediário no local de trabalho e que para ser removido não necessita de controle formal.
▽	Armazenamento	Retenção de um objeto ou de um registro de informação em determinado local exclusivamente dedicado a este fim e que para ser removido necessita de controle formal.

Fonte: Simcsik, T. (1992)

Tabela 1 – Simbologia fluxograma (ASME)

Outra ferramenta utilizada para a melhoria do arranjo físico é o mapofluxograma, que permite estudar as condições de movimentação física de um determinado processo através de uma visão espacial do mesmo. De acordo com Barnes (1977), o mapofluxograma indica a movimentação física de um item por meio dos centros de manufatura arranjado no *layout* de uma instalação produtiva, adotando uma sequência ou rotina fixa. É usado quando existe interesse em avaliar os tipos de atividades concretizadas nos centros de trabalho por onde passam os itens em processamento; para isso, desenham-se, sobre as linhas, junto a cada centro de trabalho, símbolos gráficos e simbologias normatizados pela ASME.

### 3. Resultados e discussão

Para a melhoria de um *layout*, é preciso conhecer as condições atuais, buscando identificar problemas no processamento dos produtos e considerar as restrições às alterações (paredes, colunas e equipamentos fixos). O *layout* atual do setor de calhas e treliças da Indústria de pré-fabricados e artefatos de concreto em estudo é apresentado na Figura 1.

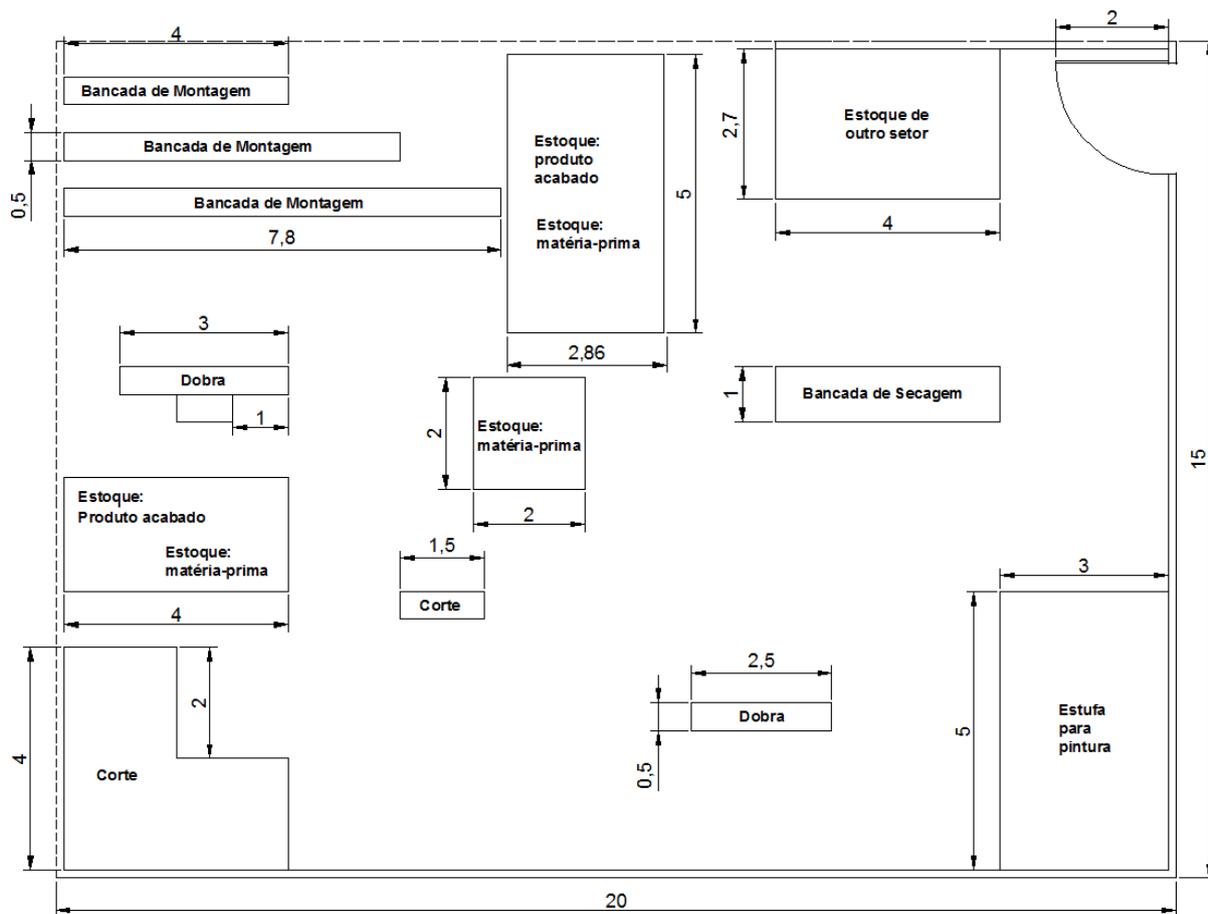


Figura 1 – *Layout* do setor de calhas e treliça Indústria de pré-fabricados e artefatos de concretos em estudo

Primeiramente, Para a identificação do fluxo de materiais e operações dos produtos (calha, treliças), elaborou-se o diagrama de fluxo do processo e o fluxograma do processamento das calhas e das treliças, visualizando e transpondo o *layout* para planilhas eletrônicas baseando-se no método de elaboração de fluxogramas adotado pela American Society Mechanical Engineering (ASME, 2010).

No diagrama de fluxo de processo do produto calha apresentado na Tabela 2 assim como no seu fluxograma de fabricação (Figura 2), observa-se que as distâncias percorridas são relativamente grandes, sobretudo as distâncias de transporte, como pode ser visualizado no mapofluxograma representado pela Figura 4. As atividades de transporte não agregam valor ao produto e a movimentação desnecessária gera perdas e diminui a flexibilidade da produção, por isso é necessário o rearranjo físico deste processo objetivando minimizar os custos por essa movimentação.

<b>Processo:</b> produção geral de um lote de produtos		<b>Local:</b> Indústria de pré-fabricados e artefatos de concreto	
<b>Produto:</b> Calhas		<b>Analista:</b> TG2E	
Nº	Descrição da atividade	Tipo de atividade	Distância percorrida (m)
1	Separar e apanhar matéria-prima	○ ⇨ D ▽	
2	Levar matéria-prima para a máquina de cortar	○ ⇨ D ▽	21
3	Medir e cortar matéria-prima	○ ⇨ D ▽	
4	Levar matéria-prima para máquina de dobrar	○ ⇨ D ▽	9
5	Dobrar matéria-prima	○ ⇨ D ▽	
6	Levar calha à estufa para tintura	○ ⇨ D ▽	4,5
7	Tingir a calha	○ ⇨ D ▽	
8	Levar a calha à mesa para secagem	○ ⇨ D ▽	6,3
9	Deixar a calha na mesa para secagem	○ ⇨ D ▽	
10	Levar a calha para o local de estoque de produto acabado	○ ⇨ D ▽	5
11	Armazenar no local de estoque	○ ⇨ D ▽	

Tabela 2 – Diagrama de fluxo de processo do produto calha.

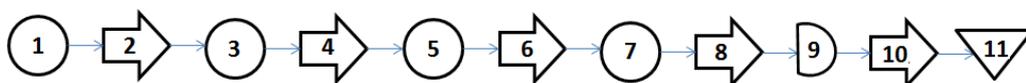


Figura 2 – Fluxograma do produto calha

Segundo o diagrama de fluxo de processo do produto treliça (ver Tabela 3) as distâncias percorridas nos fluxos produtivos são menores que às do produto calha, porém precisam ser minimizadas. O fluxograma do produto treliça (Figura 3) apresenta uma sequência de operações mais complexas que as do produto calha (Figura 2), sendo o processo de dobra do arame mais espesso o principal gargalo da manufatura, uma vez que para dar continuidade ao processamento, é preciso esperar que esse arame passe por mais um processo antes da montagem, provocando atrasos na produção.

<b>Processo:</b> produção geral de um lote de produtos		<b>Local:</b> Indústria de pré-fabricados e artefatos de concreto	
<b>Produto:</b> Treliça		<b>Analista:</b> TG2E	
Nº	Descrição da atividade	Tipo de atividade	Distância percorrida (m)
1	Separar e apanhar matérias-primas (arames finos e espessos)	○ → D ▽	
2	Levar matérias-primas para a máquina de cortar	○ → D ▽	5,5
3	Medir e cortar matérias-primas (arames finos e espessos)	○ → D ▽	
4	Levar arames espessos para máquina de dobrar	○ → D ▽	4,6
5	Levar arames finos para bancada de dobra e montagem	○ → D ▽	9,5
6	Dobrar arames espessos na máquina de dobra	○ → D ▽	
7	Dobrar arames finos na bancada de dobra e montagem	○ → D ▽	
8	Levar os arames espessos dobrados à bancada de montagem	○ → D ▽	4,7
9	Montar na bancada a treliça com os arames finos e espessos dobrados	○ → D ▽	
10	Levar a treliça ao local de estoque.	○ → D ▽	9
10	Armazenar a treliça no local de estoque.	○ → D ▽	

Tabela 3 – Diagrama de fluxo de processo do produto treliça

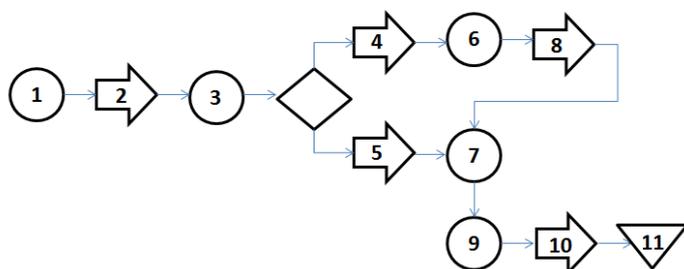
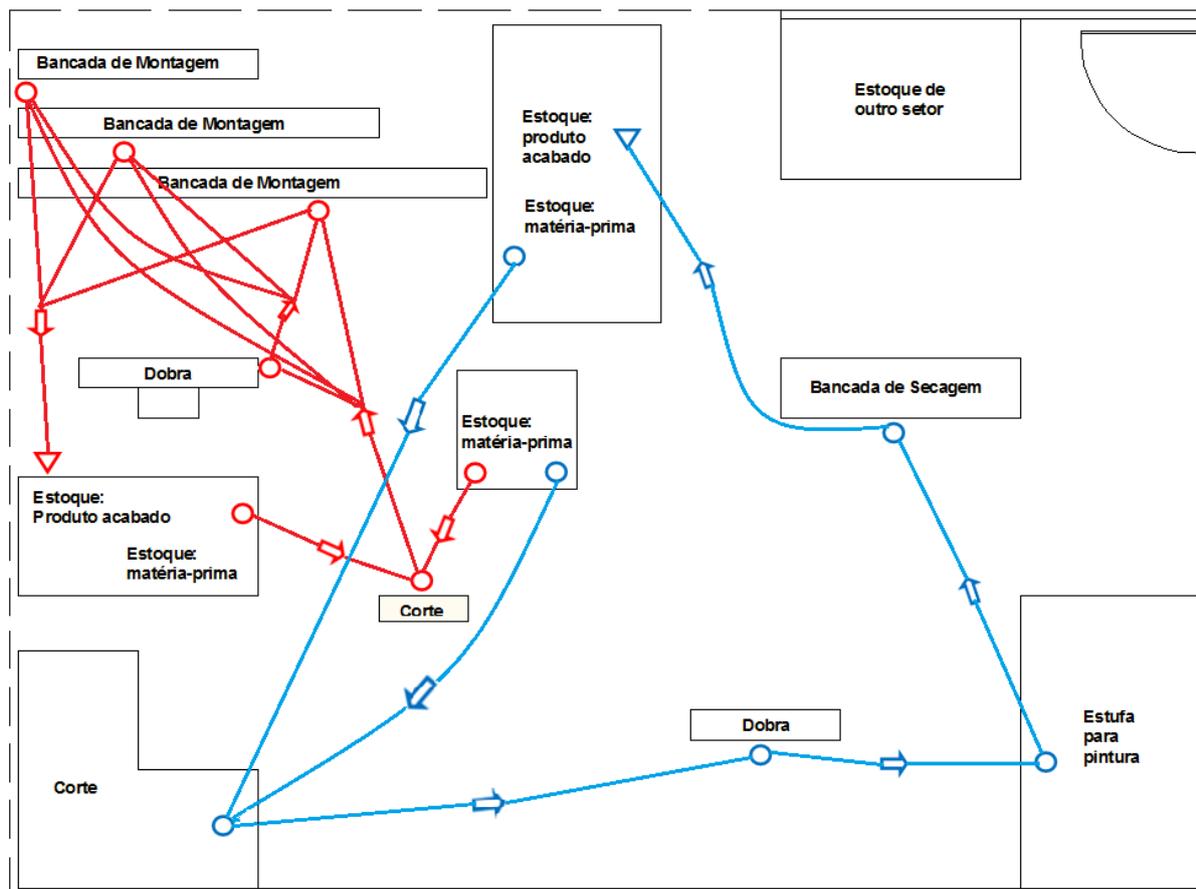


Figura 3 – Fluxograma do produto treliça

Para representar os fluxos produtivos e analisar as atividades realizadas nos postos de trabalho, objetivando a manufatura da calha e da treliça, foi utilizado o mapofluxograma, o qual é apresentado na Figura 4.

Para a confecção deste mapofluxograma, foram utilizados símbolos gráficos adaptados de (ASME, 2010) com o intuito de definir as atividades executadas no processamento como: medida e corte, dobra, tintura, secagem e montagem e os fluxos produtivos. Segundo o mapofluxograma, os postos de trabalhos são arranjados de maneira a manter um fluxo natural seguindo a sequência produtiva, contudo estão dispostos muito distante uns dos outros, há fluxos produtivos mais intensos em um determinado ponto e fluxos cruzados. Também há mais de um local de depósito para matéria-prima para o mesmo produto, sem senso de ordenação e utilização, com isso, perdas por movimentação desnecessárias são geradas. Como citado anteriormente, essas perdas além de não agregar valor ao produto diminuem a flexibilidade da indústria para atender tanto os pedidos atuais como novos pedidos de clientes. Essa problemática do layout eleva o tempo de produção que segundo Shingo (1996) “Tempo não é nada mais que um reflexo do movimento”.



\* OBS. O fluxo produtivo na cor azul é do produto calha e o fluxo produtivo na cor vermelha é do produto treliça.

Figura 4 – Mapofluxograma do setor produtivo de calhas e treliças

Para a melhoria do arranjo físico produtivo é preciso minimizar custos de movimentação e facilitar a gestão de todo o processo. De acordo com Sims (1990) “a melhor movimentação de material é não movimentar”. Portanto o *layout* deve apresentar algumas características, tais como fluxos de operações com distância mínima possível, fluxo seguindo uma direção, evitando retornos ou cruzamentos no mesmo equipamento e deve ocorrer de forma clara e concisa.

A melhoria proposta para o *layout* foi elaborada a partir do arranjo físico atual (Figura 1), e das ferramentas: fluxograma (Figura 2 e Figura 3), diagrama de fluxo de processos (Tabela 2 e Tabela 3) e mapofluxograma (Figura 4). A sugestão desta melhoria e o novo mapofluxograma são representados pelas figuras 5 e 6, respectivamente.

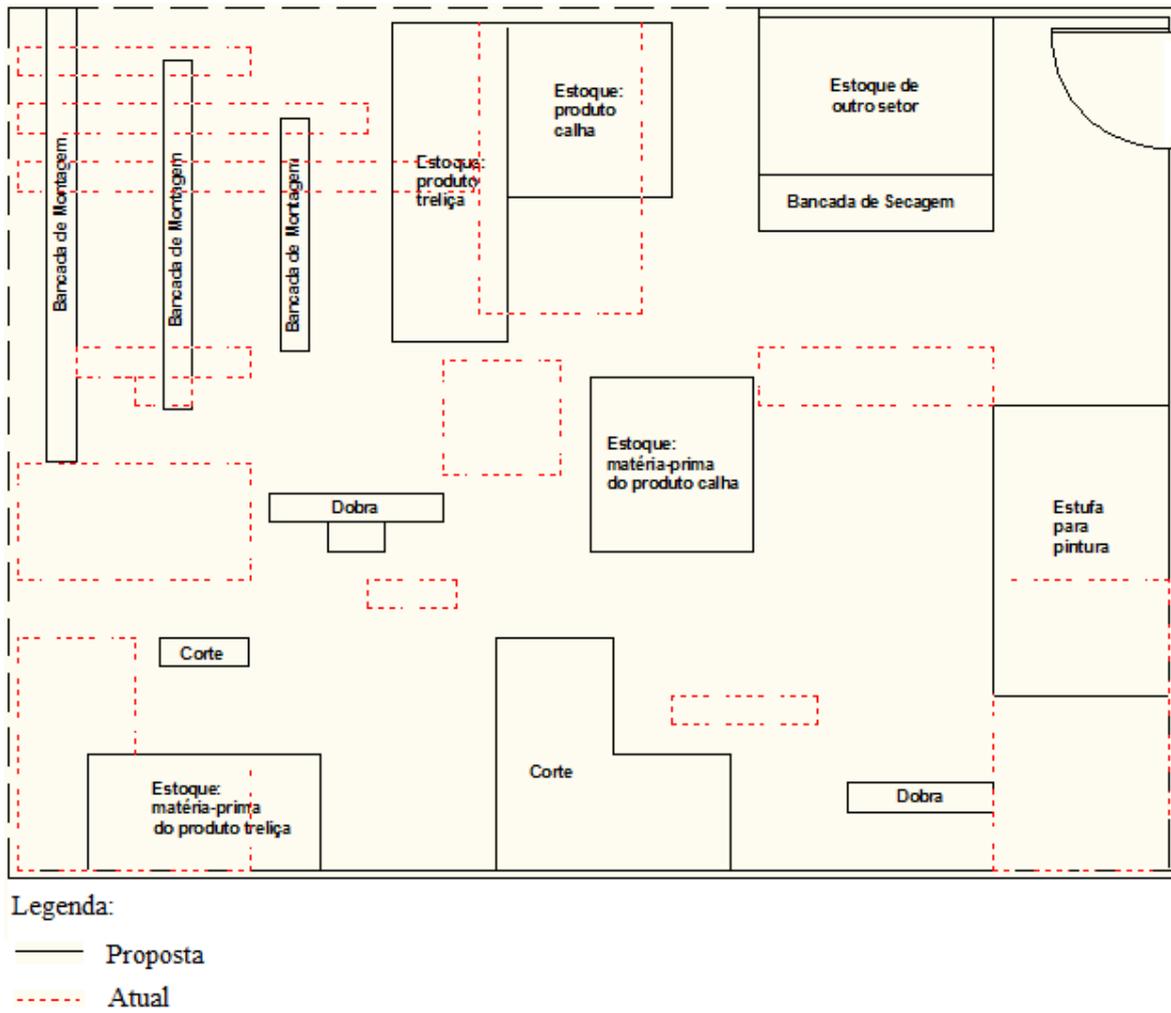


Figura 5- Proposta de melhoria para o arranjo físico em estudo

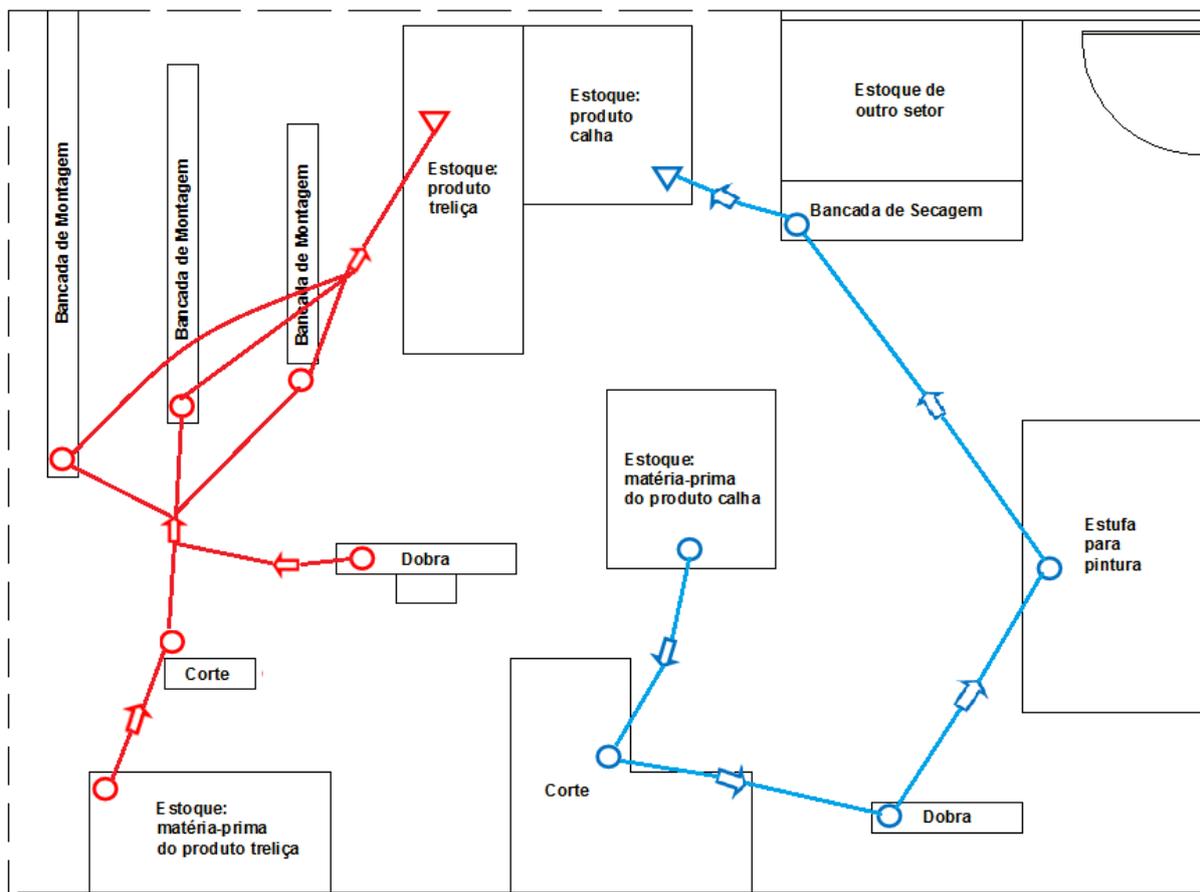


Figura 6- Mapofluxograma do novo *layout*

Com o novo arranjo físico (Figuras 5 e 6), a distância percorrida para a manufatura dos produtos calha e treliça foi minimizada. Afim de comparar as distâncias atuais com as propostas para a melhoria do *layout*, o diagrama de fluxo de processo do produto calha (Tabela 4) e do produto treliça (Tabela 5) foi utilizado.

<b>Processo:</b> produção geral de um lote de produtos		<b>Local:</b> Indústria de pré-fabricados e artefatos de concreto		
<b>Produto:</b> Calhas		<b>Analista:</b> TG2E		
Nº	Descrição da atividade	Tipo de atividade	Distância percorrida (m)	
			Atual	Melhorada
1	Separar e apanhar matérias-primas	○ ⇒ D ▽		
2	Levar matérias-primas para a máquina de cortar	○ ⇒⇒ D ▽	21	3,6
3	Medir e cortar matérias-primas	○ ⇒ D ▽		
4	Levar matérias-primas para máquina de dobrar	○ ⇒⇒ D ▽	9	5,3
5	Dobrar matérias-primas	○ ⇒ D ▽		
6	Levar calha à estufa para tintura	○ ⇒⇒ D ▽	4,5	4
7	Tingir a calha	○ ⇒ D ▽		
8	Levar a calha à mesa para secagem	○ ⇒⇒ D ▽	6,3	5,8
9	Deixar a calha na mesa para secagem	○ ⇒ D ▽		
10	Levar a calha para o local de estoque de produto acabado	○ ⇒⇒ D ▽	5	3,5
11	Armazenar no local de estoque.	○ ⇒ D ▽		

Tabela 4 - Diagrama de fluxo de processo do produto calha com distância percorrida real e a distância percorrida com a melhoria

<b>Processo:</b> produção geral de um lote de produtos		<b>Local:</b> Indústria de pré-fabricados e artefatos de concreto		
<b>Produto:</b> Treliça		<b>Analista:</b> TG2E		
Nº	Descrição da atividade	Tipo de atividade	Distância percorrida (m)	
			Atual	Melhorada
1	Separar e apanhar matérias-primas (arames finos e espessos)	○ ⇒ D ▽		
2	Levar matérias-primas para a máquina de cortar	○ ⇒ D ▽	5,5	1,5
3	Medir e cortar matérias-primas (arames finos e espessos)	○ ⇒ D ▽		
4	Levar arames espessos para máquina de dobrar	○ ⇒ D ▽	4,6	3,6
5	Levar arames finos para bancada de dobra e montagem	○ ⇒ D ▽	9,5	4
6	Dobrar arames espessos na máquina de dobra	○ ⇒ D ▽		
7	Dobrar arames finos na bancada de dobra e montagem	○ ⇒ D ▽		
8	Levar os arames espessos dobrados à bancada de montagem	○ ⇒ D ▽	4,7	3
9	Montar na bancada a treliça com os arames finos e espessos dobrados	○ ⇒ D ▽		
10	Levar a treliça ao local de estoque	○ ⇒ D ▽	9	4
10	Armazenar a treliça no local de estoque.	○ ⇒ D ▽		

Tabela 5 - Diagrama de fluxos de processo do produto treliça com a distância percorrida atual e a distância percorrida com a melhoria

Já com a implantação da proposta de melhoria do *layout* apresentada na Figura 5, além das movimentações desnecessárias minimizadas, o fluxo produtivo de materiais e pessoas irá ocorrer de forma mais clara e concisa, em consequência, ter-se-á melhora na gestão de todo o processo, sem retornos, seguindo o fluxo natural da manufatura, com menos fluxos cruzados. Destaca-se que a área de operação e circulação na montagem de treliças foi aumentada, possibilitando um maior espaço para o desenvolvimento desta operação. Os postos de trabalho estão dispostos com uma distância menor um do outro, em consequência disso haverá menos perdas por movimentação. Por fim, os locais destinados à matéria-prima tanto da treliça como da calha foram demarcados no *layout* proposto a fim de evitar a mistura das matérias-primas destes produtos como ocorrem no *layout* atual.

## 4. Conclusão

Com o presente estudo pode-se concluir que se aceitas a melhorias previstas através da realocação de equipamentos os fluxos produtivos da fabricação de treliças e calhas podem ser melhorados, aumentando a agilidade na confecção das peças, e no número de vigas produzidas, sendo as treliças componente essencial das mesmas. Outro benefício advindo da melhor disposição dos equipamentos e máquinas é o aumento da área para montagem de treliças, liberando espaço para um possível aumento da quantidade de peças produzidas.

Ao adotar as medidas supracitadas a indústria de estruturas pré-fabricadas e artefatos de concreto estaria se beneficiando de ferramentas de planejamento produtivo propostas por Shingo (1996) e Slack (2002) que possuem justamente a função de auxiliar na melhoria da qualidade dos produtos e/ ou serviços prestados.

## Referências

- BARNES, R. M.** *Estudos de Movimentos e Tempos*. São Paulo: Blucher, 1977.
- BATISTA, GILMÁRIO RICARTE. ET.AL.** *Análise do processo produtivo: um estudo comparativo dos recursos esquemáticos*. Fortaleza, 2006.
- BLACK, J.T.** *O projeto da fábrica com futuro*. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998.
- FRANCISCHINI, P. G. FEGYVERES A.** (1997). *Arranjo físico*. In CONTADOR, J. C. (Coordenador). *Gestão de operações*. São Paulo, Fundação Vanzolini / Edgar Blucher, 591 p., Cap. 12.
- HALL, D.J.; FORD, T. Q.,** *A quality approach to factory design?* Industrial Management and Data Systems; Volume 11 No. 6; 1998.
- SHINGO, S.** *O sistema Toyota de produção do ponto de vista da Engenharia de Produção*; tradução Eduardo Schaan. 2 ed. Porto Alegre: Artmed, 1996.
- SIMCSIK, T.** 1992. *OMIS: organização. Métodos, informação e sistemas*. Makron Books: São Paulo
- SIMS, R.JR.** *"MH problems are business problems"*, Industrial Engineering. 1996.
- SLACK N., CHAMBERS, S., HARRISON A.,** *Administração da Produção*. Editora Atlas, segunda edição, 2002.
- TOMPKINS, J. A.; WHITE, J. A.; BOZER, Y. A. et.al.** *"Facilities Planning"*. 2nd Edition. New York: John Willey & Sons, Inc. . p.734, 1996.
- YANG, Taho; SU, Chao-Ton; HSU, Yuan-Ru,** *Systematic layout planning: a study on semiconductor wafer fabrication facilities*, International Journal of Operations and Production Management; Volume 20 No. 11; 2000.