



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL



CAMILA MARCANTÔNIO AMARAL

**ANÁLISE DOS FLUXOS DO CANTEIRO DE OBRAS PELO USO DO
DIAGRAMA ESPAGUETE**

UBERLÂNDIA
2020

CAMILA MARCANTÔNIO AMARAL

**ANÁLISE DOS FLUXOS DO CANTEIRO DE OBRAS PELO USO DO
DIAGRAMA ESPAGUETE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Federal de Uberlândia, como pré-requisito para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Profa. Dra. Eliane Betânia Carvalho Costa

UBERLÂNDIA

2020

ANÁLISE DOS FLUXOS DO CANTEIRO DE OBRAS PELO USO DO DIAGRAMA ESPAGUETE

Camila Marcantônio Amaral¹, Eliane Betânia Carvalho Costa²

¹Aluna de graduação em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia

²Prof. Dra. Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia

RESUMO

O planejamento e gerenciamento de um canteiro de obras apresenta importância fundamental na produtividade de uma construção. Levando em consideração a elaboração do projeto de um canteiro, com seus elementos físicos dispostos adequadamente, é possível determinar os fluxos durante as etapas da obra e identificar os desperdícios gerados nos processos, para conseqüentemente poder avaliá-los e minimizá-los. Tendo em vista que a diminuição desses desperdícios colabora para o aumento da eficiência do canteiro, se faz necessário a implantação de técnicas e/ou ferramentas que auxiliem na sua redução. Sendo assim, o presente trabalho teve como objetivo analisar a influência do arranjo físico nos fluxos de um canteiro de obra e propor ações de melhoria em função da redução dos deslocamentos de materiais, equipamentos e mão de obra pelo uso do diagrama espaguete. No canteiro analisado, foi possível observar reduções de até 80% em um determinado deslocamento. Por fim, os resultados obtidos neste trabalho validou o método aplicado, no que se refere a redução de desperdícios de fluxos no canteiro.

Palavras-chave: Canteiro de obra. Layout do canteiro. Diagrama Espaguete.

ABSTRACT

The planning and management of a construction site is of fundamental importance in the productivity of a construction. Based on project elaboration of a construction site with its physical elements properly arranged, it is possible to determine the flows during the stages of the work. This allows identifying the waste generated in the processes in order to evaluate and minimize them. The reduction of these wastes may contribute to increasing the efficiency of the construction site, but it is necessary to implement techniques and/or tools that help to reduce these. Therefore, the present study aimed to analyze the influence of the physical arrangement on the flows of a construction site and to propose improvement actions due to the reduction of displacements of materials, equipment and manpower by the use of the spaghetti diagram. In the analyzed site, it was possible to observe reductions of up to 80% at a given displacement. Finally, the results obtained in this work validated the method applied, regarding the waste reduction from flows in the construction site.

Key-words: Construction site. Site layout. Spaghetti Diagram.

1 INTRODUÇÃO

O canteiro de obras, segundo a Norma Regulamentadora NR 18 – Condições de Segurança e Saúde no Trabalho na Indústria da Construção, pode ser definido como a área de trabalho fixa e temporária onde se desenvolvem operações de apoio e execução de construção, demolição, montagem, instalação, manutenção ou reforma. Essa norma tem como objetivo estabelecer diretrizes administrativas, organizacionais e de planejamento que visem a implantação de medidas de controle e sistemas de segurança preventiva nos processos, condições e ambiente de trabalho da construção civil (MINISTÉRIO DA ECONOMIA, 2020).

Estabelecidas as condições da NR 18, surge então a importância do projeto e planejamento do canteiro de obras, visando não só a organização do canteiro e segurança dos trabalhadores, mas também a produtividade. Um canteiro com arranjo físico bem elaborado contribui para a otimização dos processos construtivos, cumprimento de prazos, redução de custos e, conseqüentemente, redução de desperdícios envolvidos nas construções.

Para a elaboração do arranjo físico do canteiro tem sido utilizado diagramas a fim de representar graficamente os processos e os fluxos de produção adotados na obra. Essa ferramenta auxilia na compreensão do curso de ação que é necessário na construção e ajuda a resolver problemas relacionados ao design do *layout* de produção. Diagramas de processo e de operação são representações que contribuem significativamente para esse objetivo (SULE, 2008). Além dos diagramas, também têm sido adotado o mapeamento dos processos com os mapofluxogramas (SACRAMENTO *et al.*; 2019) e, mais recentemente, o método dos algoritmos genéticos para representação dos fluxos físicos no canteiro de obras (ELBELTAGI; HEZAGY, 2000; SANAD; AMMAR; IBRAHIM, 2008; CARVALHO; CAMPOS, 2019).

O aprimoramento das técnicas e metodologias, para estabelecer os fluxos em uma obra, deve ser contínuo. Porém, as dificuldades na elaboração ou a inexistência de um projeto de canteiro de obras podem ser notadas na maioria das construções. A falta de técnica aliada a falta de conhecimento desta etapa faz com que a mesma seja executada de forma ineficaz ou ignorada logo no início do planejamento da obra, gerando ciclos de improvisações.

Nesse sentido, o presente trabalho tem como objetivo analisar a influência do arranjo físico na gestão de um canteiro de obras e propor ações de melhoria em função da redução dos deslocamentos de materiais, equipamentos e mão de obra pelo uso do diagrama espaguete. Para isso, foram elaborados diagramas de fluxos de determinadas etapas da obra e proposto um traçado otimizado visando a redução de movimentação e, conseqüentemente, a produtividade no canteiro de obras.

2 DIAGRAMA ESPAGUETE

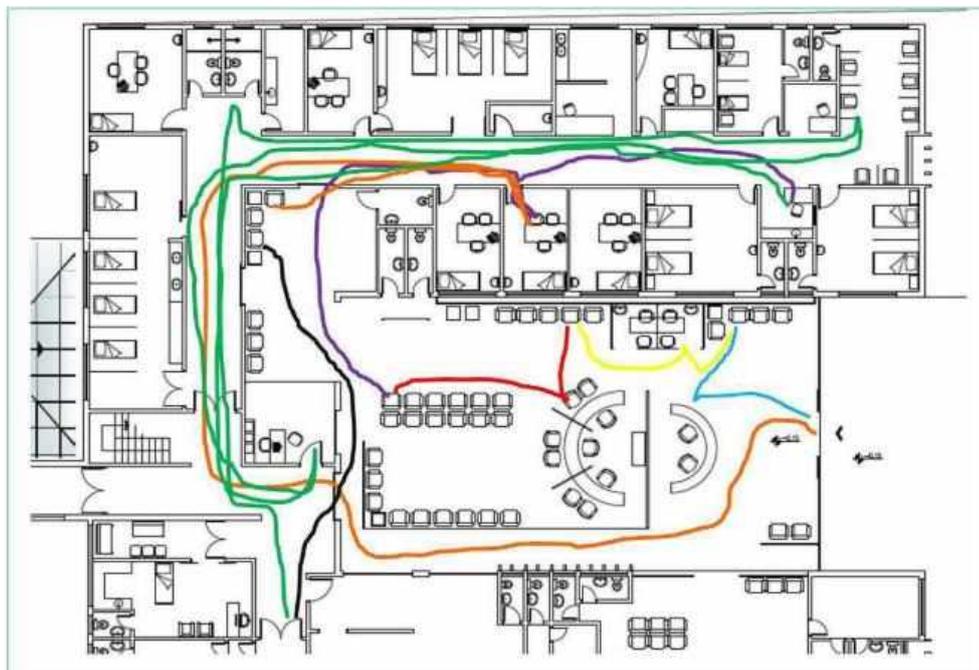
Uma vez que a construção enxuta é a aplicação da produção enxuta na indústria da construção civil, esse pensamento utiliza da metodologia de análises de processos para uma construção mais definida, bem organizada e com redução de desperdícios. De acordo com a filosofia da construção enxuta, um dos principais gargalos durante a construção são os desperdícios gerados pelas atividades que não agregam valor ao produto final. Dentre essas, pode-se citar as atividades de transporte, espera e inspeção (KOSKELA, 1992). Vieira (2006) destacou a importância da logística na minimização dos fluxos de pessoas, materiais e equipamentos no canteiro de obras, visando a eliminação do desperdício de tempo de ciclo de produção.

O primeiro passo para eliminar o desperdício de deslocamento é identificá-lo e mostrá-lo (SENDERSKÁ *et al.*, 2017). Uma das ferramentas que pode auxiliar na identificação de desperdícios é o diagrama espaguete. Segundo Sule (2008), esse diagrama é usado para exibir ou esboçar o processo de movimentação existente e, em seguida, observar quaisquer melhorias possíveis no fluxo envolvido. O diagrama é feito através do traçado de linhas ligando um ponto a outro e, por meio desse, pode-se rastrear o caminho de movimento de equipamentos, trabalhadores, materiais, entre outros. Também é possível usar cores diferentes para vários materiais, trabalhadores ou meios técnicos e rastrear o deslocamento em momentos diferentes.

A análise do diagrama permite identificar os comprimentos dos movimentos, número de movimentos, movimentos de sobreposição e cruzamento, e suas características de acordo com a classificação escolhida. Aplicando o resultado do diagrama, pode-se identificar movimentos ineficientes e áreas ineficazes, eliminar o número de funcionários e fazer alterações na organização do trabalho ou no *layout* do posto de trabalho (SENDERSKÁ *et al.*, 2017). Os movimentos ineficientes são observados quando há a identificação de deslocamentos muito longos, que podem ser reduzidos com a modificação de posição de elementos no canteiro.

A análise do fluxo de materiais, equipamentos e outros, envolve a determinação da sequência mais efetiva de movimentação dos mesmos, através das etapas necessárias dos processos envolvidos e a intensidade ou magnitude desses movimentos. Um fluxo efetivo significa que os materiais se movem progressivamente ao longo do processo, sempre avançando para a conclusão e sem desvios excessivos ou retrocesso (contrafluxo) (MUTHER & HALES, 2015). Tais atributos contribuem na aplicação dos conceitos da construção enxuta, quando os desperdícios são de fato minimizados pela redução de deslocamentos. Um exemplo de aplicação do diagrama espaguete pode ser observado na Figura 1.

Figura 1 – Exemplo de aplicação do diagrama espaguete



Fonte: Faveri (2013).

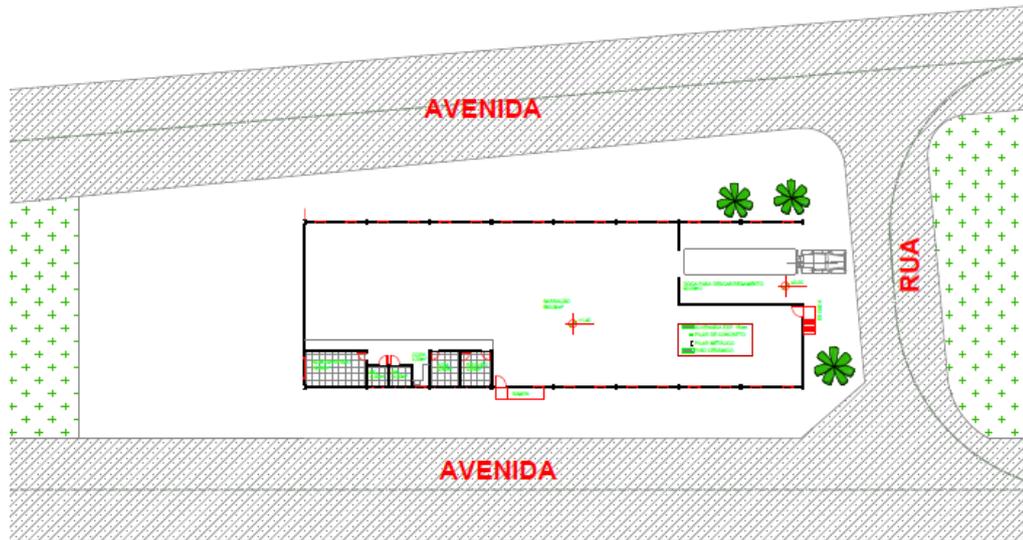
3 METODOLOGIA

Considerando analisar a influência do arranjo físico na gestão de um canteiro de obras, o estudo foi realizado utilizando o projeto de um galpão elaborado pelo trabalho de Aguiar (2018), o qual foi desenvolvido como uma proposta de canteiro seguindo as especificações da NR 18. Para isso, foi feita a caracterização dessa edificação e coletados os dados desse canteiro de obras. Em seguida, foram traçados fluxos físicos de algumas etapas de execução da obra, conforme projeto de canteiro disponibilizado, utilizando o diagrama espaguete. Além disso, foi elaborada uma proposta de otimização do *layout* do canteiro proposto, visando a redução dos deslocamentos de materiais, equipamentos e mão de obra durante as etapas da obra.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO

O empreendimento selecionado para análise refere-se a um galpão comercial localizado na área industrial da cidade de Monte Carmelo - MG. O galpão foi projetado em um terreno fictício de esquina, situado entre duas avenidas, contendo 2000 m² de área total. Foi proposto que a área do galpão a ser construída seria de 790 m². Uma representação esquemática da localização do galpão está apresentada na Figura 2.

Figura 2 – Planta de situação do galpão



Fonte: Aguiar (2018).

O galpão, ilustrado na Figura 3, tem como finalidade o descarregamento de caminhões, armazenamento intermediário de produtos não perecíveis e serviços logísticos em geral. O local é composto por doca para descarregamento de materiais, área de armazenamento, almoxarifado, sala de reunião, sala administrativa, copa e banheiros feminino e masculino.

Figura 3 – Representação visual do galpão comercial



Fonte: Aguiar (2018).

O projeto prevê galpão de estrutura mista, contendo tesouras e pilares pré-fabricados metálicos, e pilares de travamento pré-moldados em concreto em alternância com os metálicos. As fundações, baldrame e piso do galpão serão executados em concreto usinado. A vedação lateral e frontal será feita em alvenaria convencional, e o fechamento lateral superior e a cobertura serão de telha trapezoidal metálica.

3.2 DADOS DO CANTEIRO DE OBRAS

A área disponível para implantação do canteiro de obras é de 527 m², contando com áreas de apoio e de vivência, as quais devem atender aos requisitos da NR 18 e abranger uma equipe de vinte funcionários. Além das áreas de apoio e de vivência, foram estabelecidas as áreas de circulação de equipamentos e colaboradores no interior do canteiro de 683 m².

As áreas de vivência devem ser projetadas de forma a oferecer, aos trabalhadores, condições mínimas de segurança, conforto e privacidade e devem ser mantidas em perfeito estado de conservação, higiene e limpeza (MINISTÉRIO DA ECONOMIA, 2020). A área de vivência do projeto em questão dispõe de um *container* para escritório, um refeitório construído no local em estruturas e painéis metálicos, e um banheiro químico para cada sexo. As dimensões e áreas (em m²) dos elementos podem ser observadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Elementos da área de vivência do canteiro de obras do galpão

Elemento	Dimensões	Área (m²)
<i>Container</i> - Escritório	2,20 x 6,00	13,2
Refeitório	4,50 x 5,60	25,2
WC Feminino	1,20 x 1,20	1,44
WC Masculino	1,20 x 1,20	1,44

Fonte: A autora.

As áreas de apoio são constituídas pelos elementos necessários para o armazenamento, montagem e manuseio de materiais. De acordo com a NR-18, as áreas destinadas ao armazenamento de materiais não devem estar distantes da área de intervenção da obra, com o intuito de evitar deslocamentos excessivos e contribuir para a mobilidade eficiente no canteiro. Os elementos das áreas de apoio são distribuídos em: estoque de estruturas metálicas, central de aço, central de argamassa e almoxarifado. Para o descarte de entulhos provenientes da obra, há duas caçambas com capacidade de 5m³ cada. As dimensões e áreas (em m²) dos elementos estão indicadas na Tabela 2.

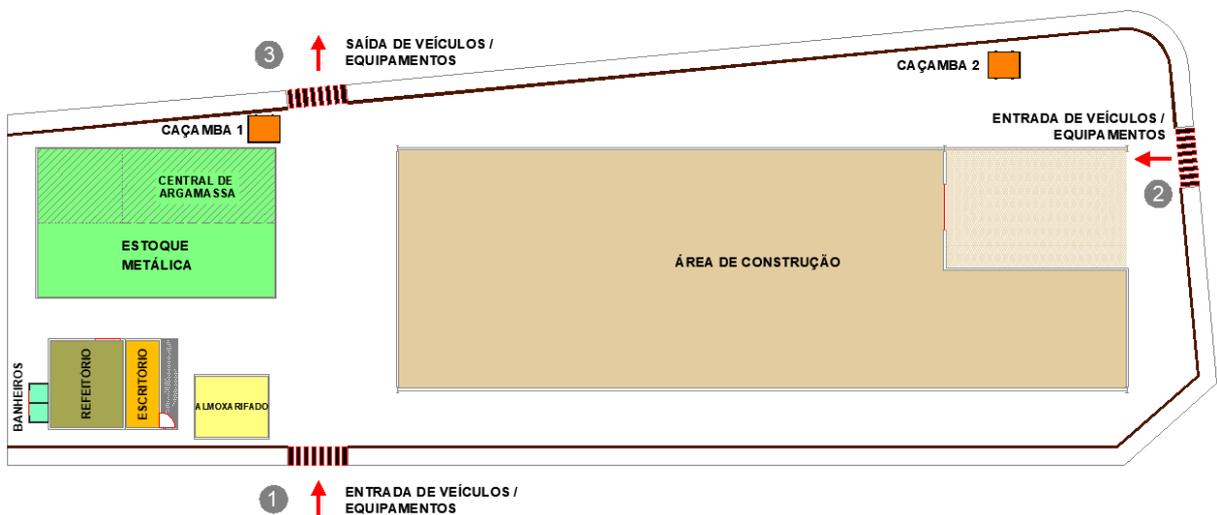
Tabela 2 – Elementos da área de apoio do canteiro de obras do galpão

Elemento	Dimensões (m)	Área (m²)
Almoxarifado	4,80 x 4,25	20,40
Central de Argamassa	5,00 x 10,0	50,00
Estoque Metálica / Central de Aço	15,8 x 10,0	158,0

Fonte: A autora.

O canteiro foi delimitado, em todo o seu entorno, por tapumes de madeira compensada de 2,80 m de altura. Além disso, foram implementadas duas entradas para os equipamentos, ambas de 4,0 m de largura, localizadas uma na rua e outra em uma das avenidas. A entrada pela avenida também foi destinada à entrada e saída dos funcionários. A saída de equipamentos e entulhos, de 4,0 m de largura, foi fixada ao lado oposto de uma das entradas, saindo diretamente pela outra avenida. O croqui, apresentado na Figura 4, indica a disposição de todos os elementos mencionados existentes no canteiro na fase prevista de execução da obra.

Figura 4 – Croqui do canteiro de obras do galpão



Fonte: Adaptado de Aguiar (2018).

A duração da obra foi prevista para um período de seis meses, levando em consideração todas as etapas construtivas, desde os serviços preliminares aos finais. Embora haja diferentes etapas na obra, o canteiro foi projetado para uma única fase, não havendo modificações do posicionamento dos elementos ao longo de todo o período de execução da obra, a fim de evitar desmobilizações.

Inicialmente, foram previstos os serviços de limpeza pesada, nivelamento do terreno, instalação das áreas de apoio e de vivência, além das instalações provisórias elétricas e hidráulicas. Ainda no início da obra, também foram executadas as fundações e as vigas baldrames. Na etapa de execução da estrutura, alvenarias e instalações, e na fase final da obra, caracterizada pelos revestimentos, pinturas e acabamentos, as áreas de vivência e de apoio continuam dispostas nos mesmos espaços iniciais. Os estoques, no entanto, são variáveis de acordo com a necessidade e estágio da obra, mas evitando o excesso da quantidade de materiais armazenados em um mesmo período.

3.3 FLUXOGRAMA DOS PROCESSOS

De acordo com as etapas previstas da obra, foram analisados os fluxos físicos dos processos executivos do canteiro de obras e, posteriormente, foi feita a otimização desses fluxos propondo alterações no *layout* original.

Os fluxogramas foram desenvolvidos utilizando o método do Diagrama Espaguete. Inicialmente, foi utilizada a plataforma *online* Lucidchart que possibilita a criação de recursos visuais para traçar os fluxos dos processos. Porém, a plataforma possui recursos limitados no que se refere à obtenção dos valores de distâncias percorridas (comprimento das linhas de fluxo). Logo, a solução encontrada para o traçado do diagrama espaguete foi a utilização do software AutoCAD®, o qual possibilita inserir a planta baixa do canteiro e traçar os fluxos interligando um ponto do canteiro a outro. Após o traçado, os comprimentos das linhas de fluxo são determinados pelo programa.

Foram analisados os fluxos de entrega de materiais até o local de armazenagem; de transporte dos perfis metálicos – produção a instalação; de transporte do caminhão caçamba para retirada de entulho; de execução da argamassa para alvenaria e revestimento; do caminho percorrido até o banheiro; e do descarte de entulho produzido na obra, sendo esses representados por linhas.

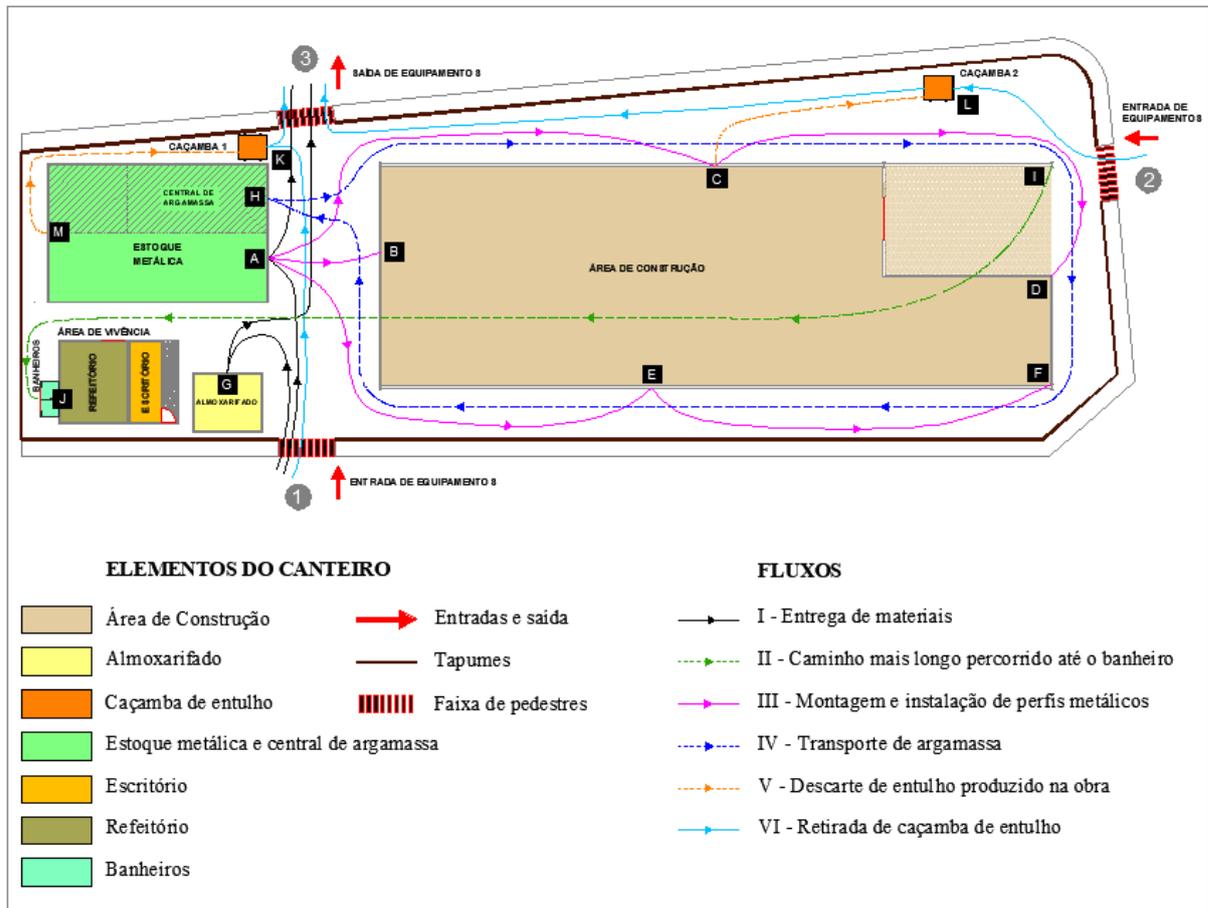
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção, foram abordados os resultados obtidos de acordo com a metodologia empregada neste trabalho. Os fluxos foram traçados e, em seguida, foram feitas as análises dessas movimentações em uma estimativa de tempo e para aqueles deslocamentos considerados críticos, foram realizadas as devidas modificações no *layout* do canteiro, tornando os fluxos mais efetivos e reduzindo, de fato, os desperdícios de deslocamento de materiais, equipamentos e mão de obra.

4.1 ANÁLISE DOS FLUXOS NO PROJETO DE CANTEIRO PROPOSTO

Na Figura 5 está apresentado o diagrama espaguete dos fluxos analisados para o período previsto de execução da obra do galpão, conforme *layout* proposto pelo projeto do canteiro. Cada fluxo está representado por uma linha de cor distinta, indicada na legenda, juntamente com os elementos.

Figura 5 – Diagrama espagete dos fluxos analisados conforme *layout* proposto pelo projeto do canteiro



Fonte: A autora.

A movimentação de equipamentos foi feita pela análise de três processos diferentes. A entrega de materiais, representada pelas linhas pretas, indica a entrada de caminhões para o descarregamento em seus respectivos locais de armazenagem: de materiais diversos da construção no almojarifado (ponto G) e de perfis de aço no estoque metálica (ponto A). As linhas rosas indicam o transporte de pilares, tesouras e coberturas metálicas, da área de armazenamento até os pontos B, C, D, E e F, onde as peças serão içadas e montadas. As linhas em azul claro, indicam o fluxo do caminhão para retirada da caçamba de entulho (pontos K e L), a partir das entradas do canteiro até a saída.

Quanto a movimentação de pessoas e materiais, também foram analisados os fluxos durante a execução de três processos. A linha verde indica a distância percorrida por um colaborador, do ponto mais distante da obra (ponto I) até o banheiro existente (ponto J), próximo ao refeitório. A linha azul escuro indica o deslocamento realizado saindo da central de argamassa no ponto H, para realizar a execução da alvenaria e revestimento, até dois pontos

analisados: ponto C, na parte superior do galpão e ponto D, o mais afastado da central. A linha laranja indica a mão de obra do descarte de entulho proveniente de resquícios de montagem de materiais metálicos (ponto M) até a caçamba 1 (ponto K) e resquícios da produção em geral no interior do galpão (ponto C) até a caçamba 2 (ponto L).

Após o traçado das linhas de cada fluxo, foram determinadas as distâncias percorridas para cada processo, indicadas na Tabela 3, conforme *layout* proposto pelo projeto do canteiro.

Tabela 3 – Distâncias dos fluxos analisados conforme *layout* proposto pelo projeto do canteiro

Fluxo avaliado	Pontos	Distância percorrida (m)
Entrega de materiais até o local de armazenagem	1 - A - 3	34,17
	1 - G - 3	44,84
Transporte dos perfis metálicos - Produção a instalação	A - B	8,20
	A - C	37,30
	C - D	35,63
	A - E	34,80
	E - F	29,91
Transporte do caminhão caçamba para retirada de entulho	1 - K - 3	33,21
	2 - L - 3	61,64
Execução da argamassa	H - C	33,27
	H - D	68,18
Caminho percorrido até o banheiro mais próximo	I - J	83,48
Descarte de entulho produzido na obra	C - K	17,26
	M - L	20,63

Fonte: A autora.

Posteriormente à análise das distâncias, foram observados problemas relacionados ao posicionamento de determinadas áreas de apoio e equipamentos, além de deslocamentos excessivos em certas atividades feitas pelos trabalhadores.

4.2 ANÁLISE DO FLUXO DE EQUIPAMENTOS

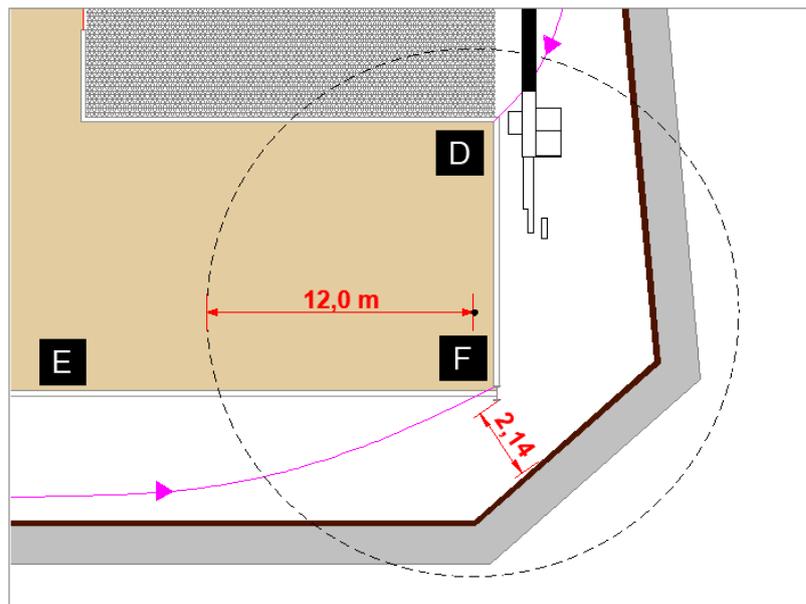
Os equipamentos previstos para serem utilizados na obra compreendem no caminhão de entrega de materiais, caminhão Munck responsável pelo içamento e transporte de perfis metálicos, e caminhão para retirada de caçamba de entulho.

Durante o percurso programado para o caminhão *munck* escolhido para operar no canteiro, foi observado que a largura de uma das vias não é suficiente para a sua passagem, visto que o caminhão possui 2,80 m de largura e a via 2,14 m. Porém, como o raio de atuação da lança (deste equipamento em específico) possui alcance máximo horizontal de 12,0 m, foi

estabelecido que o equipamento percorreria até o ponto D e o ponto da via estreita (ponto F) também seria alcançado.

A Figura 6 representa a análise feita acerca desta particularidade que necessita ser observada, a fim de serem estabelecidos os pontos específicos de operação do equipamento no canteiro, evitando desperdício de movimentações. Da mesma forma, o equipamento vindo pelo ponto E alcançaria o ponto F. Logo, poderia ser adotado um dos dois sentidos.

Figura 6 – Raio de atuação do equipamento no canteiro



Fonte: A autora.

Em relação aos fluxos de caminhões para a entrega de materiais e de transporte da caçamba para retirada de entulho, os fluxos foram considerados otimizados, considerando que essas atividades ocorriam apenas uma vez e não impediam outras movimentações no canteiro. Além disso, os elementos estavam posicionados de forma adequada: almoxarifado e estoque próximos a área de construção e do escritório, onde os serviços são autorizados e os materiais liberados; e as caçambas próximas à entrada e saída, onde são facilmente retiradas e recolocadas no canteiro.

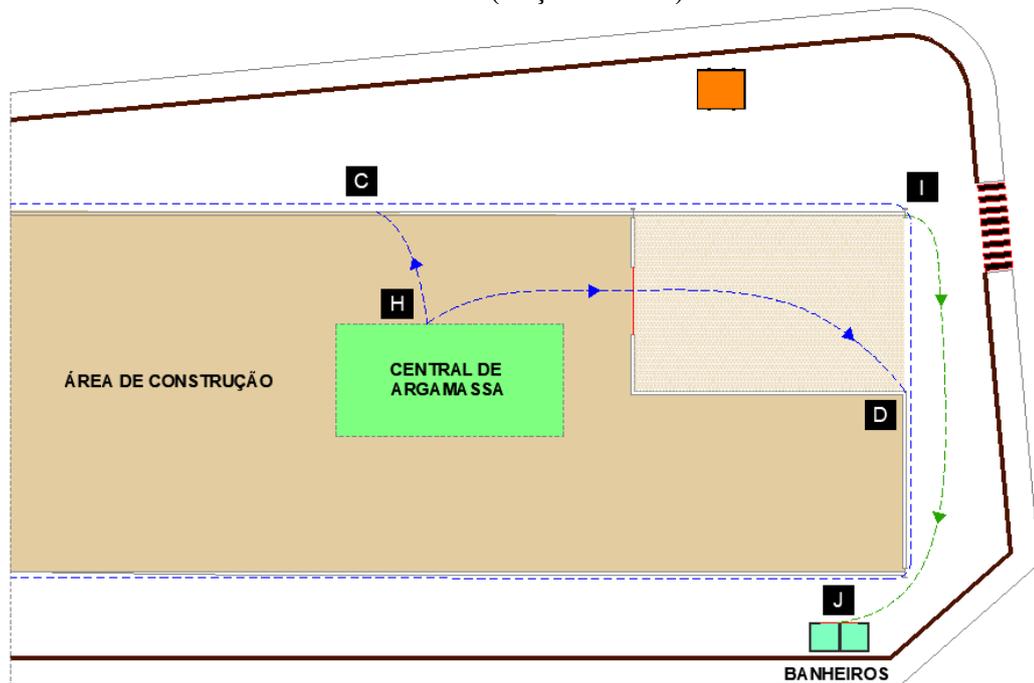
4.3 ANÁLISE DO FLUXO DE MATERIAIS E FUNCIONÁRIOS

Os movimentos de materiais e funcionários a serem analisados, referem-se aos fluxos para execução de argamassa no canteiro, descarte de entulho gerado na obra e deslocamento até o banheiro. Todos esses fluxos consideraram um único funcionário para o processo observado, estimando um tempo de operação.

Posteriormente à medida das distâncias dos fluxos analisados neste trabalho, foi observado que o posicionamento de alguns elementos poderia ser modificado e que o caminho percorrido pelos funcionários até certas atividades poderia ser reduzido. Houve, portanto, a alteração de posição de determinadas áreas de apoio e de vivência, sendo possível a otimização dos fluxos abrangidos.

O local da central de argamassa foi alterado para um ponto no interior do galpão, ficando assim, mais próximo da área de execução da alvenaria e do revestimento. Os blocos cerâmicos também passaram a ser armazenados dentro do galpão, uma vez que já se encontrava com a cobertura finalizada. Como o banheiro foi fixado muito distante do perímetro de atuação dos funcionários e mais próximo da área de vivência, foram adicionados dois banheiros mais próximos à área de construção. Portanto, os fluxos foram otimizados com a redução de deslocamento na execução de argamassa e no deslocamento do funcionário até o banheiro, como mostra a Figura 7.

Figura 7 – Fluxos otimizados: execução das argamassas (traçado azul) e deslocamento até o banheiro (traçado verde)



Fonte: A autora.

Com a central de argamassa mais próxima da área de aplicação, o fluxo de produção de argamassa passou a ser menor comparado com o anterior. O percurso anteriormente feito entre os pontos H e C era de 33,27 m e do ponto H ao D de 68,18 m. Com a mudança no *layout*, as distâncias passaram a ser 6,40 m e 22,61 m, respectivamente.

Quanto ao fluxo do deslocamento do funcionário até o banheiro, o acréscimo de um novo banheiro teria um custo a mais, todavia reduziu-se a movimentação do colaborador de 83,48 m para 21,20 m, diminuindo significativamente o tempo de deslocamento e evitando a fadiga devido à longa distância percorrida dentro do canteiro. Os valores das distâncias reduzidas pelo fluxograma otimizado são indicados na Tabela 4.

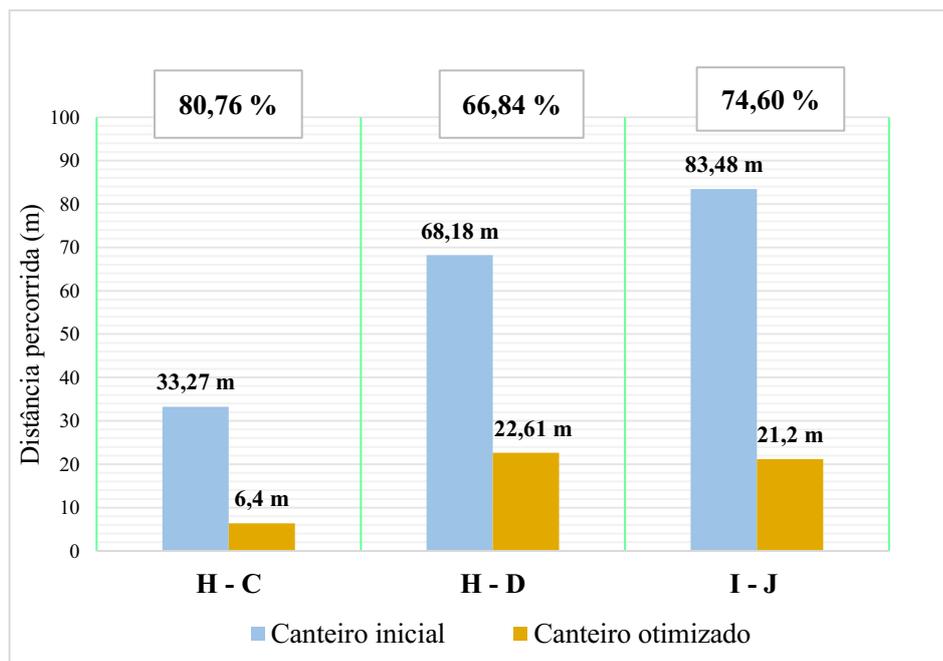
Tabela 4 – Redução de distâncias do fluxograma otimizado

Fluxo avaliado	Pontos	Distância percorrida		
		Anterior (m)	Otimizada (m)	Redução (m)
Execução da argamassa	H - C	33,27	6,40	26,87
	H - D	68,18	22,61	45,57
Caminho percorrido até o banheiro	I - J	83,48	21,20	62,28

Fonte: A autora.

Quanto ao fluxo de descarte de entulhos produzidos na obra, não houve a necessidade de otimização, dado que o posicionamento das caçambas foi considerado o mais próximo possível das áreas de descarte. As reduções de distâncias percorridas para execução de argamassa (pontos H - C e H - D) e de deslocamento até o banheiro (ponto I - J) são observadas no gráfico da Figura 8.

Figura 8 – Reduções de distâncias percorridas analisadas



Fonte: A autora.

Através da otimização do canteiro, em que foram feitas as devidas modificações no *layout*, verificou-se reduções de 80,76% e 66,84% nos dois percursos analisados para a execução de argamassa, e redução de 74,6% no deslocamento do funcionário até o novo banheiro instalado. Logo, o método do diagrama espaguete foi considerado positivo e bastante relevante para este estudo.

5 CONCLUSÃO

Em virtude da busca contínua por melhoria e desenvolvimento nos cenários da construção civil, este trabalho, de modo geral, apresentou a importância do aprimoramento de práticas simples que influenciam diretamente no planejamento e gestão de uma obra. Uma vez que o uso de recursos visuais esquemáticos são amplamente utilizados no setor da construção, o método empregado na elaboração de fluxogramas e suas respectivas análises, pode ser facilmente replicado de um projeto de canteiro para outro. Cabe ao gestor analisar os fluxos, visto que cada projeto terá sua singularidade e um canteiro proposto diferente.

As análises prévias de fluxos são importantes para que sejam apontadas oportunidades de melhorias no *layout*, e ainda, sejam evitadas desmobilizações quando se trata de uma obra de pequeno porte. No caso de obras de grande porte, as desmobilizações são inevitáveis e necessárias em determinados estágios da construção. Nesse caso, devem ser planejadas para que não ocorram ações desnecessárias, em excesso e que impactem muito no cronograma da obra. Independentemente do porte da edificação, são ações que atendem satisfatoriamente às premissas da construção enxuta.

Além disso, para trabalhos futuros o ideal seria analisar todos os fluxos existentes, durante as diversas etapas da obra, interligando-os. Porém, a análise de fluxos individuais possibilitou a constatação de consideráveis reduções de desperdícios de deslocamentos, o que leva a considerar que essa redução também implicará na diminuição de custo e prazo para a realização da obra como um todo. Sendo assim, o método aplicado neste trabalho demonstrou resultados significativos no que se refere a redução de desperdícios de fluxos no canteiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, E. D. G. **Segurança e saúde no trabalho aplicados à construção civil - Estudos de casos em Monte Carmelo**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação). Faculdade de Ciências Humanas e Sociais da Fundação Carmelitana Mário Palmério – FUCAMP, 2018.

CARVALHO, Y. M. V.; CAMPOS, V. R. **Proposta de modelo simplificado para otimização**

de layout de canteiro. In: Simpósio Brasileiro de Tecnologia da Informação e Comunicação na Construção, 2. Campinas. Anais... Porto Alegre: ANTAC, 2019.

ELBELTAGI, E.; HEZAGY, T. Simplified Spreadsheet Solutions: A Model for Site Layout Planning. *Cost Engineering*, **Cost Engineering**, v. 42, n.1, 2000.

FAVERI, F. **Identificação dos desperdícios de um serviço de emergência com a utilização da metodologia Lean Thinking.** p. 1–114. Dissertação (Mestrado). Universidade do Vale do Rio dos Sinos, 2013.

KOSKELA, L. CIFE – Center for Integrated Facility Engineering. **Application of the new production philosophy to construction**, EUA, ed. 72, p. 1-81, agosto 1992. Disponível em: <<http://www.leanconstruction.org/media/docs/Koskela-TR72.pdf>>. Acesso em: 1 nov. 2020.

MINISTÉRIO DA ECONOMIA. Norma Regulamentadora n° 18 – NR 18: Condições de segurança e saúde no trabalho na indústria da construção. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, ed. 29, p. 21, 10 fev. 2020. Disponível em: <https://www.in.gov.br/web/dou/-/portaria-n-3.733-de-10-de-fevereiro-de-2020-242575828>. Acesso em: 17 set. 2020.

MUTHER, R.; HALES, L. **Systematic Layout Planning**. Fourth Edit ed. Marietta, GA: Management & Industrial Research Publications, 2015.

SANAD, H. M.; AMMAR, M. A.; IBRAHIM, M. E. Optimal construction site layout considering safety and environmental aspects. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 134, n. 7, 2008, p. 536-544.

SACRAMENTO, I. R. C.; CAMPOS, V.; FERNANDES, V. O.; FERREIRA, E. A. M. **Veículo aéreo não tripulado como suporte à gestão de fluxos físicos em canteiro de obras.** In: XI Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção. Londrina. Anais... Porto Alegre: ANTAC, 2019.

SENDERSKÁ, K.; MARES, A.; VÁCLAV, S. Spaghetti diagram application for workers' movement analysis. *U.P.B. Sco. Bull., Series D*, v. 79, n. 1, 2017.

SULE, D. R. **Manufacturing Facilities: Location, Planning, and Design**. Boca Raton: Third Edition; CRC Press, 2008.

VIEIRA, H. F. **Logística Aplicada à Construção Civil**. 1. Ed. São Paulo: PINI, 2006.